

# COMUNE DI SIRACUSA

TITOLO PROGETTO:

**RIELABORAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DELL'APPRODO TURISTICO "MARINA DI SIRACUSA" SVILUPPATO SULLA BASE DEI CONTENUTI DEL PROGETTO PRESENTATO E DISCUSO IN CONFERENZA DEI SERVIZI IN DATA 15.02.2021**

COMMITTENTE:

**S.P.E.R.O. s.r.l.**  
**Via Elorina 29 - 96100 Siracusa - Italy**

PROGETTISTA GENERALE

**TEAMNETWORK s.r.l. - Engineering & Management**  
**Via Luigi Spagna 50/L-M, 96100 Siracusa - Italy**



TITOLO ELABORATO:

**IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI**  
**RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

Scala

Formato

FILE

PROGETTISTA

Progettista architettonico:  
Arch. Mario Rizza

Progettista strutture ed impianti:  
Ing. Paolo Calafiore

Geologia e Ambiente:

Dott. G. Bellomo

Dott. G. Anselmo

NUMERO DOCUMENTO

IMM12-08	MdS	PD	REL	IE.01	56	R0	
JOB N.	COD. 1	COD. 2	COD. 3	COD. 4	COD. 5	REV. n.	
N. REV	DATA	DESCRIZIONE			DRW.	CHK.	APP.

## **MARINA DI SIRACUSA**

**RIELABORAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DELL'APPRODO TURISTICO  
"MARINA DI SIRACUSA" SVILUPPATO SULLA BASE DEI CONTENUTI DEL PROGETTO  
PRESENTATO E DISCUSO IN CONFERENZA DEI SERVIZI IN DATA 15.02.2021**

## **IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO**

**GIUGNO 2023**

VERSIONE:	DESCRIZIONE:	PREPARATO:	APPROVATO:	ATA:
01				21 GIU 2023
NOME FILE: IE_01			DISTRIBUZIONE: RISERVATA	

# INDICE

---

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1 GENERALITÀ.....	3
1.2 REGOLA DELL'ARTE .....	3
1.3 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'IMPIANTO .....	3
1.4 DESTINAZIONE D'USO E COSTRUZIONE DEGLI EDIFICI .....	3
1.5 CLASSIFICAZIONE DELLE UTENZE.....	4
1.6 FORNITURA DELL'ENERGIA ELETTRICA.....	4
1.7 NORME TECNICHE E DI LEGGE .....	4
1.8 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO .....	6
1.9 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....	6
1.10 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....	6
1.11 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.....	7
<b>2. SCELTA E DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE DI DISTRIBUZIONE .....</b>	<b>8</b>
2.1 DESCRIZIONE .....	8
2.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI IMPIEGO .....	8
2.3 DIMENSIONAMENTO DEI CAVI .....	9
2.4 INTEGRALE DI JOULE .....	10
2.5 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI NEUTRO.....	11
2.6 DIMENSIONAMENTO DEI CONDUTTORI DI PROTEZIONE .....	12
<b>3. PROTEZIONE DELLE LINEE.....</b>	<b>15</b>
3.1 VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE .....	15
3.2 VERIFICA DI SELETTIVITÀ.....	16
<b>4. PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI.....</b>	<b>18</b>
4.1 DISPERSORE DI CABINA .....	20
4.2 CONDUTTORI DI TERRA.....	22
4.3 MESSA A TERRA DEL NEUTRO .....	22
4.4 SEZIONE MINIMA DEL COLLETTORE DI TERRA.....	23
4.5 MESSA A TERRA DEL TRASFORMATORE.....	23
4.6 CONDUTTORE DI PROTEZIONE .....	24
<b>5. QUADRI ELETTRICI.....</b>	<b>25</b>
<b>6. CABINE DI TRASFORMAZIONE .....</b>	<b>26</b>
6.1 ELEMENTI COSTITUTIVI DI UNA CABINA DI TRASFORMAZIONE .....	26
6.2 UBICAZIONE DELLE CABINE.....	27
6.3 CABINA CONSEGNA [ENEL] .....	28
6.4 CABINA MEDIA TENSIONE UTENTE [SMT] .....	28
6.5 CABINE MT1, MT2, MT3.....	28

<b>7. DOTAZIONI IMPIANTISTICHE INTERNE AGLI EDIFICI .....</b>	<b>29</b>
7.1 DORSALI E MONTANTI.....	29
7.2 DISTRIBUZIONE E CANALIZZAZIONI.....	29
7.3 APPARECCHI DI COMANDO E PRESE A SPINA.....	29
7.4 CONNESSIONI .....	30
7.5 UBICAZIONE DELLE APPARECCHIATURE .....	30
7.6 CIRCUITO ALIMENTAZIONE ASCENSORE .....	30
7.7 CIRCUITO LUCE ZONE COMUNI.....	31
7.8 IMPIANTO TELEFONICO/DATI.....	31
7.9 IMPIANTO DI TERRA .....	32
7.10 COLLEGAMENTO EQUIPOTENZIALE PRINCIPALE.....	32
<b>8. COLONNINE SERVIZI PER LE IMBARCAZIONI .....</b>	<b>33</b>
8.1 COLONNINE DI TIPO A.....	33
8.2 COLONNINE DI TIPO B.....	33
8.3 COLONNINE DI TIPO C.....	33
8.4 COLONNINE DI TIPO D.....	33
8.5 COLONNINE DI TIPO E.....	33
<b>9. IMPIANTI SPECIALI .....</b>	<b>34</b>
9.1 IMPIANTO TV-SAT CENTRALIZZATO.....	34
9.2 SISTEMA DI RILEVAZIONE INCENDI .....	34
9.3 RETE DATI.....	35
9.4 SISTEMA DI VIDEOSORVEGLIANZA.....	36
<b>10. IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>39</b>
10.1 PRINCIPALI OPERE DA REALIZZARE.....	39
10.2 DESCRIZIONE GENERALE .....	40
10.3 GENERATORE FOTOVOLTAICO .....	40
10.4 IL PANNELLO FOTOVOLTAICO .....	40
10.5 I QUADRI DI CAMPO.....	41
10.6 INVERTER .....	41
10.7 CABINA ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE .....	41
10.8 DOTAZIONE IMPIANTISTICA .....	41
10.9 SISTEMA DI TELECONTROLLO.....	42
10.10 CABLAGGI ELETTRICI E CAVIDOTTI .....	42
10.11 IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE DELLE PERSONE DAI CONTATTI ELETTRICI	
43	
<b>11. ADEMPIMENTI LEGISLATIVI .....</b>	<b>44</b>

## 1. PREMESSA

---

### 1.1 Generalità

---

La presente relazione è relativa agli impianti elettrici e speciali a servizio dell'approdo e facilities da realizzare nell'area industriale ex "S.P.E.R.O." nel Comune di Siracusa.

Gli impianti oggetto del progetto degli impianti elettrici e speciali, sono quelli di cui alle lettere "a" e "b" dell'art. 1 del D.M. 37/08, in particolare gli impianti per la distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica, l'impianto telefonico, e la rete dati.

### 1.2 Regola dell'arte

---

La Legge n.186 del 1968, e successivamente il D.M. n.37 del 2008, obbligano installatori e costruttori a realizzare impianti e macchine elettriche a regola d'arte. Le due norme di legge, così come le norme tecniche, non definiscono cosa si intenda per "regola dell'arte", ma precisano che impianti e macchine elettriche sono da considerarsi a regola d'arte se rispettano quanto prescritto nelle norme tecniche del Comitato Elettrotecnico Italiano (C.E.I.).

### 1.3 Descrizione sommaria dell'impianto

---

La struttura generale dell'impianto, come indicato nel relativo documento di progetto è costituita da una cabina di consegna che alimenta tre sottocabine MT/bt dalle quali dipartono le linee che alimentano i quadri generali degli edifici, le torrette a servizio delle imbarcazioni, e le stazioni di pompaggio. La scelta della distribuzione interna in media tensione è dettata dall'estensione planimetrica della struttura e dalla rilevanza dei carichi. Dai singoli quadri di edificio partono le linee di alimentazione dei singoli carichi, delle foresterie e dei negozi.

### 1.4 Destinazione d'uso e costruzione degli edifici

---

Il progetto prevede l'urbanizzazione di un'intera area con la realizzazione di sei gruppi di edifici, delle banchine e dei pontili per l'ormeggio delle imbarcazioni e di tutte le opere a corredo.

Gli edifici possono essere raggruppati come di seguito:

1. servizi urbani, ovvero edifici prevalentemente adibiti a foresterie e negozi;
2. servizi per i diportisti, ovvero edifici dedicati ad attività ricreative, sportive e ristorativo, come: club house, sale riunioni, uffici, scuola di avviamento sport nautici, lounge bar, piscina, campo di gara, solarium, ecc.
3. servizi igienici: costituiti da corpi bassi distribuiti all'interno dell'area portuale a servizio dell'utenza.
4. parcheggio: suddiviso in due aree contigue; il più piccolo è del tipo a raso, il secondo è a due piani di cui uno interrato ed ospita anche i locali tecnici a servizio dell'intera area.
5. area destinata alla cantieristica: l'area racchiude una struttura destinata al ricovero delle imbarcazioni, un'officina con i relativi uffici e da un corpo basso destinato alla guardiania.

## 1.5 Classificazione delle utenze

---

Nell'effettuazione dell'analisi dei carichi e nel dimensionamento delle reti, si è proceduto a raggruppare per omologia le differenti tipologie di utenze secondo quanto segue:

1. Foresterie;
2. Negozi;
3. Uffici;
4. Ristorante;
5. Piscina;
6. Impianto di condizionamento;
7. Impianto idrico;
8. Impianti di sollevamento delle acque;
9. Impianto antincendio;
10. Torrette al servizio delle imbarcazioni;
11. Illuminazione esterna.

## 1.6 Fornitura dell'energia elettrica

---

In base all'analisi dei carichi effettuata ed all'esperienza maturata, deve essere richiesta una fornitura in media tensione con le seguenti caratteristiche:

- Tensione: 20kV
- Corrente di cortocircuito: 12,5 kA
- Potenza contrattuale: 2.000 kW

## 1.7 Norme tecniche e di legge

---

I documenti normativi ai quali l'impianto e i suoi componenti devono essere conformi sono:

- Legge n. 168 del 01/03/1968;
- D.P.R. n.462 del 22 ottobre 2001;
- D. M. n. 37 del 22/01/2008;
- Norme UNI 10380.

### **Norme di riferimento per la Bassa tensione:**

- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI 11-25 2001 IIa Ed. (EC 909): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 I a Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI 23-3/1 I a Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 33-5 I a Ed. 1984: Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti di energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 660V.
- CEI 64-8 VIa Ed. 2007: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2009: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

### **Norme di riferimento per la Media tensione**

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

- CEI 11-1 IXa Ed. 1999: Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 11-35 IIa Ed. 2004: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V
- CEI 17-4 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata e a tensione superiore a 1000V
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV
- 17-46 1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori combinati con fusibili ad alta tensione per corrente alternata.

### 1.8 Caratteristiche generali dell'impianto

Come evidente dall'analisi degli elaborati, l'intera area è stata suddivisa in zone, ciascuna alimentata dalla propria canina di trasformazione, ubicata, per quanto possibile, in modo tale da contenere le cadute di tensione. Ciascuna cabina sarà dotata di un quadro generale "power center" da cui si dipartiranno le dorsali di alimentazione di ogni struttura.

Attraverso tale soluzione si potrà garantire una maggiore continuità di servizio ed il contenimento dei costi determinati da una fitta rete di distribuzione in bassa tensione che servisse l'intera area.

### 1.9 Protezione contro i contatti indiretti

Per la protezione contro le tensioni di passo e di contatto che si potrebbero verificare in caso di guasti verso terra dei circuiti in media tensione, il dispersore di terra è stato dimensionato in modo tale che la tensione totale di terra non possa superare i valori ammessi dalle norme.

Per la protezione contro i contatti indiretti in bassa tensione, si è optato per l'adozione del sistema TN-S, assicurando l'intervento delle protezioni entro 0,4 s in corrispondenza dei quadri generali di edificio o di zona. Quale ulteriore garanzia a favore della sicurezza, le linee a valle dei suddetti quadri generali sono protette a mezzo di dispositivi differenziali.

### 1.10 Protezione contro i contatti diretti

Per la protezione contro i contatti diretti, tutte le parti sotto tensione sono dotate di isolamento adeguato e/o involucri con grado di protezione idoneo al luogo di installazione. I circuiti di illuminazione esterni sono stati realizzati in classe seconda, mentre (come già detto) i circuiti terminali sono dotati di interruttori differenziali quale protezione aggiuntiva contro i contatti diretti.



### 1.11 Criteri di dimensionamento

---

La portata di ogni cavo è inferiore alla corrente d'impiego, mentre la caduta di tensione massima non supera il 4%.

Per la protezione delle linee sono stati scelti interruttori con corrente nominale superiore a quella di impiego, ciò garantisce una maggiore continuità di servizio.

Il dimensionamento delle linee e la scelta degli interruttori è stata fatta con l'ausilio dei software Electro Graphics, Ampere ed Eplus, così come la verifica termica dei quadri.

L'impianto di illuminazione è stato concepito nel rispetto delle norme UNI 10380. Il progetto illuminotecnico degli interni è stato elaborato con l'ausilio del programma Eplus di Electro Graphics, mentre per gli ambienti esterni è stato sviluppato dalla "Ing. Castaldi Illuminazione" costruttore dei corpi illuminanti scelti.

## 2. SCELTA E DIMENSIONAMENTO DELLE LINEE DI DISTRIBUZIONE

### 2.1 Descrizione

Il calcoli per il dimensionamento dei cavi e delle protezioni sono stati eseguiti per mezzo di apposito software tenendo conto degli opportuni criteri di dimensionamento, delle norme, leggi, decreti e circolari relativi agli impianti elettrici.

### 2.2 Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$  sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$  sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza  $\cos\varphi$  è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di  $I_b$  vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos\varphi - j \sin\varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) - j \sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) - j \sin\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione  $V_n$  è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

nella quale coeff è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza  $P_n$ , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle  $P_d$  delle utenze a valle (<  $P_d$  a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan\varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ( $Q_d$  a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctan\left(\frac{Q_n}{P_n}\right)\right)$$

### 2.3 Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$\begin{aligned} a) \quad I_b &\leq I_n \leq I_z \\ b) \quad I_f &\leq 1.45 \cdot I_z \end{aligned}$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata  $I_z$  della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Le cinque tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 365-5-523;
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026.

Per la media tensione si utilizza la tabella CEI 17-11.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile  $I_z$  in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente  $k$  ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla  $I_z$  min. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

## 2.4 Integrale di Joule

---

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

### **I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):**

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200

Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 87

**I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:**

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

**I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:**

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

## 2.5 Dimensionamento dei conduttori di neutro

---

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup>;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in rame e a 25 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> se conduttore in rame e 25 mm<sup>2</sup> se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

## 2.6 Dimensionamento dei conduttori di protezione

---

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione ( $\text{mm}^2$ );
- $I$  è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- $t$  è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- $K$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5  $\text{mm}^2$  se è prevista una protezione meccanica;
- 4  $\text{mm}^2$  se non è prevista una protezione meccanica;

È possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

### Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale.

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$  per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$  per sistemi trifase.

I parametri  $R_{cavo}$  e  $X_{cavo}$  sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 80°C, mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/\text{km}$ . La  $cdt(I_b)$  è la caduta di tensione alla corrente  $I_b$  e calcolata analogamente alla  $cdt(I_b)$ .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.



### 3. PROTEZIONE DELLE LINEE

---

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dalla utenza  $I_{km\ max}$ ;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ( $I_{mag\ max}$ ).

#### 3.1 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

---

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- a) il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- b) la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:

$I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );

$I_{ccmax} \leq I_{inters\ max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).

b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:

$I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ .

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:

$I_{cc\ max} \leq I_{inters\ max}$ .

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti e la  $I_z$  dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

### 3.2 Verifica di selettività

---

È verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento.

I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- a) Corrente  $I_a$  di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- b) Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- c) Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- d) Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- e) Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo

parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).

- f) Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nella valutazione si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

#### 4. PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

---

La protezione contro i contatti indiretti consiste nel prendere le misure intese a proteggere le persone contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale.

I metodi di isolamento contro i contatti indiretti sono classificati come segue:

- a) Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- b) Protezione senza interruzione automatica del circuito (doppio isolamento, separazione elettrica, locali isolati, locali equipotenziali);
- c) Alimentazione a bassissima tensione;

Nel progetto in esame le protezioni di cui al punto a) sono previste per i circuiti di distribuzione e per i circuiti terminali; l'isolamento doppio è previsto per gli impianti di illuminazione esterna, mentre l'alimentazione dei fari subacque della piscina e del campo di gara è prevista in bassissima tensione.

Dato che il sistema di distribuzione è del tipo TN-S l'impianto di terra sarà unico per la media e per la bassa tensione, oltre che per il neutro. In caso di guasto, la corrente di guasto a terra nella cabina utente (IF) si richiude al generatore, in parte tramite il dispersore della cabina stessa (IE) e in parte tramite le guaine metalliche dei cavi di media tensione, che il distributore collega nella propria cabina primaria e all'impianto di terra dell'utente, di conseguenza l'impianto di terra dell'utente è chiamato a disperdere soltanto la corrente IE (corrente di terra), la quale è una frazione della corrente di guasto a terra ( $IE=r \cdot IF$ ) dove  $r$  è un fattore minore di uno<sup>1</sup>. Per la progettazione di un impianto di terra di media tensione, in genere si pone  $r=1$  a favore della sicurezza.

I dispersori ed i conduttori di terra devono avere caratteristiche tali da resistere a:

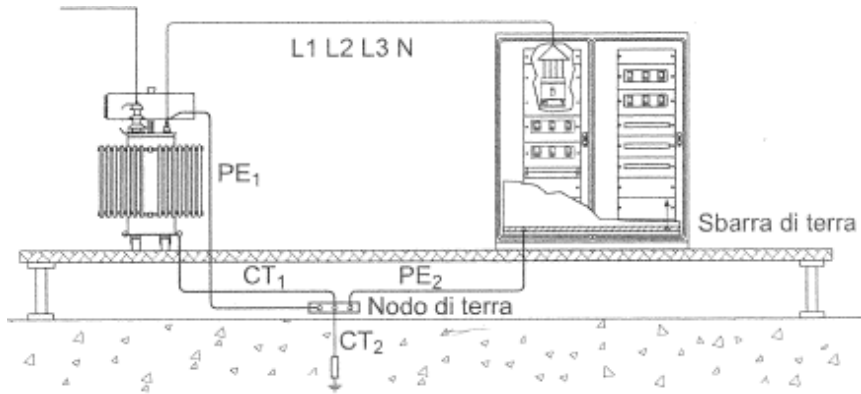
- sollecitazioni meccaniche e corrosione;
- sollecitazioni termiche dovute alla corrente di guasto a terra.

I conduttori presenti generalmente nell'impianto di terra di cabina sono quelli riportati in fig. 1, dove:

- CT1 e CT2 sono conduttori di terra (anche se in realtà CT2 visto dal secondario sarebbe un conduttore di protezione);
- PE1 è il conduttore che collega a terra il neutro;
- PE2 è il conduttore di protezione del quadro generale di bassa tensione.

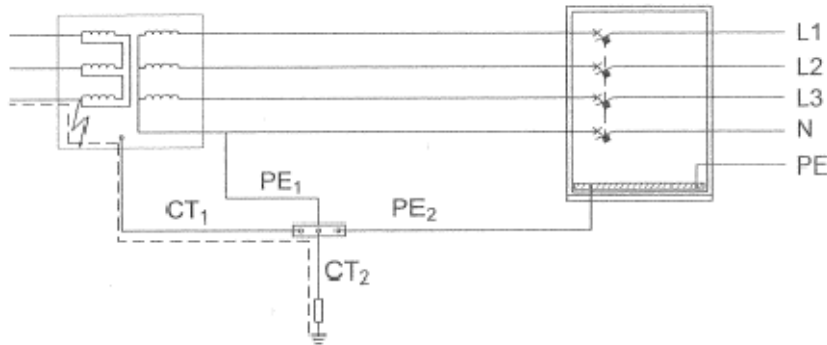
---

<sup>1</sup> In media tensione, il coefficiente  $r$  varia da 0,2 a 0,6 per cavi in carta e da 0,5 a 0,6 per cavi in gomma.



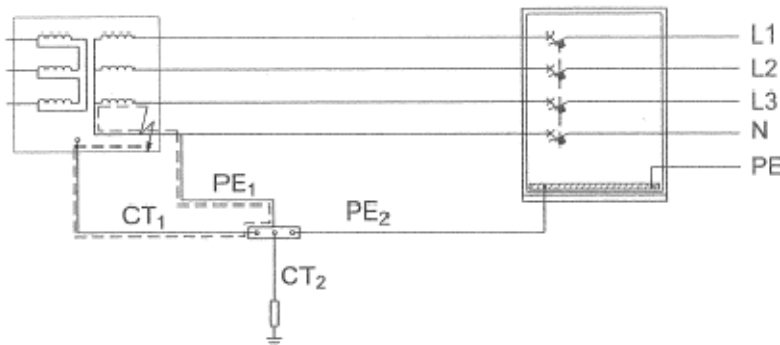
**Fig. 1 - Schema generale di collegamento a terra in cabina**

Al fine del dimensionamento, i conduttori di terra CT1 e CT2 devono portare la corrente di terra sulla media tensione, come si evince dalla fig. 2.



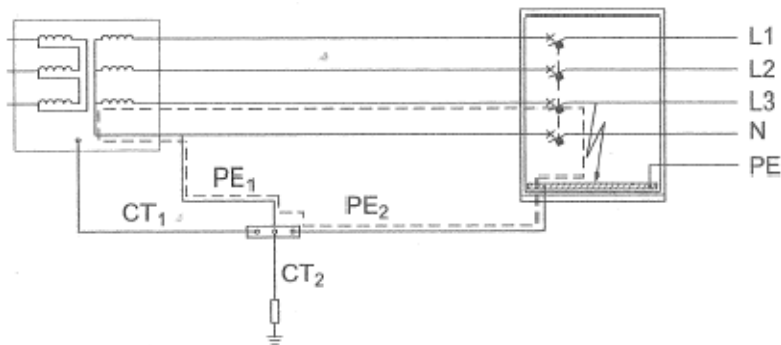
**Fig. 2 - I conduttori CT1 e CT2 devono portare la corrente di guasto a terra in media tensione**

I conduttori PE1 e CT1 devono portare la corrente di guasto monofase a terra sul secondario del trasformatore per il tempo che impiega la protezione del trasformatore sulla media tensione ad interrompere la corrente di cortocircuito monofase a terra sulla bassa tensione (fig. 3).



**Fig. 3 - I conduttori CT1 e PE1 sono interessati da un guasto sull'avvolgimento BT del trasformatore.**

I conduttori PE1 e PE2 devono far fronte alle sollecitazioni termiche della corrente di cortocircuito monofase a terra sul quadro generale, per il tempo di interruzione dell'interruttore generale automatico (fig. 4).



**Fig. 4 – I conduttori PE1 e PE2 sono interessati da un guasto sull'avvolgimento BT del trasformatore.**

Quindi in definitiva:

- per il conduttore CT2 è sufficiente la sezione di 25 mm<sup>2</sup>;
- i conduttori CT1 e PE1 vanno dimensionati in base all' I<sup>2</sup>t lasciato passare dall'interruttore di media tensione per un guasto monofase a terra sul secondario all'interno del trasformatore;
- il conduttore di protezione PE2 va dimensionato in base all'I<sup>2</sup>·t dell'interruttore generale di bassa tensione.

#### 4.1 Dispensore di cabina

In un sistema TN il dispensore di cabina è considerato unicamente ai fini di un guasto in media tensione, in quanto sulla bassa tensione la corrente di guasto si richiude direttamente sul neutro non disperdendosi a terra.

I dispersori di fatto (ferri di armatura) presenti negli edifici della struttura sono stati collegati all'impianto di terra solo ai fini dell'equipotenzialità.

Il dispensore delle cabine è costituito da un anello attorno al perimetro dei basamenti delle stesse, interrato ad una profondità di 0,5 m, ciò al fine di portare il terreno ad un potenziale prossimo a quello delle masse e quindi ridurre la tensione di contatto. A tal fine si è scelto di collegare l'anello ai ferri di fondazione in cemento armato ed alla griglia elettrosaldata posta sotto il pavimento della cabina. Visto che si è in presenza di un terreno roccioso e quindi ad alta resistività, si è scelto di integrare il dispensore orizzontale con dei picchetti disposti ai vertici.

L'impianto di terra di cabina è collegato all'impianto di terra del complesso edilizio, costituito dai dispersori di fatto, cioè dai ferri di fondazione delle strutture in cemento armato degli edifici. Ai fini della sicurezza non è essenziale ridurre la resistenza di terra per eliminare la tensione totale, piuttosto come è buona regola, si è scelto di ridurre la tensione di contatto attraverso un'opportuna geometria del dispensore

(anello). Se in sede di verifica, la resistenza dell'impianto di terra non dovesse risultare sufficiente, si provvederà ad aumentare la resistività del terreno attorno alle cabine, ad esempio per mezzo di asfalto. Sarà inoltre onere dell'Impresa realizzatrice effettuare le misure delle tensioni di passo e di contatto prima della messa in funzione dell'impianto.

L'esperienza dimostra che un guasto MT a terra in cabina MT/BT spesso non determina tensioni di contatto pericolose, né i cabina, né sull'impianto utilizzatore in bassa tensione, perché parte della corrente di guasto a terra si richiude tramite gli schermi dei cavi del distributore, e la terra di cabina è in parallelo con i dispersori di fatto degli edifici della struttura scolastica; l'eventuale asfalto intorno alle cabine contribuirebbe a ridurre la tensione di contatto (UT) e una frazione della tensione di contatto a vuoto (UST).

La seguente tabella indica le dimensioni ritenute sufficienti affinché il dispersore abbia un'adequata resistenza meccanica ed alla corrosione<sup>2</sup>.

Tab. 4 - Dimensioni minime dei dispersori più comuni, utilizzati nelle cabine MT/bt					
DISPERSORE			DIMENSIONI		
Tipo	Forma	Materiale	Diametro (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Spessore (mm)
Corda	-	Rame nudo o stagnato	1,8 (filo elementare)	25	-
Piattina (nastro)	-	Acciaio zincato a caldo	-	90	3
Picchetto	Profilato	Acciaio zincato a caldo	-	90	3
	Tubo	Acciaio zincato a caldo	25	-	2
	Tondo massiccio	Acciaio ramato <sup>(1)</sup>	14,2	-	-

<sup>(1)</sup> Spessore del deposito elettrolitico 100 µm (valore medio).

Le sezioni riportate in tabella, in media tensione sono sufficienti anche ai fini delle sollecitazioni termiche, sia con il neutro isolato che con il neutro compensato.

In bassa tensione il dispersore costituito dalla corda di rame deve avere una sezione minima di 35 mm<sup>2</sup><sup>3</sup>, ma tale differenza non trova alcuna certificazione tecnica, per cui visto che la sezione dettata dalla 64.8 fa parte del commento e non della norma stessa, la sezione scelta per la corda di rame nudo è pari a **25 mm<sup>2</sup>**.

<sup>2</sup> CEI 11-1, art. 9.2.2.1, All. A

<sup>3</sup> CEI 64-8/5, art. 542.3.2, art. 542.2.4

## 4.2 Conduttori di terra

---

Il conduttore di terra è quello collegato alla massa in media o alta tensione per la protezione contro i contatti indiretti, tale conduttore in bassa tensione prende in nome di conduttore di protezione.

Prende in nome di conduttore di terra anche il conduttore che unisce tra loro due dispersori, a patto che sia isolato dal terreno.

Ai fini della resistenza alle sollecitazioni meccaniche e alla corrosione, il conduttore di terra deve avere una sezione di almeno 16 mm<sup>2</sup> se in rame, o di 50 mm<sup>2</sup> in acciaio<sup>4</sup>.

Nelle reti di distribuzione a neutro compensato, ai fini delle sollecitazioni termiche, bisogna considerare la corrente di doppio guasto a terra, mentre non bisogna considerarla come corrente dispersa nel terreno alla fine della valutazione delle tensioni di contatto.

Un conduttore di terra di sezione pari a 25 mm<sup>2</sup>, è sufficiente a fronteggiare la corrente di doppio guasto a terra (reti a neutro compensato), anche nelle condizioni più severe. Il conduttore di terra se isolato deve essere di colore giallo-verde; la sezione scelta va bene anche per conduttore interrato nudo che collega il collettore di terra di cabina al dispersore.

## 4.3 Messa a terra del neutro

---

Con riferimento alla figura 1, il conduttore di messa a terra del neutro del secondario del trasformatore MT/bt è quello indicato con PE1, tale conduttore è un particolare conduttore di protezione (bassa tensione), la cui sezione va stabilita in base alle regole della norma CEI 64-(), le quali sono due:

una convenzionale, che richiede una sezione pari alla metà del conduttore di fase (se di sezione maggiore a 35 mm<sup>2</sup>)<sup>5</sup>;

l'altra basata sul calcolo delle sollecitazioni termiche (in condizioni adiabatiche) mediante la formula:

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

Dove:

- I è la corrente di guasto che il conduttore deve portare;
- t il tempo d'intervento della protezione
- K è una costante, che per il rame nudo vale 228.

---

<sup>4</sup> Norma CEI 11-1, art. 9.2.2.2

<sup>5</sup> Norma CEI 64-8/5, art. 543.1.2



Quando i conduttori di fase hanno sezioni notevoli come nel caso del presente progetto, conviene scegliere la sezione del conduttore di messa a terra del neutro in base all'  $I^2 \cdot t$ , perché la sezione convenzionale è inutilmente sovrabbondante. Il conduttore di messa a terra del neutro può essere nudo, se isolato deve essere di colore giallo-verde, come tutti i conduttori di protezione.

La corrente di guasto più elevata si verifica per un cortocircuito fase-terra al secondario del trasformatore:

$$I_K = 9,5 \text{ kA (Corrente nominale di breve durata ammissibile)}$$

Che per un trasformatore MT/bt (20.000V/400V) corrisponde ad una corrente al primario pari a:

$$I'_K = 190 \text{ A}$$

Che in base alla Tab. 2, determina l'intervento del relè 51.S1 con un tempo di eliminazione del guasto pari a:

$$t_K = 0,500 \text{ s}$$

Per cui si ricorre ad un cavo N07V-K (o comunque con isolante in PVC), giallo-verde, di sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>.

#### 4.4 Sezione minima del collettore di terra

---

La sezione minima del collettore di terra deve essere pari a quella del conduttore di messa a terra del neutro (PE1), sia per ragioni meccaniche che per comodità operativa, si sceglie di adottare una barra di rame delle dimensioni (60 x 5) mm.

#### 4.5 Messa a terra del trasformatore

---

La corrente di guasto più elevata che può interessare il conduttore di messa a terra del trasformatore, si verifica per un guasto fase-terra sul secondario del trasformatore ( $I_K = 9,5 \text{ kA}$ ), come per la messa a terra del neutro.

Si utilizza un cavo con isolamento in PVC, giallo-verde, **S = 50 mm<sup>2</sup>**.

#### 4.6 Conduttore di protezione

A favore della sicurezza, si considera la corrente di cortocircuito pari a quella che si ha ai morsetti del trasformatore, per cui la sezione dei conduttori di protezione delle altre masse di bassa tensione, posati insieme ai conduttori di fase, viene stabilita in base alla seguente tabella:

<b>Tab. 5 – Sezioni minime dei conduttori di protezione</b>	
Sezione S dei conduttori di fase dell'impianto (mm <sup>2</sup> )	Sezione minima S <sub>p</sub> del relativo conduttore di protezione (mm <sup>2</sup> )
S < 16	S <sub>p</sub> = S
16 ≤ S ≤ 35	16
S > 35	$S_p = \frac{S}{2}$

<sup>6</sup> Norma CEI 64-8

## 5. QUADRI ELETTRICI

---

Il D.M. 37/08, obbliga la Ditta installatrice a redigere la dichiarazione di conformità relativamente ai lavori svolti. Allegati a tale dichiarazione devono essere, tra l'altro, le dichiarazioni di conformità dei singoli prodotti alla Norma relativa ed eventuali marchi. In questo contesto il costruttore del quadro elettrico diviene il responsabile dell'apparecchiatura e di conseguenza deve essere in grado di rilasciare una propria dichiarazione di conformità alla relativa Norma di prodotto.

I limiti di sovratemperatura prescritti sono riportati nella seguente tabella.

### Limiti di sovratemperatura ammissibili

Componenti del quadro	$\Delta\theta$ massimo [K]
Morsetti	70
Organi di comando manuale metallici	15
Organi di comando manuale non metallici	25
Involucri esterni metallici	30
Involucri esterni non metallici	40

## 6. CABINE DI TRASFORMAZIONE

---

Quando la fornitura avviene in media tensione, occorre prevedere un locale destinato alla consegna dell'energia e una o più cabine di trasformazione.

Il locale di consegna deve:

- Avere le dimensioni e le caratteristiche richieste dalla Società distributrice;
- Essere situato sul perimetro della proprietà dell'utente con accesso diretto al suolo pubblico (in ogni caso l'esatta ubicazione deve essere concordata con la Società distributrice);
- Deve essere adiacente ad altro locale, nel quale sia possibile installare gli strumenti di misura dell'energia e gli organi di sezionamento e protezione del cavo di alimentazione delle cabine di trasformazione.

L'ubicazione delle cabine di trasformazione è stata scelta in modo che la loro posizione risultasse baricentrica rispetto ai carichi serviti. Al fine di svincolarsi dalle strutture, in fase di progetto definitivo si è scelto di far riferimento a cabine di tipo prefabbricato.

### 6.1 Elementi costitutivi di una cabina di trasformazione

---

Gli elementi costitutivi di una cabina di trasformazione sono:

- 1) Terminale di connessione. È l'idoneo terminale della Società distributrice per il collegamento dei cavi di MT alle proprie apparecchiature;
- 2) Conduttori di collegamento. Per collegare fra loro le apparecchiature di MT della Società fornitrice.
- 3) Sezionatore di terra. È il sezionatore della società distributrice per l'eventuale messa a terra delle proprie apparecchiature sull'impianto di terra dell'utente.
- 4) Scomparto per la linea (indicato con SL nella CEI 0-16). Anche in questo caso la messa a terra è fatta sull'impianto di terra dell'utente.
- 5) Scomparto per la consegna (indicato con SC nella CEI 0-16).
- 6) Gruppo di misura. È installato all'interno dell'apposito locale misura, accessibile sia all'utente che agli addetti della Società distributrice.
- 7) Punto di consegna dell'energia. Le apparecchiature a monte di tale punto costituiscono l'impianto di consegna e viene allestito dall'Utente per l'Ente distributore di energia nel locale consegna, il cui accesso è riservato esclusivamente a tale Ente.
- 8) Linea di alimentazione. È allestita dall'utente, ed è normalmente costituita da tre cavi unipolari con schermo metallico idoneo alla tensione nominale della cabina. La sezione dei cavi è stabilita dalla società distributrice che ne assicura la protezione.
- 9) Dispositivo generale dell'Utente. Tale dispositivo consta di un sezionatore generale posto immediatamente a valle del punto di consegna e destinato a sezionare l'impianto di utenza dalla rete; e di un interruttore generale, posto

immediatamente a valle del sezionatore generale ed in grado di escludere dall'impianto di rete per la connessione l'intero impianto di utenza.. il comando di chiusura dell'interruttore generale deve essere sempre regolamentato per non danneggiare persone o cose e deve essere esclusivamente impartito dall'Utente.

- 10) Conduttori di collegamento. Per collegare tra loro le apparecchiature di MT, si utilizzano normalmente conduttori di rame in sbarre o tondino. Questi conduttori sono fissati agli elementi della cabina mediante isolatori.
- 11) Dispositivo di protezione contro le sovracorrenti. Questa protezione è tassativamente richiesta dalla Società distributrice dell'energia, onde evitare che un cortocircuito sull'impianto di utente possa causare disservizi ad altri utenti. I dispositivi idonei a interrompere un cortocircuito in MT sono gli interruttori automatici e i fusibili.
- 12) Trasformatore. Quelli scelti sono in resina.
- 13) Messa a terra del centro stella del trasformatore.
- 14) Nodo principale di terra. È costituito da una bandella di rame di dimensioni approssimative: 30x3x500 mm. Ad esso vengono collegati, mediante bulloni (vite con testa, dado e rondella Glover) i conduttori indicati.
- 15) Conduttore di neutro.
- 16) Conduttore di protezione.
- 17) Conduttore di terra.
- 18) Power Center.
- 19) Dispositivo di protezione BT.

## 6.2 Ubicazione delle cabine

---

È prevista l'installazione di cinque manufatti, del tipo prefabbricato in CAV, posati su delle vasche prefabbricate.

Essi assolveranno alle seguenti funzioni:

- a) cabina consegna (indicata in planimetria come [ENEL]), installata a quota stradale nella zona parcheggio con accesso al locale Enel diretto da strada pubblica;
- b) cabina [SMT], (posta accanto la cabina ENEL) in essa è installata la protezione generale e le apparecchiature elettromeccaniche a protezione delle linee in media tensione che alimenteranno le tre cabine di trasformazione MT/bt;
- c) cabina [MT1], posta sulla copertura del parcheggio interrato nei pressi della banchina, dotata di 2 trasformatori MT/bt da 1MVA e di relativo quadro Power Center;
- d) cabina [MT2], ubicata in prossimità dell'edificio SU5, dotata di 2 trasformatori MT/bt da 1MVA e di relativo quadro Power Center;
- e) cabina [MT3], ubicata in prossimità dell'edificio CT1, dotata di 2 trasformatori MT/bt da 315 kVA e di relativo quadro Power Center.

---

### 6.3 Cabina consegna [ENEL]

---

La cabina consegna è suddivisa in due vani separati: il vano ENEL ad esclusivo uso dell'ente distributore ed il vano misura.

Per i nuovi allacciamenti alla propria rete di distribuzione in media tensione ENEL DISTRIBUZIONE impone di soddisfare i requisiti indicati nella norma CEI 0-16 e nella "GUIDA ENEL ALLE CONNESSIONI".

---

### 6.4 Cabina media tensione utente [SMT]

---

Nel vano media tensione sarà installato il Dispositivo Generale (DG) comandato dal Sistema di Protezione Generale (SPG), così come prescritto dalla Norma CEI 0-16.

Il SPG (protezioni 50, 51, 51N e 67) verrà tarato in base alle caratteristiche della rete di alimentazione, secondo le indicazioni che verranno fornite dall'Ente distributore.

---

### 6.5 Cabine MT1, MT2, MT3

---

All'interno di tali cabine sono previsti due vani: uno per il contenimento dei trasformatori e l'altro dedicato all'installazione di:

- a) quadro di media tensione;
- b) quadro di bassa tensione power center;
- c) batterie di condensatori per il rifasamento dei due trasformatori.

Al quadro di media tensione arriva la linea a 20.000 V proveniente dal sezionatore installato nella cabina SMT. Il quadro di media sarà composto da tre moduli, un interruttore di manovra sezionatore e due interruttori di manovra sezionatori con fusibile a protezione dei singoli trasformatori.

Il cablaggio del quadro di bassa tensione (Power Center) dovrà essere eseguito secondo lo schema unifilare allegato in cui è riportato anche il fronte quadro dello stesso.

Le due batterie di condensatori per il rifasamento dei trasformatori, saranno poste fuori dal Power Center all'interno di una carpenteria a loro dedicata.

## **7. DOTAZIONI IMPIANTISTICHE INTERNE AGLI EDIFICI**

---

Il quadro elettrico generale relativo agli edifici principali, deve contenere le apparecchiature di comando e protezione relative alle utenze presenti all'interno della struttura oltre ai misuratori di energia per la contabilizzazione dei consumi. Le caratteristiche elettriche dei dispositivi di manovra e protezione, nonché la tipologia e formazione dei cavi adoperati per la distribuzione, è riportata negli schemi unifilari allegati al progetto.

### **7.1 Dorsali e montanti**

---

La distribuzione dell'energia elettrica in ciascun edificio avrà origine nel quadro generale di edificio, da esso si dipartiranno le linee di alimentazione degli eventuali sottoquadri, dei centralini e dei singoli circuiti.

Le linee di alimentazione delle unità immobiliari e di tutti i circuiti terminali, saranno protette da interruttori magnetotermici differenziali da 0,03 A.

La posa delle montanti avverrà sottotraccia e/o a pavimento; ogni unità privata sarà servita da una tubazione per i cavi di energia, una tubazione per il segnale TV/sat, ed una per la linea telefonica/dati.

L'impianto elettrico di ogni unità immobiliare è stato dimensionato applicando fattori di utilizzo e contemporaneità determinati in base all'esperienza; la scelta dei fattori appena citati è stata effettuata considerando: le dimensioni delle unità immobiliari, la loro destinazione, il numero di punti luce e punti presa presenti, nonché le possibili esigenze dei fruitori.

Per la distribuzione interna si utilizzeranno conduttori del tipo N07-VK. La lunghezza delle montanti, la sezione dei conduttori e la tipologia di cavi prevista sono riportati negli schemi unifilari di progetto.

Opportune cassette di derivazione saranno poste ad ogni piano, e da queste saranno derivate le linee e il conduttore di terra per ciascun appartamento.

### **7.2 Distribuzione e canalizzazioni**

---

I tubi flessibili, in materiale isolante per posa sotto pavimento devono essere del tipo pesante; i tubi di tipo leggero potranno essere utilizzati sotto traccia soltanto a parete od a soffitto.

Il diametro interno dei tubi deve essere almeno uguale a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi.

I coperchi delle cassette di derivazione devono essere esclusivamente del tipo a vite.

Le giunzioni ed i cavi posti all'interno delle cassette non devono occupare più del 50% del volume interno della cassetta stessa.

### **7.3 Apparecchi di comando e prese a spina**

---

Nei circuiti fase-neutro gli interruttori di comando possono essere unipolari, ma devono essere inseriti sul conduttore di fase.

Le prese che si è scelto di installare sono del tipo UNEL 2 P+T 10/16 A, dette "Schuko bipasso", a poli allineati con alveoli schermati;

#### 7.4 Connessioni

---

Le giunzioni e le derivazioni devono essere eseguite con appositi morsetti aventi grado di protezione IPXXB, cioè con parti in tensione, incluso il neutro, non accessibili al dito di prova.

Sono escluse le giunzioni o derivazioni effettuate con attorcigliamento e nastratura.

I morsetti di connessione devono essere ubicati nelle cassette, evitando, per quanto possibile, di allocarli nelle scatole porta-apparecchi.

#### 7.5 Ubicazione delle apparecchiature

---

Le prese a spina devono essere installate in modo che l'asse di inserzione risulti orizzontale e ad un'altezza dal piano di calpestio di almeno 175 mm se a parete o di almeno 70 mm se da canalizzazioni o zoccoli.

Di seguito vengono elencate le altezze minime per l'installazione dei comandi ed apparecchiature.

- |                     |          |
|---------------------|----------|
| a) Comando luce     | > 90 cm  |
| b) Suoneria         | > 190 cm |
| c) Quadro elettrico | 160 cm   |

#### 7.6 Circuito alimentazione ascensore

---

L'ascensore è un impianto soggetto alla direttiva 95/19/CE, recepita in Italia dal DPR 30/04/99 n. 162.

L'impianto dell'ascensore inizia dall'interruttore generale del circuito di forza motrice e dall'interruttore generale del circuito di illuminazione della cabina dell'ascensore, posti nel locale macchine dell'ascensore (interruttori compresi). Sono, quindi, da considerarsi parte dell'impianto elettrico dell'edificio (e quindi oggetto del presente documento):

- la linea di alimentazione forza motrice e illuminazione dal contatore di energia elettrica fino al motore dell'ascensore;
- Il circuito luce del vano ascensore e prese della fossa.

L'interruttore generale sottovetro al piano terra, con il nuovo DPR 162/99, non è più richiesto.

A protezione delle montati di alimentazione dei due ascensori, verranno utilizzati due diversi interruttori magnetotermici differenziali con  $I_{dn} = 0,5 \text{ A}$  (selettivo) al fine di evitare interventi intempestivi che potrebbero mettere contemporaneamente fuori servizio sia l'ascensore, sia il circuito luce e prese.

È appena il caso di sottolineare che ai sensi della norma CEI 64-8/4, l'impianto di terra degli ascensori sarà unico con quello condominiale.

Per quanto riguarda il circuito prese, saranno installate le seguenti prese UNEL BIPASSO 10/16 A, 2P+T, IP65:



- c) nel locale macchinario;
- d) in fondo alla fossa;
- e) sul tetto della cabina.

Il circuito luce nel vano corsa sarà comandato dal quadro ascensore. Il livello di illuminamento minimo richiesto nel vano corsa è di 50 lux. Nel vano corsa, saranno installati un corpo illuminante a 0,5 m sotto il soffitto, a 0,5 m sopra il pavimento della fossa ed uno ogni interpiano. I corpi illuminanti saranno del tipo "tartaruga" con grado di protezione non inferiore a IP 54, l'alimentazione avverrà con una linea in tubazione rigida fissata a parete.

Lungo il vano corsa non sono ammesse condutture e dispositivi estranei al servizio dell'ascensore.

Ogni ascensore sarà alimentato dalla sua montante posta in tubazione sottotraccia; l'alimentazione sarà trifase con neutro ed effettuata con cavi unipolari del tipo N07V-K di adeguata sezione, sia per la portata che per contenere le cadute di tensione entro il 3%.

Ciascun ascensore potrà essere servito da una linea telefonica per l'allarme remoto. Inoltre è prevista un'alimentazione separata per l'impianto di illuminazione del vano ascensore e della cabina.

#### 7.7 Circuito luce zone comuni

---

L'impianto elettrico per l'illuminazione delle zone comuni dell'edificio, avrà origine dal quadro elettrico generale.

Parte dei corpi illuminanti, secondo quanto riportato negli elaborati grafici, saranno equipaggiati con gruppo autonomo di emergenza, circuito di inibizione per l'alimentazione e caricabatteria automatico; per un'autonomia di 60 minuti. Il gruppo autonomo sarà cablato all'interno del corpo illuminante.

Il circuito sarà realizzato con conduttori del tipo N07V-K posati entro tubazione corrugata flessibile in PVC incassata a parete e sarà protetto da un interruttore generale del tipo magnetotermico differenziale ( $I_{\Delta n} \leq 30$  mA).

L'accensione delle lampade sarà gestita tramite timer posto subito a valle della protezione.

I dispositivi sopra elencati verranno installati all'interno del quadro condominiale di scala.

#### 7.8 Impianto telefonico/dati

---

Per ogni unità immobiliare è prevista una tubazione separata per il passaggio dei cavi telefonici.

Al piano terra in prossimità del quadro elettrico generale sarà installato un armadio a moduli RACK per il collegamento a stella della rete dati.

Allo stesso locale arriverà una tubazione dedicata Telecom da 63mmq per l'installazione di eventuali linee telefoniche indipendenti.

## 7.9 Impianto di terra

---

Al fine di garantire l'equipotenzialità, in prossimità del quadro generale di ogni edificio si prevede un dispersore di terra collegato all'impianto di terra dell'intera area.

Il collettore di terra, anche esso posto in prossimità del quadro generale, sarà realizzato mediante piastra in rame elettrolitico entro una scatola ispezionabile e facilmente accessibile. Ad esso saranno collegati i conduttori di protezione, i conduttori equipotenziali principali ed il conduttore di terra.

Il conduttore di protezione sarà unico per tutte le montanti agli appartamenti e posto in un tubo unico con cassette proprie. La sezione sarà almeno uguale a quella del conduttore di fase avente sezione maggiore.

## 7.10 Collegamento equipotenziale principale

---

Tutte le tubazioni metalliche entranti nel fabbricato devono essere collegate all'impianto di terra. Pertanto è da prevedersi il collegamento equipotenziale principale fra tubazioni acqua e gas a mezzo di un conduttore avente sezione minima pari a 10 mm<sup>2</sup> entro tubo protettivo.

## **8. COLONNINE SERVIZI PER LE IMBARCAZIONI**

---

Si prevede di installare delle colonnine attrezzate a servizio delle imbarcazioni. Le colonnine sono in alluminio con viti e bulloni in acciaio inossidabile, al fine di assicurarne la durata nel tempo anche in un ambiente aggressivo come quello marino.

Le colonnine saranno di sei diverse tipologie, in base al numero di attacchi per la corrente ed idrici, ma sempre dotate sulla parte superiore di lampada a basso consumo mascherata da uno schermo in materiale plastico resistente agli urti.

### **8.1 Colonnine di tipo A**

---

Saranno a servizio delle barche fino a 8,50 m, installate nella banchina e sul pontile A. Per esse sono previste n. 4 prese a 231 V da 16 A. Vista la tipologia delle imbarcazioni ed i loro bassi consumi, non è previsto un sistema di registrazione e pagamento.

### **8.2 Colonnine di tipo B**

---

Saranno a servizio delle barche fino a 11,50 m, installate nei pontili A e B. Per esse sono previste n. 4 prese a 231 V da 32 A. Non è previsto un sistema di registrazione e pagamento.

### **8.3 Colonnine di tipo C**

---

Saranno a servizio delle barche fino a 21,00 m, installate nei pontili C, D, E ed F. Per esse sono previste n. 4 prese a 231 V da 32 A. Non è previsto un sistema di registrazione e pagamento.

### **8.4 Colonnine di tipo D**

---

Saranno a servizio delle barche fino a 24,00 m, dell'idrovolante e delle motovedette. Quelle a servizio delle imbarcazioni saranno installate sul molo antistante le prue, di fronte l'edificio SI5 e sul pontile G. Per esse sono previste n. 2 prese a 400 V da 63 A. Ogni presa servirà una singola imbarcazione. La colonnina sarà dotata di un sistema di registrazione e pagamento.

### **8.5 Colonnine di tipo E**

---

Saranno a servizio delle barche fino a 36,00 m. Sono installate sulla banchina in prossimità dell'edificio SI6, e sul pontile G. Per esse sono previste n. 2 prese a 400 V da 125 A. Ogni presa servirà una singola imbarcazione. La colonnina sarà dotata di un sistema di registrazione e pagamento.

#### **Colonnine di tipo F**

Saranno a servizio delle barche fino a 90,00 m. Sono installate sul molo antistante le prue, sulla banchina in prossimità dell'edificio SI6, e dopo il pontile G. Per esse è prevista una singola presa a 400 V da 250 A. Sono previste anche più colonnine per ogni singolo posto barca. Ogni colonnina sarà dotata di un sistema di registrazione e pagamento.

## 9. IMPIANTI SPECIALI

---

Si prevede la realizzazione dei seguenti impianti speciali:

- impianto TV terrestre e satellitare;
- Impianto rilevazione incendi;
- Rete dati;
- impianti di videosorveglianza.

### 9.1 Impianto TV-SAT centralizzato

---

All'interno degli edifici principali, sarà installato un impianto centralizzato per la distribuzione del segnale digitale terrestre e satellitare.

L'alimentazione dell'impianto sarà derivata dal quadro generale di edificio. Nei pressi del locale tecnico più prossimo alle coperture saranno installate tutte le attrezzature (amplificatore ecc.) necessarie al funzionamento dell'impianto.

Le tubazioni per i cavi di segnale dovranno essere sottotraccia murate con malta cementizia, dovranno essere complete di cassette di derivazione e totalmente separate da tutti gli altri impianti.

### 9.2 Sistema di rilevazione incendi

---

Il sistema di rilevazione incendi sarà costituito da 4 centrali di rilevazione, configurabili come multi master o master-slave.

Negli edifici verranno installati rilevatori ottici di fumo e pulsanti per l'allarme manuale.

Nel parcheggio verrà installato un sistema per la rilevazione di monossido di carbonio e di vapori di benzina 0-100%LEL, 4-20mA, un sensore catalitico industriale per gas infiammabili, cella elettrochimica a tre elettrodi per CO ed NO<sub>2</sub> ed un sensore infrarosso per CO<sub>2</sub>.

Saranno utilizzati diversi tipi di rilevatori, in funzione della tipologia di edificio e della relativa destinazione d'uso.

---

### 9.3 Rete dati

---

Per la rete dati di è scelto di realizzare il cablaggio strutturato delle reti, cioè di attrezzare la struttura con un sistema di cavi e di elementi di connessione che mettono tutti gli apparati informatici presenti in collegamento tra loro e con il mondo esterno. Il sistema ha lo scopo di unificare le connessioni delle apparecchiature di fonia e dati fornendo una maggiore gestibilità degli impianti stessi. Un cablaggio strutturato, è infatti, un'infrastruttura passiva fatta principalmente di cavi e di connettori che si diramano all'interno di un edificio da un'area d'ingresso (per la connessione con la rete esterna) fino alle aree di lavoro, cioè i punti dove si prevede necessiti connettere una qualsiasi apparecchiatura di telecomunicazione: computer, telefono, fax, stampanti, attrezzature video, ecc.

Un “Cablaggio informatico” per essere definito “Strutturato” deve seguire le regole imposte dalle normative che riguardano l'architettura, i mezzi di trasmissione, e di connessione utilizzati, le loro caratteristiche fisiche e la topologia distributiva.

Il cablaggio dovrà avere caratteristiche e prestazioni in grado di soddisfare le esigenze della struttura, sia per quanto riguarda le applicazioni supportate, sia per la qualità del segnale veicolato. Allo scopo gli standard normativi definiscono categorie e classi alle quali è possibile fare riferimento. Si rammenta in ogni caso che gli standard normativi non hanno come fine la sicurezza elettrica, ma la realizzazione di cablaggi informatici flessibili, indipendenti dalle applicazioni utilizzate, facili da gestire ed aggiornare e che consentano l'utilizzo di componentistica reperibile su un vasto mercato.

La categoria scelta per il cablaggio è uguale o superiore a 5e.

Per ottemperare alle prescrizioni della Norma CEI 64-8, sono previste condutture separate per i cavi di energia e dati, questo preserva anche da problemi di interferenze elettromagnetiche, inoltre:

- per il cablaggio delle reti interne agli edifici sono previsti cavi di tipo FTP (schermati);
- il cablaggio della rete esterna di comunicazione tra gli edifici, è previsto in fibra ottica.

## **STRUTTURA DEL SISTEMA DI CABLAGGIO**

Il “Distributore di Insegiamento” CD<sup>7</sup> è previsto all’interno dell’Edificio DE1;

Il cavo di dorsale per il collegamento tra i diversi edifici è previsto in fibra ottica, sia per le elevate distanze, sia per una maggiore immunità dai disturbi elettromagnetici, sia per la maggiore banda disponibile con l’utilizzo di questo tipo di supporto;

Il “Distributore di Edificio” BD, sarà posto al piano terra di ogni edificio all’interno di un apposito armadio RACK in lamiera posto in prossimità del quadro elettrico generale di edificio;

il “Distributore di Piano” FD, è previsto solo per gli edifici SU1, SU2, SU3, mentre per ogni unità immobiliare sono previste almeno due dorsali dati, una per la linea telefonica/dati ed una per la tele lettura del contatore a scarica.

Sono previste dorsali dati anche all’interno dei locali tecnici destinati al pompaggio e condizionamento, per la lettura dei consumi.

Per gli uffici per ogni postazione di lavoro è prevista una presa telematica realizzata con n.4 prese RJ45.

## **ELEMENTI ATTIVI**

Gli elementi attivi previsti sono il router, i concentratori e i punti di accesso wi-fi, le cui caratteristiche sono riportate in computo.

### 9.4 Sistema di videosorveglianza

Un sistema di videosorveglianza permetterà il controllo dell’intera area portuale dalla postazione di controllo e tramite accesso da server remoto grazie alla tecnologia su IP Verranno installate circa 80 telecamere a copertura delle aree esterne, con particolare attenzione alle banchine, e delle aree interne quali il parcheggio e le zone ad accesso riservato.

Le telecamere saranno del tipo:

Telecamera Samsung A1 Speed Dome Day&Night da esterno con zoom 43x

- CCD Ex-View 1/4” •600 linee TV •Day&Night meccanico con filtro IR
- Rapporto S/N>52dB
- Zoom 688x autofocus (43x ottico, 3,2-138.5 mm, 16x digitale)
- Rotazione 360° endless Pan, 0-180° Tilt •Velocità preset: 600° sec
- 0.03 lux B/W, 0.3 lux colore (F 1.2, 15 IRE, Sens-up OFF)
- 0.00007 lux B/W, 0.0007 lux colore (F 1.2, 15 IRE, Sens up x512)
- AGC: controllo automatico del guadagno •MOTION: activity detector programmabile (7 livelli di sensibilità con segnalazione d’uscita)
- ANALISI VIDEO INTELLIGENTE: riconoscimento oggetti fissi/rimossi
- Sistema automatico e manuale d’esposizione (shutter man 1/100-1/10K)

---

<sup>7</sup> Indicato con CD nella letteratura internazionale

- Parametrizzazione via RS485, RS422, CCVC
  - CCVC: controllo via cavo coassiale (con VSCX-RD100)
  - Privacy zone (12) •Parametrizzazione via RS485 multiprotocollo
  - Protocolli: Pelco P, Pelco D, Samsung ed Auto
  - 512 preset richiamabili manualmente o su allarme
  - 4 funzioni autopan programmabili, 4 scansioni (fino a 512 preset ciascuna), 3 percorsi (pan, tilt, zoom) programmabili e richiamabili (su sequenza, allarme o schedule orario)
  - 8 ingressi, 3 uscita d'allarme (2 open collector e 1 relé)
  - Convertitore A/D a 12 bit
  - Consumo: 16W (47W riscald ON) •Alimentazione: 24Vac
- a) Samsung A1 Dau&Night ad altissima risoluzione ultra low light;
- CCD Ex-View IT 1/3" •600 linee TV colori e B/N •Day&Night Meccanico
  - Rapporto S/N >50Db
  - 0.0002Lux colore, 0.00002 lux B/W (F1.2, 15 IRE, Sens-Up x512)
  - 0.12 Lux colore, 0.012 lux B/W (F1.2, 15 IRE, Sens-Up off)
  - AGC: controllo automatico del guadagno
  - AWC, ATW: controllo automatico del bianco
  - ALC (obiettivi Video/DC) ed ELC (obiettivi manuali)
  - BLC: compensazione controllo luce programmabile
  - DNR: riduzione digitale del rumore (-12 dB) •XDR: in ambienti di forte contrasto, aumenta il dettaglio della zona scura
  - DIS: Stabilizzatore d'immagine
  - MOTION: activity detector programmabile
  - ANALISI VIDEO INTELLIGENTE: riconoscimento oggetti fissi/rimossi/passaggi in area/linea virtuale
  - 1 uscita d'allarme di tipo open-collector
  - •SHUTTER: manuale 1/50 – 1/10Ksec
  - Privacy zone poligonale (12)
  - Zoom digitale da 2x a 16x •OSD multilingua con generatore di caratteri (54)
  - Obiettivi C/CS tipo DC o Video Drive
  - CCVC: controllo via cavo coassiale (con VSCX-RD100)
  - Parametrizzazione via RS485 multiprotocollo
  - Convertitore A/D a 12 bit •Consumo: 3,8 W

- b) Samsung A1 Day&Night ad altissima risoluzione ultra low light; CCD Ex-View IT 1/3" •600 linee TV colori e B/N
- •CCD Ex-View
  - Day&Night Meccanico
  - Rapporto S/N >50Db
  - 0.0002Lux colore, 0.00002 lux B/W (F1.2, 15 IRE, Sens-Up x512)
  - 0.12 Lux colore, 0.012 lux B/W (F1.2, 15 IRE, Sens-Up off)
  - AGC: controllo automatico del guadagno
  - AWC, ATW: controllo automatico del bianco
  - ALC (obiettivi Video/DC) ed ELC (obiettivi manuali)
  - BLC: compensazione controllo luce programmabile
  - DNR: riduzione digitale del rumore (-12 dB)
  - XDR: in ambienti di forte contrasto, aumenta il dettaglio della zona scura
  - DIS: Stabilizzatore d'immagine
  - MOTION: activity detector programmabile
  - ANALISI VIDEO INTELLIGENTE: riconoscimento oggetti fissi/rimossi/passaggi in area/linea virtuale
  - 1 uscita d'allarme di tipo open-collector
  - •SHUTTER: manuale 1/50 – 1/10Ksec
  - Privacy zone poligonale (12)
  - Zoom digitale da 2x a 16x
  - OSD multilingua con generatore di caratteri (54)
  - Obiettivi C/CS tipo DC o Video Drive
  - CCVC: controllo via cavo coassiale (con VSCX-RD100)
  - Parametrizzazione via RS485 multiprotocollo
  - Convertitore A/D a 12 bit
  - Consumo: 3,8 W
  - Custodia da esterno in policarbonato con tettuccio e riscaldamento IP66; alimentazione 220Vac

Le immagini rilevate dalle telecamere verranno gestite dal sistema di supervisione ubicato nella centrale di controllo dell'area portuale e memorizzata su hard disk.



## 10. IMPIANTO FOTOVOLTAICO

---

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato come da apposito progetto. Per tale ragione, per il dettaglio delle caratteristiche tecniche si rimanda alle tavole grafiche e agli elaborati di riferimento.

### 10.1 Principali opere da realizzare

---

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico può essere sinteticamente riassunta nelle seguenti lavorazioni:

- a)* installazione sulle coperture dei supporti per i pannelli fotovoltaici;
- b)* posa dei pannelli fotovoltaici sui supporti;
- c)* posa in opera delle canaline, tubazioni e cavi necessari ai fini della distribuzione;
- d)* posa e cablaggio dei quadri di campo;
- e)* posa degli inverter dentro apposita struttura prefabbricata;
- f)* posa delle cabine per i trasformatori e per i quadri di media e bassa tensione;
- g)* posa della cabina per il vano enel e misura;
- h)* collegamento al punto di consegna della fornitura ENEL dell'impianto fotovoltaico.

Le opere su menzionate potranno essere svolte contemporaneamente, purché non vengano meno le condizioni di sicurezza per i lavoratori.

---

<sup>8</sup> Non ai fini della tariffa incentivante del GSE, ma per un aspetto meramente estetico.

---

## 10.2 Descrizione generale

---

L'impianto fotovoltaico può essere suddiviso nelle seguenti parti:

- a) il campo fotovoltaico;
- b) i quadri di campo;
- c) la rete in c.c.;
- d) il sistema di condizionamento della potenza (PCS);
- e) cabina elettrica di trasformazione

Si procede di seguito a descrivere in maniera sintetica il ruolo e le caratteristiche principali che devono possedere le singole parti componenti.

---

### 10.3 Generatore fotovoltaico

---

Come generatore fotovoltaico si intende la parte di impianto che dai moduli si estende fino al dispositivo del generatore ovvero al primo sezionamento utile a valle del sistema di conversione. Il generatore è esercito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra).

I singoli moduli saranno collegati in serie tra loro per formare le stringhe, che a loro volta saranno collegate in parallelo per mezzo dei quadri di campo, i quali a loro volta saranno collegati agli inverter.

Gli inverter saranno collegati in parallelo tra loro all'interno dei quadri di parallelo posti lato c.a.

---

### 10.4 Il pannello fotovoltaico

---

L'elemento principale del generatore fotovoltaico sono i moduli fotovoltaici. I moduli scelti, d'ora in poi denominati "pannelli", come detto sono di due tipi, al "silicio policristallino" ed al "silicio microamorfo".

I pannelli, se colpiti dai raggi solari, trasformano l'energia fotonica in energia elettrica tramite processo fotoelettrico. La connessione in serie ed in parallelo dei moduli realizza il campo fotovoltaico che può essere assimilato ad uno o più generatori di energia elettrica in corrente continua tra essi accoppiati.

Il campo fotovoltaico è dunque composto da gruppi di pannelli adiacenti connessi in serie; tale composizione è comunemente detta "stringa".

Il numero di moduli da connettere in una stringa varia in funzione della tensione di ingresso richiesta dai sistemi di conversione, la caratteristica elettrica V-I di una stringa è infatti pari alla somma in corrente delle caratteristiche dei singoli moduli che la compongono. Il numero di moduli di stringa caratterizzerà pertanto il livello di tensione della parte di impianto in corrente continua, mentre il numero di stringhe che si prevede di installare in parallelo determinerà la potenza nominale dell'impianto.

---

### 10.5 I quadri di campo

---

Il quadro di campo assolve a quattro differenti compiti: effettuare il parallelo di più stringhe, assicurare una protezione selettiva dai guasti sul campo fotovoltaico, proteggere la parte di impianto a valle da sovratensioni condotte provenienti dal campo fotovoltaico, permettere la manutenzione dell'impianto sezionando le stringhe su cui si vuole intervenire.

Il quadro di campo sarà pertanto composto da n.1 sezionatore con fusibile per ogni stringa e da n.2 scaricatori per limitare la tensione residua di eventuali sovratensioni condotte.

Al fine di permettere la manutenzione della linea elettrica andrà inoltre inserito un sezionatore per la linea in uscita dal quadro di campo

## 10.6 Inverter

---

Il gruppo di conversione è composto dal componente principale "inverter" e da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili.

Le caratteristiche principali sono riassunte qui di seguito:

- a) inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse with modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione a frequenza del campo normale", in conformità a quanto prescritto per sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20;
- b) Ingresso cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT;
- c) alta efficienza di conversione;
- d) rispondente alle certificazioni EMC, en61000-6-3, EN61000-6-4;
- e) conformità alle prescrizioni della "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione", Ed. I, Dicembre 2008;
- f) conformità alla norma CEI 0-16, Ed. II, Luglio 2007 e s.m. e i.

## 10.7 Cabina elettrica di trasformazione

---

Per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete di distribuzione in media tensione sarà realizzata una cabina di trasformazione, a tale scopo verranno utilizzate le cabine di trasformazione utilizzate per la distribuzione di energia elettrica l'interno delle struttura.

## 10.8 Dotazione impiantistica

---

Successivamente, con il termine "cabina" si intenderà l'insieme di tutti i locali prefabbricati entro cui trovano ubicazione le seguenti apparecchiature, aventi nel funzionamento della centrale fotovoltaica la mansione di convertire e trasformare le grandezze elettriche del sistema così da consentirne la connessione alla rete di distribuzione dell'Enel, nonché proteggere gli impianti e le persone dalle situazioni anomale di funzionamento degli impianti elettrici:

- a) il Dispositivo e la Protezione Generale del Cliente<sup>9</sup>;
- b) il Dispositivo e la Protezione di Interfaccia del Generatore<sup>10</sup>;
- c) il Power Center;
- d) il Dispositivo del Generatore (DGen)
- e) il Sistema di Condizionamento della Potenza (PCS);
- f) il misuratore dell'energia prodotta.

Il DI rappresentano il punto di confine tra l'impianto di produzione e le utenze della struttura

### 10.9 Sistema di telecontrollo

---

È prevista l'installazione di un sistema di telecontrollo attraverso il quale il gestore dell'impianto fotovoltaico potrà:

- a) monitorare lo stato di efficienza dei principali elementi, quali moduli ed inverter;
- b) conoscere in tempo reale le grandezze elettriche principali del sistema, in particolare la produzione di energia elettrica e la potenza generata;
- c) essere avvisato per e-mail, sms o altra via, qualora si verificano guasti all'impianto.

### 10.10 Cablaggi elettrici e cavidotti

---

I collegamenti dai pannelli in copertura sino ai quadri di campo dovranno essere effettuati con cavo solare, il quale possiede caratteristiche idonee a permetterne la posa in mista (in aria libera ed in canale metallico), oltre a preservare un elevato livello di isolamento del sistema in corrente continua. Il cavo solare previsto è del tipo unipolare, antifiama, con tensione di isolamento di 2,5/5 kV (c.c.) per l'ottenimento di un isolamento rinforzato anche in caso di impianti realizzati con un elevato campo di tensione. Sia l'isolante che la guaina sono ottenuti senza l'impiego di alogeni e con processo di polimerizzazione per irradiazione che ne innalza la temperatura nominale di utilizzo e la resistenza ad agenti atmosferici.

Per il tratto di collegamento dai quadri di campo sino alle porzioni di campo fotovoltaico si impiegherà un apposito canale collocato in copertura.

Il collegamento elettrico tra i quadri di campo e l'inverter sarà effettuato tramite cavo del tipo FG7(O)-R e sarà collocato in una canalizzazione appositamente realizzata.

I cavi elettrici dovranno essere dimensionati in accordo con le prescrizioni della norma CEI 64-8, così come la scelta dei canali e delle tubazioni dovrà rispettare quanto richiesto dalla norma in materia di dimensioni minime.

---

<sup>9</sup> Definiti come CEI 0-16, Ed. II Luglio 2008, abbreviati con gli acronimi DG e PG.

<sup>10</sup> Definiti come CEI 0-16, Ed. II Luglio 2008, abbreviati con gli acronimi DI e PI.

I riempimenti dei cavidotti e dei canali dovranno rispettare quanto prescritto dalla normativa tecnica di riferimento CEI 64-8, in particolare:

- riempimento inferiore al 50% della sezione utile per passerelle e canali;
- riempimento di tubazioni e cavidotti con cavi in fascio la cui circonferenza circoscritta sia 1,3 volte inferiore al diametro esterno del condotto ospitante.

#### 10.11 Impianto di terra e protezione delle persone dai contatti elettrici

---

Il sistema di alimentazione a cui verrà connesso l'impianto fotovoltaico sarà del tipo TN-S.

La protezione delle persone dai contatti elettrici indiretti, così come le caratteristiche dimensionali dell'impianto di terra, dovranno rispettare quanto prescritto dalle vigenti norme CEI 11-1 e CEI 64-8. Dato che il sistema di distribuzione è del tipo TN-S, l'impianto di terra sarà unico per la media e per la bassa tensione; allo stesso verrà inoltre collegato anche il neutro.

## **11. ADEMPIMENTI LEGISLATIVI**

---

Così come prescritto dal DM 37/08 a lavori ultimati l'impresa installatrice dovrà rilasciare le dichiarazioni di conformità per ogni singolo impianto corredate degli allegati obbligatori.

Inoltre entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto il Rappresentante Legale dovrà provvedere alla denuncia dell'impianto di messa a terra secondo il DPR 462/01.

Tale denuncia dovrà essere trasmessa mediante apposito modulo all'ISPESL ed all'ASP di competenza.

**Il Progettista**

Ing. Paolo Calafiore