

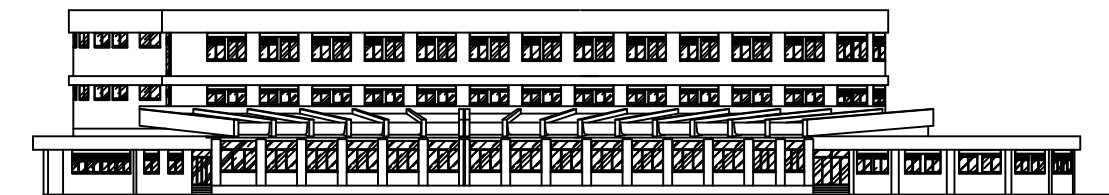


# *Libero Consorzio Comunale di Trapani*

## *5° Settore Lavori Pubblici*

LICEO SCIENTIFICO "P. RUGGERI" DI MARSALA (TP)  
Lavori urgenti di adeguamento e adattamento in conseguenza  
dell'emergenza sanitaria da COVID-19 - via G. Falcone  
CUP: H87H21004260006

### PROGETTO ESECUTIVO



PROSPETTO PRINCIPALE NORD

| N. Elaborato | Oggetto Elaborato                                     | Scala |
|--------------|-------------------------------------------------------|-------|
| P.E.05       | Relazione tecnica specialistica<br>impianto elettrico | -     |

Trapani 07-10-2021

Progettista:

Arch. Antonino Gandolfo

Spazio riservato ai visti - pareri ed approvazione

Il Verificatore

Il Responsabile del Procedimento  
Geom. Antonino Fontana

## SOMMARIO

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SOMMARIO</b>                                                 | <b>1</b>  |
| <b>1- PREMESSA</b>                                              | <b>2</b>  |
| <b>2- NORME DI RIFERIMENTO</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>3- DESCRIZIONE DEI LOCALI</b>                                | <b>5</b>  |
| <b>4- ALIMENTAZIONE DEGLI IMPIANTI</b>                          | <b>5</b>  |
| <b>5- GENERALITÀ SULL'INTERVENTO DI PROGETTO</b>                | <b>6</b>  |
| <b>6- PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI</b>                  | <b>26</b> |
| <b>7- PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI</b>                | <b>26</b> |
| <b>8- QUADRI ELETTRICI</b>                                      | <b>27</b> |
| <b>9- SELETTIVITÀ</b>                                           | <b>28</b> |
| <b>10- ILLUMINAZIONE</b>                                        | <b>28</b> |
| <b>11- ALIMENTAZIONE ED ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA</b>          | <b>29</b> |
| <b>12- PRESCRIZIONI GENERALI</b>                                | <b>29</b> |
| <b>13- VERIFICHE ALL'IMPIANTO</b>                               | <b>30</b> |
| <b>14- PRECISAZIONI IN MERITO ALL'APPLICAZIONE DEL DM 37/08</b> | <b>30</b> |
| <b>15- SCHEMI UNIFILARI</b>                                     | <b>32</b> |

## **1- PREMESSA**

La presente relazione di progetto riguarda l'adeguamento dell'impianto elettrico secondo il D.M. 37/08 delle opere previste nel progetto esecutivo relativo ai lavori *"Lavori urgenti di adeguamento e adattamento in conseguenza dell'emergenza sanitaria da COVID-19 - via G. Falcone"* del plesso sito in via G. Falcone del Liceo Scientifico "P. Ruggeri" – Marsala (TP) – Cod. ed. 08110112545 - Cod. ed. 08110112546, con riferimento specifico all'impianto elettrico della ex casa del custode, da adibire oggi ad uffici.

Il presente progetto è stato elaborato tenendo conto delle specifiche esigenze in relazione alla destinazione dei locali, così come previsto in progetto.

Si evidenziano nei paragrafi successivi i requisiti progettuali degli impianti stabiliti in funzione delle caratteristiche di utilizzazione.

Ci si è impegnati nel prevedere una razionale installazione ed una facile sezionabilità dell'impianto, ciò allo scopo di avere una accettabile affidabilità in caso di eventuali guasti per sovraccarichi o cortocircuiti locali, nonché, di poter circoscrivere i conseguenti disservizi. Quanto sopra garantisce anche una facilità di manutenzione ed una economia di gestione.

Tutti i materiali e le apparecchiature proposti, oltre che rispondere alle normative C.E.I., corrispondono anche alle tabelle di unificazione CEI-UNEL esistenti, nonché al Decreto Ministeriale 37/08. La rispondenza dei materiali alle prescrizioni di cui sopra sarà attestata dalla presenza del marchio IMQ.

La progettazione è stata concepita, per quanto riguarda gli schemi principali di distribuzione, tale da poter offrire impianti completi e funzionanti dal punto di fornitura di energia sino ai punti di utilizzazione.

## 2- NORME DI RIFERIMENTO

Per la progettazione dell'impianto si è fatto riferimento alle seguenti leggi e normative tecniche (CEI):

- Legge 186 del 1° marzo 1968  
"Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione e impianti elettrici ed elettronici";
- Decreto Ministeriale n° 37 del 22 Gennaio 2008  
"Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 2000 IV Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 II Ed. (IEC 60909-0:2001-07): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 I Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIII 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 Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 64-8 VII Ed. 2012: 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 2012: 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.
- CEI 17-43 II Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 II Ed. 2004: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.
- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.

### **3- DESCRIZIONE DEI LOCALI**

La struttura oggetto degli interventi di adeguamento ed adattamento in conseguenza dell'emergenza sanitaria da COVID-19 è ubicata nel Comune di Marsala, in via G. Falcone ed è destinata ad edificio scolastico sede del Liceo Scientifico "P. Ruggeri".

Il Complesso scolastico in argomento è composto da diversi corpi di fabbrica che compongono un unico edificio scolastico che si sviluppa su 3 livelli, con annessa palestra, inseriti in un'area di circa mq. 15.720,00. Il tutto di proprietà dell'ex Provincia Regionale di Trapani ora Libero Consorzio Comunale di Trapani. Strutturalmente tutti i corpi di fabbrica sono stati realizzati con struttura portante in calcestruzzo armato intelaiata mentre le tomagnature sono state realizzate con elementi di calcarenite. I solai sono in latero-cemento, o come nel caso della palestra e di altri ambienti, in elementi di calcestruzzo armato precompresso. Il corpo centrale si sviluppa su tre piani fuori terra ed ospita le classi, i laboratori, oltre ad una aula magna, uffici e servizi. Sono, inoltre, presenti alcuni locali tecnici esterni, adiacenti all'edificio e la ex casa del custode, ad oggi non in pessimo stato di conservazione ed adibita a locali di sgombero.

L'adeguamento dell'impianto elettrico sarà effettuato in tutti i locali presenti all'interno dell'edificio ex casa del custode da destinare ad uffici.

### **4- ALIMENTAZIONE DEGLI IMPIANTI**

In progetto si prevede di rispettare quanto più possibile la conformazione dell'impianto esistente.

In particolare, si intende mantenere integralmente le parti che vanno dalla cabina di consegna ENEL, fino al quadro elettrico generale.

Sarà adeguato l'impianto elettrico dalla linea che arriva al quadro generale QEG della ex casa del custode, passando per i vari locali e fino ai punti di utenza finali. Dal QEG, dove saranno presenti le protezioni, saranno alimentate tutte le utenze interne e le linee di alimentazione suddivise per categoria (line prese, illuminazione, riscaldamento, scaldacqua).

## **5- GENERALITÀ SULL'INTERVENTO DI PROGETTO**

L'intervento in esame è da intendersi come realizzazione di nuovo impianto elettrico nei locali sopra menzionati. Poiché l'impianto in oggetto è relativo ad un immobile scolastico, ed è soggetto a normativa specifica in quanto ricadente nell'elenco delle attività soggette al controllo dei VV.F. Attività n°75 del D.P.R. 01/08/2011- n°151, ai sensi dell'art. 5 del DM 37/08 è obbligatorio un progetto a firma di tecnico abilitato.

### **Impianto elettrico**

A valle del gruppo di misura sarà installato un quadro elettrico generale (QEG), alimentato con cavi unipolari tipo FG16(O)M16 – 0,6/kV aventi sezione adeguata alla potenza impegnata.

Il quadro elettrico conterrà l'interruttore magnetotermico differenziale, generale dell'impianto, con bobina di sgancio comandata da un pulsante d'emergenza collocato all'esterno dell'edificio ed in prossimità dell'ingresso. Dal quadro QEG le linee andranno ad alimentare le varie utenze elettriche. Le linee principali sono previste con conduttori multipoli tipo FG16(O)M16 – 0,6/kV non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. La posa delle condutture è prevista in tubazione flessibile sottotraccia a parete/pavimento/soffitto.

All'interno dei locali saranno presenti delle utenze estranee agli impianti in questione, per le quali dovrà accertarsi un grado di protezione non inferiore ad IP 4X.

La scelta dei componenti elettrici dell'impianto e la loro messa in opera, dovrà essere idonea a tutti i luoghi di installazione.

### **Impianto di terra**

L'impianto di terra di cui si dispone è quello esistente del complesso, per la quale, secondo quanto dichiarato dal committente è disponibile dichiarazione di conformità degli impianti esistenti realizzati.

Dall'impianto di terra del complesso sarà derivato un conduttore di protezione con cavo tipo FG16(O)M16 – 0,6/k G/V, di sezione adeguata, che si attesterà al collettore di terra in prossimità del quadro elettrico generale (Q.G.E.).

Al collettore di terra si attestano i conduttori equipotenziali (EQ) e i conduttori di protezione (PE) di sezioni varie.

### **Prescrizioni comuni**

La scelta della sezione dei cavi è stata effettuata secondo quanto previsto dalle tabelle CEI-UNEL 35024/1 "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", imponendo una portata a regime permanente  $I_z$  maggiore della corrente di impiego  $I_b$ .

Si precisa che le sezioni di tutte le linee di alimentazione sono indicate comunque negli schemi unifilari allegati e che le derivazioni agli apparecchi di illuminazione hanno sezione minima pari ad  $1,5 \text{ mm}^2$ , mentre le derivazioni alle prese di corrente tipo domestico hanno sezione minima di  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Le giunzioni, da effettuare solo all'interno delle cassette di derivazione, sono da realizzare solo mediante appositi morsetti e/o capicorda.

La colorazione dei conduttori, in accordo con quanto previsto nella Norma CEI 64-8 e nella Norma CEI 16-4, è la seguente:

- giallo-verde per i conduttori di protezione ed equipotenziali;
- blu per i conduttori di neutro;
- qualunque altro colore, preferibilmente marrone, nero e grigio, per i conduttori di fase.

Tutti gli apparecchi di illuminazione, se non di classe II, dovranno essere provvisti di idoneo conduttore di protezione.

## 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:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

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 ( $\Sigma P_d$  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 ( $\Sigma Q_d$  a valle).

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

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

## 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:

- Condotture senza protezione derivate da una condotta 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 condotta principale.

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

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).

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.

## 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 = 92  |

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

## 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 considerati 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 si 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.

## 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 mm<sup>2</sup> rame o 16 mm<sup>2</sup> alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm<sup>2</sup> o 16 mm<sup>2</sup> alluminio 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.

## Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

esprese in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente  $\alpha_{cavo}$  è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

## 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:

$$c.d.t(ib) = \max \left( \left| \sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right| \right)_{f=R,S,T}$$

con  $f$  che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con  $n$  che rappresenta il conduttore di neutro;

con  $i$  che rappresenta le  $k$  utenze coinvolte nel calcolo;

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 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; 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.

## Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di



eseguire il calcolo dei guasti.

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI 11-25.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

## Bassa tensione

Questa può essere utilizzata quando il circuito è alimentato alla rete di distribuzione in bassa tensione, oppure quando il circuito da dimensionare è collegato in sottoquadro ad una rete preesistente di cui si conosca la corrente di cortocircuito sul punto di consegna.

I dati richiesti sono:

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA.
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA.

Dai primi due valori si determina l'impedenza diretta corrispondente alla corrente di cortocircuito  $I_{cctrif}$ , in mΩ:

$$Z_{cctrif} = \frac{V_2}{\sqrt{3} \cdot I_{cctrif}}$$

In base alla tabella fornita dalla norma CEI 17-5 che fornisce il  $\cos\phi_{cc}$  di cortocircuito in relazione alla corrente di cortocircuito in kA, si ha:

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| $50 < I_{cctrif}$         | $\cos\phi_{cc} = 0.2$  |
| $20 < I_{cctrif} \leq 50$ | $\cos\phi_{cc} = 0.25$ |
| $10 < I_{cctrif} \leq 20$ | $\cos\phi_{cc} = 0.3$  |
| $6 < I_{cctrif} \leq 10$  | $\cos\phi_{cc} = 0.5$  |
| $4.5 < I_{cctrif} \leq 6$ | $\cos\phi_{cc} = 0.7$  |
| $3 < I_{cctrif} \leq 4.5$ | $\cos\phi_{cc} = 0.8$  |
| $1.5 < I_{cctrif} \leq 3$ | $\cos\phi_{cc} = 0.9$  |
| $I_{cctrif} \leq 1.5$     | $\cos\phi_{cc} = 0.95$ |

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in  $m\Omega$ :

$$R_d = Z_{cctrif} \cdot \cos\phi_{cc}$$

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in  $m\Omega$ :

$$X_d = \sqrt{Z_{cctrif}^2 - R_d^2}$$

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase  $I_{k1}$ , è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare.

Invertendo la formula:

$$I_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2}{\sqrt{(2 \cdot R_d + R_0)^2 + (2 \cdot X_d + X_0)^2}}$$

con le ipotesi  $\frac{R_0}{X_0} = \frac{Z_0}{X_0} \cdot \cos\phi_{cc}$ , cioè l'angolo delle componenti omopolari uguale a quello delle componenti dirette, si ottiene:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot V}{I_{k1}} \cdot \cos\phi_{cc} - 2 \cdot R_d$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos\phi_{cc})^2} - 1}$$

## Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);

- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti della utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

## Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$ ;
- impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2009 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (\Delta T \cdot 0.004)} \right)$$

dove  $\Delta T$  è 50 o 70 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se  $f$  è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di

resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$\begin{aligned}R_{0cavoNeutro} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro} \\X_{0cavoNeutro} &= 3 \cdot X_{dcavo}\end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$\begin{aligned}R_{0cavoPE} &= R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE} \\X_{0cavoPE} &= 3 \cdot X_{dcavo}\end{aligned}$$

dove le resistenze  $R_{dcavoNeutro}$  e  $R_{dcavoPE}$  vengono calcolate come la  $R_{dcavo}$ .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$\begin{aligned}R_{0sbarraNeutro} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro} \\X_{0sbarraNeutro} &= 3 \cdot X_{dsbarra}\end{aligned}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$\begin{aligned}R_{0sbarraPE} &= R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE} \\X_{0sbarraPE} &= 2 \cdot X_{anello\_guasto}\end{aligned}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$\begin{aligned}R_d &= R_{dcavo} + R_{dmonte} \\X_d &= X_{dcavo} + X_{dmonte} \\R_{0Neutro} &= R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro} \\X_{0Neutro} &= X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro} \\R_{0PE} &= R_{0cavoPE} + R_{0montePE} \\X_{0PE} &= X_{0cavoPE} + X_{0montePE}\end{aligned}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutr \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase  $I_{kmax}$ , fase neutro  $I_{k1Neutromax}$ , fase terra  $I_{k1PEmax}$  e bifase  $I_{k2max}$  espresse in kA:

$$\begin{aligned} I_{k \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}} \\ I_{k1Neutr \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr \min}} \\ I_{k1PE \max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}} \\ I_{k2 \max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}} \end{aligned}$$

Infine, dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1Neutro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr \max}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto,  $I_p$  può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente  $k = 1.8$  che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

## Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11-25 par 2.5 per quanto riguarda:

- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione di 0.95 (tab. 1 della norma CEI 11-25);
- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;
- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

| Isolante          | Cenelec R064-003 [°C] | CEI EN 60909-0 [°C] |
|-------------------|-----------------------|---------------------|
| PVC               | 70                    | 160                 |
| G                 | 85                    | 200                 |
| G5/G7/G10/EPR     | 90                    | 250                 |
| HEPR              | 120                   | 250                 |
| serie L rivestito | 70                    | 160                 |
| serie L nudo      | 105                   | 160                 |

|                   |     |     |
|-------------------|-----|-----|
| serie H rivestito | 70  | 160 |
| serie H nudo      | 105 | 160 |

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0Neutro} = R_{0Neutro} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k1min}$  e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1Neutr\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

## Scelta delle protezioni

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 dell'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 ( $I_{mag\ max}$ ).

## 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:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- 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:

- 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  $I_b$ ).
- L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
  - $I_{ccmin} \geq I_{inters\ min}$ .
- 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  $K^2S^2$  e la  $I_z$  dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita 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.

## **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:

- 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;
- 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);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- 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).
- 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).
- 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.

Nelle valutazioni 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.

## 6- PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Si intende per contatto diretto il contatto con una parte dell'impianto normalmente in tensione, compreso il conduttore di neutro.

La protezione contro i contatti diretti verrà ottenuta mediante le seguenti misure di protezione totale:

- isolamento delle parti attive rimovibile solo mediante distruzione dello stesso, realizzato con materiale adeguato alla tensione nominale e verso terra e resistente alle sollecitazioni meccaniche, agli sforzi elettrodinamici e termici ed alle alterazioni chimiche cui può essere sottoposto durante l'esercizio;
- adozione di involucri aventi grado minimo di protezione pari a IPX2 per le pareti verticali e non inferiori a IPX4 per le superfici orizzontali superiori, data la maggiore facilità per gli agenti esterni di entrare in contatto con le parti attive interne;
- utilizzo supplementare di interruttori differenziali ad altissima sensibilità ( $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$ ).

## 7- PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Si definisce contatto indiretto il contatto di persone con una massa, o con una parte conduttrice in contatto con la massa, in tensione per un guasto di isolamento.

Le masse metalliche degli apparecchi utilizzatori dovranno essere collegate al conduttore di protezione (PE) di sezione  $S_p$ .

Le masse estranee, quali condutture idriche, infissi metallici, ed ogni altro corpo metallico non facente parte dell'impianto elettrico, suscettibile di introdurre il potenziale di terra, dovranno essere collegate ad un conduttore equipotenziale in rame di sezione pari alla metà di quella del conduttore di protezione di sezione maggiore dell'impianto con un minimo di  $S_{eq}=6\text{mm}^2$  ed un massimo di  $S_{eq}=25\text{mm}^2$ , distinto dal conduttore di protezione e facente capo al collettore di terra.

Dovranno inoltre essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- tutte le prese a spina devono essere dotate del contatto di terra che dovrà essere collegato al conduttore di protezione;
- I dispositivi automatici di protezione devono essere coordinati con l'impianto di terra in modo tale che sia soddisfatta la relazione:

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

dove  $I_{dn}$  è il valore in ampere della più grande corrente differenziale nominale di intervento degli interruttori differenziali posti a protezione dell'impianto, e  $R_A$  è il valore in ohm della somma delle resistenze dei conduttori di protezione (PE) e dei dispersori di terra.

La resistenza  $R_A$  coincide sensibilmente con la resistenza di terra  $R_T$ , poiché, rispetto a questa, la resistenza dei conduttori di protezione è in genere trascurabile.

La  $U_L$ , detta tensione di contatto limite, è la tensione di contatto a vuoto corrispondente al tempo di intervento di 5 secondi secondo la curva di sicurezza tensione-tempo.

Per gli ambienti ordinari, il valore di  $U_L$  è 50 V.

Il soddisfacimento di questa relazione è in pratica assicurato dall'adozione d'interruttori differenziali ad alta sensibilità (CEI 23-18), infatti con  $I_{dn}$  massima pari a 1 A si ricava una  $R_A$  massima di circa 50 ohm.

Per la protezione dai contatti indiretti nell'impianto in oggetto si è scelto infatti proprio il sistema di protezione mediante interruzione automatica dei circuiti di alimentazione utilizzando sui circuiti terminali interruttori magnetotermici differenziali con corrente differenziale di intervento pari a 1 A (vedasi schemi unifilari allegati).

## **8- QUADRI ELETTRICI**

I quadri previsti per il comando, il sezionamento e la protezione delle linee di distribuzione rendono possibile il controllo dell'intero impianto, permettendo di agire sugli interruttori in caso di normale manutenzione e di proteggere le linee in partenza.

I quadri dovranno essere certificati con apposita targa apposta dalla ditta che realizza l'assemblaggio.

I cablaggi interni di tutti i quadri dovranno essere realizzati ove possibile con morsettiera e conduttori di sezione opportuna secondo gli schemi allegati, e la funzione degli apparecchi dovrà essere contraddistinta da apposite targhette.

Per i quadri proposti è stata effettuata con esito positivo la verifica della sovratemperatura massima ammissibile, nell'ipotesi di coefficienti di contemporaneità e di utilizzazione pari a 1 (condizione di tutto acceso contemporaneamente).

## 9- SELETTIVITÀ

La selettività orizzontale e verticale dai contatti indiretti è garantita dall'installazione di interruttori differenziali con  $I_{dn}=0.03$  A per ogni circuito o gruppo di circuiti terminali.

La selettività per la protezione dai sovraccarichi e da cortocircuiti è comunque garantita con l'installazione di interruttori a protezione di ciascun circuito, come si evince dagli schemi unifilari in allegato.

## 10- ILLUMINAZIONE

L'illuminamento (E) di una superficie è definito come il rapporto tra flusso luminoso ( $\Phi$ ) che incide perpendicolarmente e l'area della superficie (S):

$$E = \frac{\Phi \text{ [lumen]}}{S \text{ [Watt]}}$$

L'illuminamento di una superficie dipende dal flusso luminoso ricevuto dalla superficie stessa. In genere, l'illuminamento viene calcolato e/o misurato sul piano di lavoro ad una altezza di 0,85 m dal pavimento.

Al fine di svolgere le diverse attività nelle condizioni ottimali di visibilità, è richiesto, per i diversi ambienti, un livello minimo di illuminamento che potrà essere garantito facendo ricorso alle diverse tipologie di lampade presenti sul mercato. Bisogna, inoltre, verificare che il rapporto fra gli illuminamenti minimo e medio, che si registrano nell'area di lavoro, non sia inferiore a 0,8, ciò al fine di ottenere una certa uniformità di illuminamento su tutta la superficie.

Il metodo utilizzato per il dimensionamento illuminotecnico dell'impianto è il metodo del flusso totale semplificato. Questo metodo fornisce la potenza complessiva delle lampade P, in watt, mediante l'utilizzo della formula:

$$P = 0,1 \times K_i \times S \times E \text{ [watt]}$$

avendo indicato con:

- S la superficie del locale, o della porzione del locale, da illuminare in  $m^2$ ;
- E l'illuminamento medio da ottenere in esercizio in lux fornito dalle normative vigenti e dipendenti dal tipo di ambiente;
- $K_i$  il coefficiente che rappresenta la potenza in watt, che deve avere un determinato tipo di lampada con una determinata efficienza luminosa per ottenere un illuminamento medio di 10 lux su una superficie di  $1 m^2$ .

La potenza così ottenuta, sarà incrementata di un 25% al fine di tenere conto della diminuzione nel tempo dell'efficienza dell'impianto di illuminazione.

Il numero necessario di lampade viene ottenuto dividendo la potenza complessiva calcolata per la potenza commerciale unitaria della lampada scelta, in watt, esclusa la potenza dissipata negli alimentatori o trasformatori.

Tutti i corpi illuminanti e gli apparecchi di comando, interruttori e pulsanti previsti dovranno essere idonei al luogo di installazione.

## **11- ALIMENTAZIONE ED ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA**

Si è prevista un'idonea illuminazione di sicurezza, atta a garantire un livello d'illuminamento minimo di 5 lux in prossimità delle vie d'uscita, la cui autonomia, concordemente con quanto riportato nella Norma CEI 64-8 p.752.56.1, è fissata in 1h, ritenendo comunque tale valore adatto alle esigenze espresse dal committente.

## **12- PRESCRIZIONI GENERALI**

Tutti i materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni, impianti elettrici ed elettronici, devono essere realizzati e costruiti secondo le norme emanate dal CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) e successive modifiche ed integrazioni vigenti all'atto dell'esecuzione dei lavori. Tutti i materiali da installare devono corrispondere infatti alle relative norme CEI ed alle tabelle d'unificazione CEI-UNEL conformemente alle disposizioni contenute nella circolare n.85 dell'8 novembre 1966 "Vigilanza in materia di prevenzione presso i costruttori e commercianti di materiali elettrici" del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale.

Tutti gli impianti dovranno essere eseguiti secondo le norme vigenti ed in conformità alle particolari prescrizioni delle autorità ed enti distributori, le sezioni dei conduttori, le apparecchiature ed i sistemi di protezione generale e particolare degli impianti dovranno essere quelle prescritte nelle citate norme.

I materiali da impiegare nell'esecuzione degli impianti elettrici e d'illuminazione, dovranno essere di ottima qualità e solidità ed inoltre tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive e termiche, marchiate CE e, alcune, certificate dall'I.M.Q.

## **13- VERIFICHE ALL'IMPIANTO**

L'esecutore dell'impianto elettrico e di messa a terra deve effettuare sullo stesso, al termine dei lavori e prima della messa in servizio, le seguenti verifiche, peraltro indicate anche al Capitolo 61 della Norma CEI 64-8:

- esame a vista;
- prove di funzionamento;
- continuità dei conduttori di protezione;
- resistenza di isolamento dell'impianto;
- verifica della separazione dei circuiti;
- verifica dell'esecuzione dell'equalizzazione del potenziale (con misura della resistenza dei conduttori relativi);
- verifica della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione e misura della resistenza di terra.

## **14- PRECISAZIONI IN MERITO ALL'APPLICAZIONE DEL DM 37/08**

Nel caso specifico, in relazione all'applicazione del DM 37/08 e del DPR 462/01 si precisa quanto segue:

1. Il progetto dell'impianto elettrico si è reso necessario, trattandosi specificatamente di nuovo impianto, in quanto si tratta di impianto elettrico in luogo soggetto a normativa specifica in quanto rientrante nell'elenco delle attività soggette al controllo dei vigili del fuoco (D.P.R. 01/08/2011- n°151);
2. Il committente è tenuto ad affidare i lavori inerenti questo progetto ad imprese installatrici abilitate (art. 8 del DM 37/08); pertanto, prima di affidare i lavori, il committente dovrà richiedere all'impresa installatrice il relativo certificato di abilitazione rilasciato dalla Camera di Commercio;
3. Al termine dei lavori l'impresa installatrice è tenuta a rilasciare al committente la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati, sottoscritta dal titolare o legale rappresentante dell'impresa stessa, cui fanno parte integrante la relazione sulla tipologia dei materiali utilizzati ed il presente progetto (art.7 legge 37/08);
4. La dichiarazione di conformità, in base all'art.7 comma 1 del DM 37/08, deve essere resa sulla base del modello presente all'allegato I dello stesso DM;

5. In relazione alla presenza di personale dipendente si ricorda l'obbligo del datore di lavoro (così come definito dal D. Lgs 81/2008 e ss.mm.ii.) di effettuare l'omologazione dell'impianto di messa a terra entro 30 giorni dalla messa in servizio degli impianti inviando la dichiarazione di conformità rilasciata dall'installatore all'ISPESL e all'ASL (DPR 22/10/2001 n.462).

Trapani, li 07/10/2021

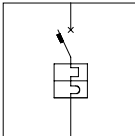
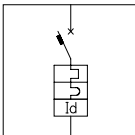
Il RUP  
Geom. Antonino Fontana

Il Progettista  
Arch. Antonino Gandolfo



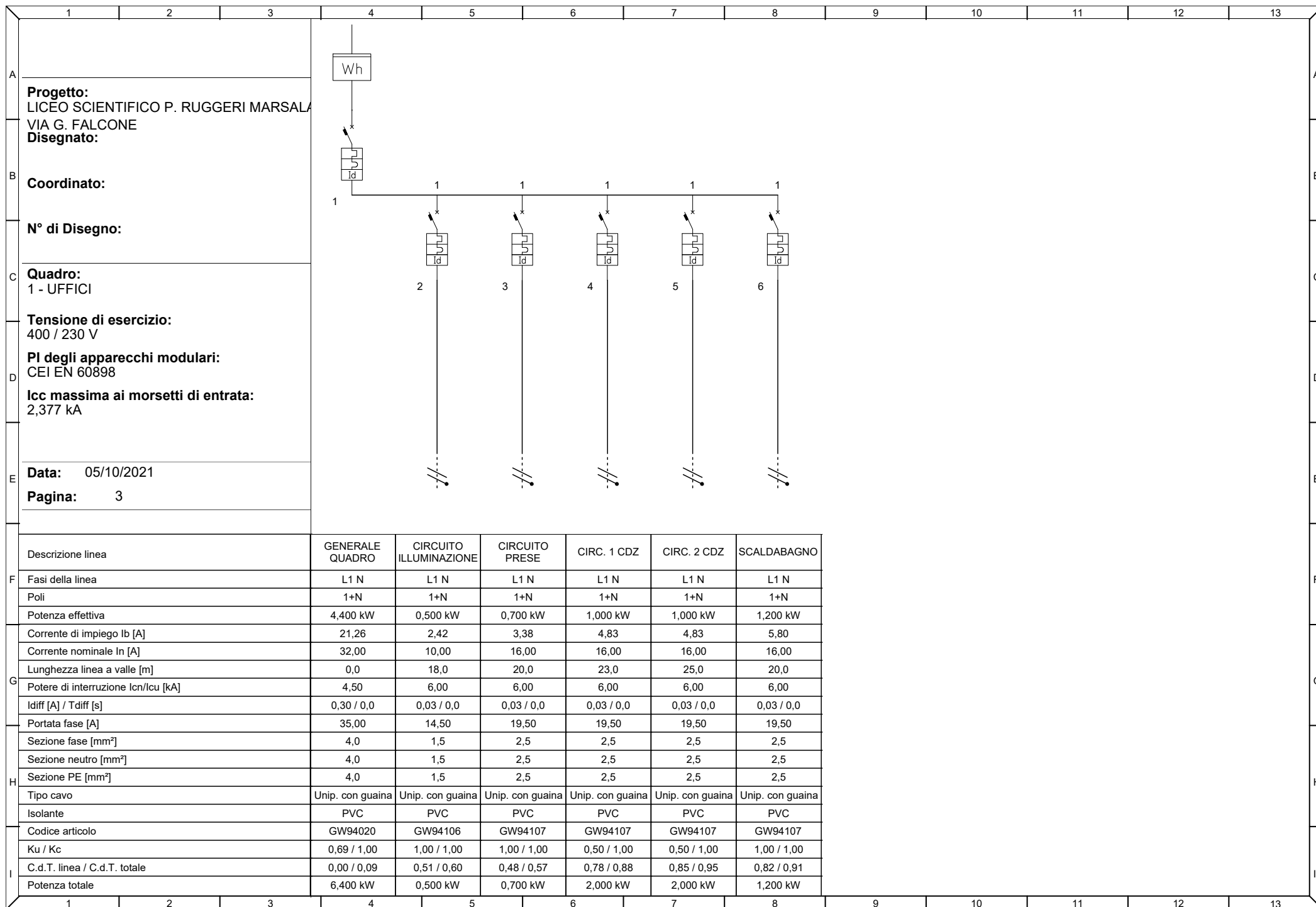
## **15- SCHEMI UNIFILARI**

|   | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 | 3 | 4                     | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-----------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| A | <b>Progetto:</b><br>LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA C<br>FALCONE<br><b>Disegnato:</b><br><br><b>Coordinato:</b><br><br><b>N° di Disegno:</b><br><br><b>Tensione di esercizio:</b><br>400 / 230 V<br><br><b>Sistema di Distribuzione:</b><br>TT<br><br><b>Data:</b> 05/10/2021<br><b>Pagina:</b> 1 |   |   | <div>1 - UFFICI</div> |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| B |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |                       |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| C |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |                       |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| D |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |                       |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| E |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |                       |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| F | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   | UFFICI                |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| G | Alimentazione - Sezione di Fase [mm²]                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   | 4,0                   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Alimentazione - Sezione di Neutro [mm²]                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   | 4,0                   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Alimentazione - Sezione di PE [mm²]                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | 4,0                   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Alimentazione - Icc massima ai morsetti di entrata [kA]                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   | 2,377                 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Alimentazione - Corrente Fase L1 [A]                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   | 21,26                 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| H | Alimentazione - Corrente Fase L2 [A]                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   | 0,00                  |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Alimentazione - Corrente Fase L3 [A]                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   | 0,00                  |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Alimentazione - Corrente Fase N [A]                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   | 21,26                 |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | Calcolo del potere di interruzione                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   | Icn / Icu             |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | PI degli apparecchi modulari secondo la norma                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   | CEI EN 60898          |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| I | Note                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |                       |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|   | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 | 3 | 4                     | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

|   |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------|---|---|---|---|----------------|---|----|---------|----|----|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|   | 1                                                                                 | 2 | 3                                         | 4 | 5 | 6 | 7 | 8              | 9 | 10 | 11      | 12 | 13 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   | Legenda simboli intero impianto                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A |  |   | Interruttore magnetotermico               |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | A |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| B |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | B |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C |  |   | Interruttore magnetotermico differenziale |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | C |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| E |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | E |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| F |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | F |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | G |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| H |                                                                                   |   |                                           |   |   |   |   |                |   |    |         |    |    | H |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| I |                                                                                   |   | Disegnato:                                |   |   |   |   | N° di Disegno: |   |    |         |    |    | I |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   |                                                                                   |   | Coordinato:                               |   |   |   |   | Data:          |   |    | Pagina: |    |    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   | 1                                                                                 | 2 | 3                                         | 4 | 5 | 6 | 7 | 8              | 9 | 10 | 11      | 12 | 13 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

05/10/2021

2



**Documento:** LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

## **Dati di progetto**

---

**Disegnatore:**

**Coordinatore:**

**N° di disegno:**

**Tensione di esercizio [V]:** 400 (400) / 230 (230)

**C.d.t. massima totale ammessa nell'impianto:** 4,0 %

**Potenza totale impianto:** 6,400 kW

**Corrente totale impianto:** 21,26 A

**Corrente nominale impianto:** 32,00 A

**Fasi dell'impianto:** L1 N

**Icc massima ai morsetti d'entrata:** 2,377 kA

**Alimentazione - Sezione di Fase:** 4,0 mm<sup>2</sup>

**Alimentazione - Sezione di Neutro:** 4,0 mm<sup>2</sup>

**Alimentazione - Sezione di PE:** 4,0 mm<sup>2</sup>

**Alimentazione - Corrente fase L1:** 21,26 A

**Alimentazione - Corrente fase L2:** 0,00 A

**Alimentazione - Corrente fase L3:** 0,00 A

**Alimentazione - Corrente neutro N:** 21,26 A

**Sistema di Distribuzione:** TT

**Corrente di c.to c.to presunta trifase nel punto di consegna:** 4,50 kA

**Corrente di c.to c.to presunta fase-neutro nel punto di consegna:** 2,60 kA

**Contributo motori alla corrente di c.to c.to:** No

**Documento:** LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

**Dati quadro**

---

**Quadro n°:** 1

**Descrizione:** UFFICI

**Metodo di calcolo del Potere di Interruzione:**  $I_{cn}$  /  $I_{cu}$

**Potere di Interruzione degli apparecchi modulari secondo la norma:** CEI EN 60898

**Metodo di selezione della taratura:**  $I_n = I_b$

**Protezione di Back-Up:** No

**Collegamento in morsettiera:** No

**Cablaggio interno al Quadro:** No

**Livello massimo per il quadro:** 5

**Sezione minima abilitata:** 1,5 mm<sup>2</sup>

**Taratura minima abilitata:** 1,00 A

**Potenza quadro:** 6,400 kW

**Corrente totale quadro:** 21,26 A

**Corrente nominale quadro:** 32,00 A

**Fasi in ingresso:** L1 N

**Icc massima ai morsetti d'entrata:** 2,377 kA

**Alimentazione - Sezione di Fase:** 4,0 mm<sup>2</sup>

**Alimentazione - Sezione di Neutro:** 4,0 mm<sup>2</sup>

**Alimentazione - Sezione di PE:** 4,0 mm<sup>2</sup>

**Alimentazione - Corrente fase L1:** 21,26 A

**Alimentazione - Corrente fase L2:** 0,00 A

**Alimentazione - Corrente fase L3:** 0,00 A

**Alimentazione - Corrente neutro N:** 21,26 A

**Note:**

**Documento:** LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

**Prezzi Marzo 2018**

**Elenco materiale Quadro n° 1 - UFFICI**

| Quantità | Articolo  | Descrizione                             | Prezzo € | Costo € |
|----------|-----------|-----------------------------------------|----------|---------|
| 1        | GW94020   | INT.MAGN.DIF.C.1P+N C32 4,5KA AC/0,3 2M | 111,00   | 111,00  |
| 1        | GW94106   | INT.MAGN.DIF.C.1P+N C10 6KA AC/0,03 2M  | 152,00   | 152,00  |
| 4        | GW94107   | INT.MAGN.DIF.C.1P+N C16 6KA AC/0,03 2M  | 152,00   | 608,00  |
| 54       | UCUPVC1,5 | Unip. con guaina - Rame - PVC - 1,5     | 0,00     | 0,00    |
| 264      | UCUPVC2,5 | Unip. con guaina - Rame - PVC - 2,5     | 0,00     | 0,00    |
| 3        | UCUPVC4,0 | Unip. con guaina - Rame - PVC - 4,0     | 0,00     | 0,00    |

**Totale :** 871,00 €

**Documento:** LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

**Prezzi Marzo 2018**

**Elenco materiale impianto**

| <b>Quantità</b> | <b>Articolo</b> | <b>Descrizione</b>                      | <b>Prezzo €</b> | <b>Costo €</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------|----------------|
| 1               | GW94020         | INT.MAGN.DIF.C.1P+N C32 4,5KA AC/0,3 2M | 111,00          | 111,00         |
| 1               | GW94106         | INT.MAGN.DIF.C.1P+N C10 6KA AC/0,03 2M  | 152,00          | 152,00         |
| 4               | GW94107         | INT.MAGN.DIF.C.1P+N C16 6KA AC/0,03 2M  | 152,00          | 608,00         |
| 54              | UCUPVC1,5       | Unip. con guaina - Rame - PVC - 1,5     | 0,00            | 0,00           |
| 264             | UCUPVC2,5       | Unip. con guaina - Rame - PVC - 2,5     | 0,00            | 0,00           |
| 3               | UCUPVC4,0       | Unip. con guaina - Rame - PVC - 4,0     | 0,00            | 0,00           |

**Totale :** 871,00 €



Documento: LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

Stampa Tabellare

| Sim. n°              | Descrizione linea      | Fasi della linea | Potenza totale | Corrente di<br>impiego Ib [A] | Corrente<br>nominale In [A] | Lunghezza<br>linea a valle [m] |  |
|----------------------|------------------------|------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|
| Quadro n° 1 - UFFICI |                        |                  |                |                               |                             |                                |  |
| 1                    | GENERALE QUADRO        | L1 N             | 6,400 kW       | 21,26                         | 32,00                       | 0,0                            |  |
| 2                    | CIRCUITO ILLUMINAZIONE | L1 N             | 0,500 kW       | 2,42                          | 10,00                       | 18,0                           |  |
| 3                    | CIRCUITO PRESE         | L1 N             | 0,700 kW       | 3,38                          | 16,00                       | 20,0                           |  |
| 4                    | CIRC. 1 CDZ            | L1 N             | 2,000 kW       | 4,83                          | 16,00                       | 23,0                           |  |
| 5                    | CIRC. 2 CDZ            | L1 N             | 2,000 kW       | 4,83                          | 16,00                       | 25,0                           |  |
| 6                    | SCALDABAGNO            | L1 N             | 1,200 kW       | 5,80                          | 16,00                       | 20,0                           |  |

Documento: LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

Stampa Tabellare

| Sim. n°              | Tipo cavo        | Isolante | Sezione fase<br>[mm²] | Portata fase [A] | Sezione neutro<br>[mm²] | Sezione PE<br>[mm²] | C.d.T. linea /<br>C.d.T. totale | Icc max inizio<br>linea [kA] |  |
|----------------------|------------------|----------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------------|--|
| Quadro n° 1 - UFFICI |                  |          |                       |                  |                         |                     |                                 |                              |  |
| 1                    | Unip. con guaina | PVC      | 4,0                   | 35,00            | 4,0                     | 4,0                 | 0,00 / 0,09                     | 2,38                         |  |
| 2                    | Unip. con guaina | PVC      | 1,5                   | 14,50            | 1,5                     | 1,5                 | 0,51 / 0,60                     | 2,38                         |  |
| 3                    | Unip. con guaina | PVC      | 2,5                   | 19,50            | 2,5                     | 2,5                 | 0,48 / 0,57                     | 2,38                         |  |
| 4                    | Unip. con guaina | PVC      | 2,5                   | 19,50            | 2,5                     | 2,5                 | 0,78 / 0,88                     | 2,38                         |  |
| 5                    | Unip. con guaina | PVC      | 2,5                   | 19,50            | 2,5                     | 2,5                 | 0,85 / 0,95                     | 2,38                         |  |
| 6                    | Unip. con guaina | PVC      | 2,5                   | 19,50            | 2,5                     | 2,5                 | 0,82 / 0,91                     | 2,38                         |  |

Documento: LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

Stampa Tabellare

| Sim. n°              | Descrizione Articolo       | Codice articolo | Potere<br>d'interruzione<br>[kA] | Modulo<br>differenziale | Idiff [A] / Tdiff<br>[s] |  |
|----------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| Quadro n° 1 - UFFICI |                            |                 |                                  |                         |                          |  |
| 1                    | MDC45 C32 1P+N Id=300mA AC | GW94020         | 4,50                             |                         | 0,30 / 0,0               |  |
| 2                    | MDC60 C10 1P+N Id=30mA AC  | GW94106         | 6,00                             |                         | 0,03 / 0,0               |  |
| 3                    | MDC60 C16 1P+N Id=30mA AC  | GW94107         | 6,00                             |                         | 0,03 / 0,0               |  |
| 4                    | MDC60 C16 1P+N Id=30mA AC  | GW94107         | 6,00                             |                         | 0,03 / 0,0               |  |
| 5                    | MDC60 C16 1P+N Id=30mA AC  | GW94107         | 6,00                             |                         | 0,03 / 0,0               |  |
| 6                    | MDC60 C16 1P+N Id=30mA AC  | GW94107         | 6,00                             |                         | 0,03 / 0,0               |  |

**Documento:** LICEO SCIENTIFICO P. RUGGERI MARSALA - VIA G. FALCONE

**Stampa Tabellare**

| Sim. n°              | Backup [kA] | Note |  |
|----------------------|-------------|------|--|
| Quadro n° 1 - UFFICI |             |      |  |
| 1                    |             |      |  |
| 2                    |             |      |  |
| 3                    |             |      |  |
| 4                    |             |      |  |
| 5                    |             |      |  |
| 6                    |             |      |  |