



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Assessorato dell'Industria

INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO, LA MANUTENZIONE STRAORDINARIA  
E LA MESSA IN SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE PRIMARIE  
AL SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO INDUSTRIALE DI ORISTANO

**SECONDO STRALCIO FUNZIONALE**

**COMPLETAMENTO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE  
PUBBLICA NEL CORPO CENTRALE DELL'AGGLOMERATO**

**PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO**



ELABORATO:

**RELAZIONE DI CALCOLO  
SEZIONE CAVI**

ALLEGATO:

**A2**

Data: Luglio 2022

CIG: 944928115D

CUP: E14B20000330002

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
*(Ing. Salvatore Daga)*

IL PROGETTISTA  
*(Ing. Agostino Pruneddu)*

IL DIRETTORE  
*(Dott. Marcello Siddu)*

rev.	descrizione	redato	verificato	approvato
0				
1				

Codice Elaborato

P C C N 0 3
P D/E
0 1
A
0 0 3
R 0 0

Lavoro

Fase

Sub Fase

Tipo

Elaborato

Revisione

# CONSORZIO INDUSTRIALE PROVINCIALE ORISTANESE

## INTERVENTI PER IL COMPLETAMENTO, LA MANUTENZIONE STRAORDINARIA E LA MESSA IN SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE PRIMARIE AL SERVIZIO DELL'AGGLOMERATO INDUSTRIALE DI ORISTANO *SECONDO STRALCIO FUNZIONALE*

### COMPLETAMENTO DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA NEL CORPO CENTRALE DELL'AGGLOMERATO

#### RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO ELETTRICHE

##### 1. PRESCRIZIONI

La presente relazione tecnica è relativa al PROGETTO DELL'IMPIANTO DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE nelle seguenti Vie, ubicate nel Corpo Centrale dell'Agglomerato Industriale di Oristano:

- Via Marongiu
- Via Sant'Antioco;
- Via E. Martini
- Via Carloforte;
- Via E. Cellino
- Via Maldiventre;
- Via Tavolara
- Via la Maddalena;
- Via Asinara;
- Via Caprera;
- Via Abarossa

**L'impianto in oggetto è individuato secondo le tavole grafiche allegate** e si inserisce in un impianto esistente in cui le apparecchiature elettriche prevedono la suddivisione e l'alimentazione di un circuito quadripolare, suddiviso su dorsali con cavo FG16R16 per l'alimentazione dei corpi illuminanti.

I corpi illuminanti previsti sono del tipo a **LED** ad elevata efficienza luminosa con le Potenze indicate negli elaborati grafici allegati, in funzione del tipo di disposizione stradale (vedi relazione illuminotecnica) posizionati su pali in acciaio con configurazione a braccio ricurvo.

L'impianto viene analizzato secondo le vigenti Norme CEI ed in particolare:

- Norme CEI 64-7 - Fascicolo 10928: Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie.
- Norme CEI 64-8 - Fascicolo 99998: Impianti elettrici utilizzatori - Criteri di applicabilità. Prescrizioni di progettazione ed esecuzione. Decreto Ministeriale 22 gennaio 2008.
- Prescrizioni ENEL

## **Impianti alimentati con linee in cavo interrato**

Le linee in cavo interrato che alimentano gli impianti devono rispondere oltre che alle prescrizioni delle norme CEI 64.7, anche alle Norme CEI 11.17.

### **Tensione Nominale**

L'alimentazione è in B.T. (400V - 50 Hz) dell'Ente erogatore Enel.

### **Resistenza di isolamento verso terra.**

All'atto della verifica iniziale l'impianto dovrà presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a 0,5 con una tensione di prova di 500 V, in base alla tabella 61A della Norma CEI-64-8/6, con apparecchi di illuminazione disinseriti.

Con gli apparecchi di illuminazione inseriti, ogni circuito, all'atto della verifica iniziale, presenterà una resistenza di isolamento non inferiore a:

$$\left[ \frac{2 \cdot U_0}{L + N} \right] M\Omega$$

per gli impianti di gruppo B

dove :

U<sub>0</sub> = Tensione nominale verso terra in kV dell'impianto (si assume il valore 1 per tensione nominale inferiore a 1 kV)

L = Lunghezza complessiva dei conduttori delle linee di alimentazione in km (si assume il valore 1 per lunghezze inferiori a 1 km)

N = Numero delle lampade del sistema

La misura verrà effettuata applicando la tensione di prova per circa 60 sec. E la caduta di tensione nella linea di alimentazione, non tenendo conto del transitorio di accensione, in condizioni regolari di esercizio (a pieno carico ed anche, se previsto, con carico parzializzato) non supererà il 5%.

### **Fattore di potenza**

Il fattore di potenza dell'impianto, misurato in corrispondenza dell'inizio della linea di alimentazione e non tenendo conto del transitorio di accensione non deve essere inferiore a 0.9 .

### **Distribuzione dei carichi nelle linee trifasi**

Su una linea di alimentazione trifase i centri luminosi devono essere derivati ciclicamente sulle varie fasi, in modo da ridurre al minimo gli squilibri fra le fasi lungo la rete.

Il controllo si effettua mediante misure in più punti della linea, oppure alimentando successivamente i centri luminosi collegati ad ogni coppia di conduttori e verificandone la distribuzione lungo il circuito.

### **Sezionamento e interruzione**

All'inizio di ogni linea deve essere installato un interruttore onnipolare avente anche le caratteristiche di sezionatore; valgono le prescrizioni di cui al cap. 4° della Norma CEI 64.8. Negli impianti promiscui l'interruttore onnipolare con caratteristiche o funzioni di sezionatore deve essere installato all'inizio della linea che alimenta l'impianto di illuminazione e gli altri servizi di distribuzione; per l'interruzione del neutro valgono i criteri del servizio di distribuzione.

### **Protezioni contro i cortocircuiti impianti in derivazione**

Negli impianti in derivazione la protezione contro i cortocircuiti si effettua secondo i criteri del Cap. 6° della Norma CEI 64.8.

I dispositivi di protezione devono avere potere di interruzione superiore alla corrente di cortocircuito presunta che si può verificare nel punto di installazione. L'intervento deve avvenire in un tempo che non sia superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile. La formula che meglio esprime il concetto suddetto è la seguente:

$$(I_{cc}^2 t) \leq K^2 S^2$$

dove

$I_{cc}$  è la corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace;

$t$  è la durata in secondi del cortocircuito;

$K$  è una costante determinata sulla base della tipologia dei conduttori e delle temperature massime ammesse durante il servizio ordinario e durante il cortocircuito per l'isolamento dei cavi;

$S$  è la sezione del conduttore di protezione in mm<sup>2</sup>.

La protezione contro i cortocircuiti tuttavia non è richiesta per le derivazioni che alimentano i centri luminosi quando tali derivazioni siano realizzate in modo:

- da ridurre al minimo il pericolo di cortocircuito con adeguati ripari contro le influenze esterne
- da non causare, anche in caso di guasti, pericoli per le persone o danni nell'ambiente.

#### **Protezioni contro i sovraccarichi negli impianti in derivazione**

Gli impianti di illuminazione si considerano non soggetti a sovraccarico.

#### **Protezione contro i contatti indiretti per gli impianti di gruppo B**

Si è adottata la protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente secondo l'art. 413.2 della Norma CEI 64-8.

Per le condutture elettriche in cavo, per rispettare questa norma, si sono impiegati cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico. Infatti sono stati utilizzati cavi FG16R16 0,6/1 kV i quali hanno tensioni  $U_0/U$  rispettivamente 600-1000 V che sono maggiori delle tensioni di impiego 220-400 V.

Nell'installazione del cavo si deve fare particolare attenzione all'ingresso nel palo per evitare abrasioni o danneggiamenti dell'isolamento.

Gli apparecchi di classe II non richiedono la messa a terra, anzi la loro messa a terra è proibita.

La protezione verrà effettuata con l'impiego di corpi illuminanti della classe II o con isolamento equivalente secondo. I componenti per i quali le Norme relative non prevedono la classe II devono essere protetti con un secondo isolamento (guaina isolante per i cavi) o con un isolamento rinforzato in modo da realizzare una rigidità dielettrica verso massa e una protezione meccanica equivalente a quella della classe II. La morsettiera alla base del palo deve essere anch'essa di classe II.

#### **Protezione contro i contatti diretti**

Tutti gli impianti devono essere disposti in modo che le persone non possano venire a contatto con le parti in tensione se non previo smontaggio o distruzione di elementi di protezione. Gli elementi di protezione smontabili e installati a meno di 3m dal suolo, devono potersi rimuovere solo con l'ausilio di chiavi o di attrezzi.

Occorre inoltre verificare che, in relazione alle caratteristiche del rivestimento metallico, la sua messa a terra sia tale da escludere il danneggiamento del rivestimento stesso per effetto delle massime correnti che vi possono circolare. Per quanto riguarda le linee aeree di alimentazione deve essere rispettata la Norma CEI 11.4

.

#### **Protezione contro le lesioni meccaniche**

Le condutture e gli apparecchi esposti al pericolo di prevedibili lesioni meccaniche devono essere adeguatamente protetti.

## **Protezioni contro i fulmini**

In generale non è da ritenere la protezione dei sostegni contro i fulmini. La protezione è richiesta in casi particolari quando il rischio sia da considerare non trascurabile, ad es. per la contemporanea presenza dei seguenti elementi:

- probabile permanenza di un numero elevato di persone nelle immediate vicinanze del sostegno ;
- sostegni con rilevanti altezze fuori terra.

La protezione dei sostegni contro i fulmini, ove necessaria, si effettua in base alla Norma CEI 81.1.

## **Scelta dei materiali e degli apparecchi**

I componenti degli impianti devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono in particolare resistere alle azioni meccaniche, chimiche e termiche alle quali possono essere esposti durante l'esercizio. I componenti devono essere rispondenti alle relative Norme CEI e alle tabelle di unificazione CEI UNEL ove queste esistano.

L'apposizione del marchio dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità sui materiali e gli apparecchi attesta la rispondenza degli stessi alle corrispondenti Norme CEI ; soltanto l'Istituto Italiano del Marchio di Qualità può autorizzarne l'apposizione .

## **Limitazione nell'uso dei materiali isolanti**

I materiali isolanti saranno opportunamente scelti in funzione dell'ambiente in cui sono posti; essi devono in ogni caso essere autoestinguenti o non propaganti la fiamma, non igroscopici e tali da non favorire la condensazione dell'umidità. E' perciò vietato l'impiego del legno, del marmo, dell'ardesia, dell'eternit, etc.

## **Limitazioni nell'uso di materiali conduttori**

I materiali conduttori da usarsi nei cavi, fatta eccezione per i conduttori aventi funzione portante, deve essere il rame. La guarnizione dei metalli non deve dare origine a fenomeni di corrosione.

## **Scelta del grado di protezione dei componenti contro penetrazione dei corpi solidi e dei liquidi.**

Il grado minimo di protezione dei componenti deve essere: a) per i componenti interrati: IP 57 b) per i componenti installati a meno di 3 m dal suolo: IP 43 c) " " " a 3 m o più dal suolo: IP 23 se destinati a funzionare sotto la pioggia; IP 22 in caso contrario ;

Gradi di protezione più severi sono necessari nel caso di esigenze particolari ad es. per manutenzione che preveda l'impiego di getto d'acqua, in caso di luoghi molto polverosi o inquinati e dove si possono avere spruzzi di acqua marina.

## **Protezione contro la corrosione dei materiali ferrosi**

La protezione contro la corrosione dei materiali ferrosi deve essere prevista mediante zincatura a caldo o verniciatura o altro sistema di almeno pari efficacia. Il controllo si effettua: - per i materiali zincati, con le prove prescritte dalla Norma CEI 7.6 - per gli materiali, con i metodi di prova di cui alla Norma UNI 4715.

## **Livello di isolamento verso terra**

Il livello di isolamento verso terra dei componenti dell'impianto non deve essere inferiore ai valori della tabella Norma CEI.

## **Dispensori di terra**

I dispersori devono essere per materiale, dimensioni minime e collocazione, rispondenti alle prescrizioni di cui alla Norma CEI 64.8 per gli impianti di gruppo B,C.

## **Caratteristiche dei cavi in relazione ai tipi di posa**

I cavi devono essere provvisti di una guaina esterna in aggiunta al proprio isolamento. L'isolamento e la guaina possono non distinti fra loro purché l'insieme fornisca garanzie equivalenti. Per la posa interrata devono essere usati tipi di cavo che nelle rispettive Norme sono riconosciuti adatti a questo tipo di posa.

### **Sezioni minime dei cavi**

I conduttori di rame non devono avere sezione inferiore a 1.5 mmq.

### **Portata di corrente**

La portata di corrente, non tenendo conto dei transitori di accensione, in condizioni regolari di esercizio (a pieno carico oppure in altre previste condizioni ordinarie di funzionamento), deve essere tale da non superare le portate stabilite nelle tabelle CEI UNEL vigenti in relazione alla sezione, al tipo di cavo ed alle condizioni di posa.

### **Sezioni minime dei conduttori di neutro**

La sezione dei conduttori di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase, fatta eccezione per i circuiti trifasi con conduttori di fase di sez. superiore a 16 mmq di rame, in tal caso la sezione del conduttore di neutro può essere ridotta sino alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo di 16 mmq tenuto conto anche di eventuali armoniche (ad es. per la presenza di ausiliari elettrici non deve essere inferiore a quanto indicato nell'art.3.1.07 delle Norme CEI 64.8) .

### **Sezioni minime dei conduttori di protezione e di terra**

La sezione dei conduttori di protezione e di terra non deve essere inferiore a quella indicata nel Cap. 9° della Norma CEI 64.8 per gli impianti dei gruppi B .

### **Identificazione delle anime dei cavi**

L'identificazione delle anime dei cavi multipolari sotto guaina unica e dei conduttori di protezione si deve effettuare secondo le prescrizioni della tabella CEI UNEL 00722-74.

### **Distanziamenti dei sostegni e degli apparecchi di illuminazione dei conduttori delle linee elettriche aeree esterne**

Le distanze dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dai conduttori di linee elettriche aeree (conduttori supporti sia con catenaria verticale sia con catenaria inclinata di 30° sulla verticale, nelle condizioni indicate nella Norma CEI 11.4 in 2.2.04 ipotesi 3) non devono essere inferiori a:

- 1 m dai conduttori di linee di classe 0 e 1.

Il distanziamento minimo sopra indicato può essere ridotto a 0.5 m quando si tratti di linee con conduttori in cavo aereo ed in ogni caso nell'abitato.

-  $(3+0.015U)$  m dai conduttori di linee di classe 2 e 3, dove U è la tensione nominale della linea espressa kV.

Il distanziamento può essere ridotto a  $(1+0.015U)$  m per le linee in cavo aereo e, quando ci sia l'accordo fra i proprietari interessati, anche per le linee con conduttori nudi.

### **Ipotesi di calcolo per i sostegni dei centri luminosi che non sorreggono linee aeree**

La verifica di stabilità deve essere eseguita nell'ipotesi di sollecitazioni dovute:

- al peso del palo e al suo equipaggiamento;

- all'azione del vento sull'apparecchio di illuminazione sul braccio e sul palo, secondo la Norma UNI 10012 67.

### **Sollecitazioni ammissibili per i sostegni dei centri luminosi che non sorreggono linee aeree**

Le massime sollecitazioni ammissibili per i sostegni in acciaio dei centri luminosi non devono superare quelle prescritte dalla Norma UNI 10011 74.

### **Formule di calcolo per le fondazioni**

La verifica di stabilità per le fondazioni deve essere conforme a quanto prescritto dalla Norma CEI 11.4

### **Protezione della sezione di incastro dei pali metallici**

La sezione di incastro dei pali metallici con fondazione di calcestruzzo non affiorante dal terreno deve essere protetta dalla corrosione mediante opportuni accorgimenti .

### **Dimensioni delle estremità dei sostegni per il fissaggio degli apparecchi**

L'estremità dei sostegni per il fissaggio degli apparecchi, sia del tipo ad attacco laterale che del tipo ad attacco verticale, devono avere dimensioni scelte fra i valori stabiliti dalla Norma UNI EN40 - parte 2 .

### **Schema dell'impianto**

Ad impianto ultimato il costruttore fornirà al committente uno schema elettrico dell'impianto ed una planimetria nella quale siano indicate almeno:

- ubicazione e caratteristiche dei centri luminosi e dei relativi accessori;
- posizione e caratteristiche degli apparecchi di comando e delle eventuali cabine;
- caratteristiche delle linee di alimentazione.

## **2. CALCOLO DELLE SEZIONI LINEE DI ALIMENTAZIONE**

### **Criterio termico**

#### **Massima corrente ammissibile**

In relazione ai dati progettuali, per il tipo di cavo scelto nelle linee di alimentazione delle lampade, è stata assunta la seguente portata di riferimento:

$$I_0 = 21 \text{ A}$$

In funzione della temperatura ambiente e della modalità di posa di progetto sono stati assunti i seguenti

fattori di correzione:

- *Temperatura ambiente diversa da quella di riferimento:  $k_1 = 1,00$*
- *Circuiti adiacenti e/o numero di strati:  $k_2 = 0,75$*
- *Profondità di posa diversa da quella di riferimento:  $k_3 = 1,00$*
- *Fattore libero di correzione (KFR):  $k_4 = 1,00$*
- *Contributo di terza armonica (fase o neutro):  $k_5 = 1,00$*

La portata  $I_z$  del cavo scelto, nelle condizioni di installazione previste è stata quindi determinata verificando il criterio seguente:

$$I_z \geq I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \geq I_b$$

dove  $I_b$  è la corrente di impiego del circuito calcolata in base ai dati di progetto, comprese le eventuali armoniche.

La sezione minima, normalizzata che soddisfa questo criterio è pari a:

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

## **Criterio della massima caduta di tensione ammissibile**

### **Regime**

La formula assunta per il calcolo delle cadute di tensione a regime è stata la seguente:

$$\Delta V = 2(R_i \cos \psi + X_i \sin \psi)$$

dove:

- $\Delta V$  è la caduta di tensione lungo la linea espressa in volt;
- $R$  è la resistenza della linea, espressa in ohm
- $I$  è la corrente di impiego della linea, espressa in ampere
- $X$  è la reattanza della linea, espressa in ohm
- $\cos \psi$  è il fattore di potenza del carico alimentato dalla linea.

La sezione del cavo è stata scelta in modo da soddisfare il vincolo imposto:

$$\Delta V \leq \Delta V_{\max}$$

Le sezioni minime, normalizzate che soddisfano questo criterio vengono indicate nei seguenti tabulati

### **METODO DI CALCOLO**

I Risultati ottenuti derivano da calcoli effettuati con specifico Software.

L’Impianto è stato suddiviso in 4 sezioni distinte comandate ciascuna da un quadro: Q1, Q2, Q3, Q4.

Ciascuna sezione è stata suddivisa in Tratte Ln.

Nella realizzazione impiegata per il dimensionamento della sezione del cavo in relazione al cortocircuito il valore dell’integrale di Joule ( $I^2t$ ) è stato calcolato assumendo per  $I$  il valore efficace della corrente di cortocircuito e per  $t$  la durata del cortocircuito stesso.

Questa approssimazione è valida per cortocircuiti di durata superiore ad alcuni periodi. Nel caso di durate brevi ( $<0,1$  s) e di impiego di dispositivi di protezione del tipo limitatore il valore dell’integrale di Joule ( $I^2t$ ) deve essere fornito dal costruttore del dispositivo di protezione.

Le formule impiegate per il calcolo delle cadute di tensione sono valide nell’ipotesi di carichi induttivi, caratterizzati da un fattore di potenza compreso tra 0,9 e 0,5.

I valori di resistenza impiegati per il calcolo delle cadute di tensione sono riferiti alla massima temperatura di funzionamento del cavo scelto.

Si allegano i tabulati relativi all’analisi dei carichi e dei risultati ottenuti con l’applicazione di specifico software.

IL PROGETTISTA

(Ing. Agostino Pruneddu)