

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p><b>IL PROGETTISTA</b> Dott. Ing. I. Barilli Ordine Ingegneri V.C.O. n° 122 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p><b>IL CONTRAENTE GENERALE</b></p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b> Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p><b>STRETTO DI MESSINA</b> Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI CALABRIA</p> <p>INFRASTRUTTURE STRADALI - IMPIANTI TECNOLOGICI</p> <p>RAMO C</p> <p>GENERALE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI</p>	<p>CS0996_F0</p>
---	---	------------------

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	4	R	D	C	S	I	C	1	G	0	0	0	0	0	0	0	0	2	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	G. LUPI	I. BARILLI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

## INDICE

INDICE .....	3
1 Introduzione .....	5
2 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate .....	6
3 Leggi e norme di riferimento .....	7
4 Dati e requisiti di base del progetto .....	8
5 Dimensionamento apparecchiature di cabina .....	11
6 Dimensionamento linee BT .....	12
6.1 Calcolo delle correnti d'impiego .....	12
6.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi .....	13
6.2.1 Generalità .....	13
6.2.2 Modalità di posa .....	15
6.2.3 Determinazione della portata .....	21
6.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1) .....	21
6.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026) .....	27
6.2.4 Dimensionamento dei conduttori di neutro .....	30
6.2.5 Dimensionamento dei conduttori di protezione .....	31
6.2.6 Calcolo della temperatura dei cavi .....	32
6.3 Cadute di tensione .....	33
6.4 Rifasamento .....	33
6.5 Calcolo dei guasti .....	34
6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete .....	35
6.5.1.1 Trasformatori .....	35
6.5.1.2 Generatori .....	37
6.5.1.3 Motori asincroni .....	38
6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito .....	40
6.5.3 Calcolo delle correnti minime di cortocircuito .....	43
6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture .....	44
6.6.1 Generalità .....	45
6.6.2 Integrale di Joule .....	46
6.6.3 Massima lunghezza protetta .....	47
6.7 Verifica contatti indiretti .....	48

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

6.7.1	Sistema di distribuzione TN.....	48
6.8	Calcoli dimensionali linee BT.....	49
7	Dimensionamento rete MT .....	50
7.1	Protezione da sovraccarico .....	50
7.2	Verifica della caduta di tensione.....	51
7.3	Tenuta termica al corto circuito massimo .....	51
7.4	Analisi e verifiche della rete MT.....	51
8	Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici.....	53
8.1	Ventilazione e caratteristiche del locale batterie .....	53
9	Allegati .....	55

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

## 1 Introduzione

Nella presente relazione vengono illustrati le modalità ed i risultati dei calcoli di dimensionamento degli impianti elettrici di potenza MT e BT afferenti alla cabina Ramo C.

I criteri alla base della progettazione degli impianti in oggetto si possono così elencare:

- Sicurezza degli operatori, degli utenti e degli impianti
- Semplicità ed economia di manutenzione
- Scelta di apparecchiature improntata a criteri di elevata qualità, semplicità e robustezza, per sostenere le condizioni di lavoro più gravose
- Risparmio energetico
- Affidabilità degli impianti e massima continuità di servizio

Il presente documento, relativamente ai calcoli dimensionali degli impianti di Media Tensione (MT) e di Bassa Tensione (BT), intende evidenziare:

- la normativa tecnica utilizzata per il dimensionamento;
- i criteri di dimensionamento, tenendo conto dei vincoli impiantistici e della normativa vigente;
- i dati di input
- i risultati dei calcoli dimensionali e delle verifiche di calcolo necessarie per la definizione degli impianti MT e BT.

In particolare, sono descritti in generale i principali metodi di calcolo e di verifica, riportando le prescrizioni indicate dalla normativa in uso. Talvolta nei casi specifici, qualora sia necessario, potranno essere introdotte opportune ipotesi semplificative.

I risultati delle verifiche di impianto, ottenute con software commerciale o tramite fogli di calcolo, sono riportati negli allegati, a cui dovrà essere fatto riferimento anche per le sigle e la simbologia adottata.

Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche delle apparecchiature scelte, si rimanda agli elaborati grafici relativi ed in particolare agli schemi unifilari dei quadri elettrici.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

## 2 Denominazioni ed abbreviazioni utilizzate

Vengono introdotte le seguenti abbreviazioni (in ordine alfabetico):

- ac - Corrente alternata
- AD - Azienda distributrice di energia elettrica nel caso specifico sinonimo di ENEL
- AI - AntIncendio
- BT o bt - Bassa Tensione in c.a. (400/230V)
- CA - Continuità assoluta
- cc - Corrente Continua
- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
- CSA - Capitolato Speciale di Appalto
- DL - Direzione dei Lavori, generale o specifica
- FM - Forza Motrice
- GE - Gruppo Elettrogeno
- IMQ - Istituto Italiano per il Marchio di Qualità
- IMS - Interruttore di Manovra e Sezionatore
- I/O - Input/Output
- IS - Illuminazione di Sicurezza
- ME - Messina
- MT - Media Tensione in c.a.: nel caso specifico sta per 20kV
- PC - Personal Computer
- PLC - Programmable Logic Controller
- RC - Reggio Calabria
- SA - Servizi Ausiliari ordinari
- SE - Servizi ausiliari Essenziali ai fini della sicurezza
- UNEL - Unificazione Elettrotecnica Italiana
- UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione
- VE - Impianti di ventilazione
- VVF - Vigili del Fuoco
- UPS - Gruppo di Continuità Assoluta

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

### 3 Leggi e norme di riferimento

Nello sviluppo del progetto definitivo delle opere impiantistiche descritte nel presente documento, oltre ai riferimenti legislativi, alle circolari ed alle norme tecniche indicate nel documento GCG.F.01.02 (Ottobre 2004), sono stati considerati, in particolare, anche i seguenti riferimenti:

- 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 – Luglio 2008
- Norma CEI 11-1 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali”
- Norma CEI 11-17 - “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”
- 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. (IEC 60909-2001): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI 11-28 1993 Ia 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 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 33-5 Ia 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 elastometrico 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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

- Dati rete di alimentazione ENEL:
  - tensione di alimentazione: 20kV  $\pm$  10%
  - corrente di cortocircuito trifase nel punto di consegna MT: 12,5 kA (valore tipico per reti MT a 20 kV)
  - tempo di intervento protezioni: < 1s
  
- Assorbimenti unitari (W):
  - Apparecchio illuminante SAP 70W: 87 W
  - Apparecchio illuminante SAP 100W: 118 W
  - Apparecchio illuminante SAP 150W: 172 W
  - Apparecchio illuminante SAP 250W: 277 W
  - Apparecchio illuminante SAP 400W: 439 W
  - Apparecchio per tunnel a 40 LED: 95 W
  - Apparecchio per tunnel a 20 LED: 48 W
  - Ventilatore tunnel: 29.68 kW
  - Ventilatore by-pass: 8.33 kW
  - PMV esterno tipo A: 4100 W
  - PMV esterno tipo B: 2800 W
  - PMV esterno tipo C: 1600 W
  - PMV interno tunnel tipo D: 1750 W
  - Cartello SOS+Estintore+idrante: 65 W
  - Cartello via di fuga: 48 W
  - Cartello uscita di sicurezza: 60 W
  - Cartello piazzola di sosta: 30 W
  - Cartello piazzola di sosta con distanza: 35W
  - Indicatore di corsia: 200 W
  - Telecamera fissa: 50 W
  - Telecamera brandeggiabile: 100 W
  - Armadio SOS: 300W
  - Nodo TVCC: 1500 W
  - Armadio radio: 500 W
  - Armadio PLC: 500 W
  - Alimentatori illuminazione di sicurezza: 150 W
  - Centralina CO/OP/NO: 100 W

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

- Analizzatore CO/OP: 300 W
  - Analizzatore NOx: 300 W
  - Centralina anemometri: 200 W
  - Centralina controllo traffico: 730 W
  - Centralina controllo vibrazioni ventilatori: 200 W
  - Sensore di luminanza esterna: 35 W
  - Pompa antincendio: 24.4 kW
- 
- Caduta di tensione massima:
    - linee principali di distribuzione: <1%
    - linee secondarie di distribuzione: <3%
  - Margine di potenza su apparecchiature 20%  
(trasformatori, GE, UPS, ecc):
  - Margine di sicurezza portate cavi e interruttori: 20%
  - Riserva di spazio (o interruttori) sui quadri BT: 20%
  - Riserva di spazio nelle canalizzazioni: 50%
  - Riserva di spazio nelle tubazioni: diametro interno tubazione  $\geq 1/3$  del diametro circoscritto al fascio dei cavi
  - Tipologia conduttori BT:
    - cavi in galleria e nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni: FG7(O)M1 0.6/1 kV
    - cavi in galleria e nei locali tecnici posati entro canalizzazioni e tubazioni in materiale plastico: NO7G9-K 450/750V
    - cavi relativi a circuiti di sicurezza: FTG10(O)M1 0,6/1 kV CEI 20-45
    - cavi interrati all'aperto posati all'interno di tubazioni in materiale plastico: FG7(O)R 0.6/1 kV
    - cavi relativi a circuiti di sicurezza: FTG10(O)M1 0,6/1 kV CEI 20-45

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

## 5 Dimensionamento apparecchiature di cabina

Nel caso specifico, per dimensionamento dell'impianto elettrico di potenza si intende il dimensionamento delle apparecchiature principali di cabina quali i trasformatori, i gruppi elettrogeni ed i gruppi di continuità assoluta (UPS).

La scelta della loro taglia deriva dalla valutazione dei carichi da alimentare che si riassumono nella seguenti tabelle, nella quale i valori si riferiscono alla potenza nominale delle singole apparecchiature:

IMPIANTO	POTENZA INSTALLATA [KW]		ASSORBIMENTO FUNZIONAMENTO NORMALE [KW]		ASSORBIMENTO FUNZIONAMENTO EMERGENZA [KW]	
	GE	CA	GE	CA	GE	CA
Ventilazione (rifasato)	237,4	1	178,1	1	237,4	1
Controllo ventilazione		32		32		32
Illuminazione permanente ordinaria	5		5		5	
Illuminazione permanente di sicurezza		4		4		4
Illuminazione di rinforzo di ingresso	50		50		50	
Illuminazione di rinforzo di uscita	4		4		4	
Servizi ausiliari ordinari	33		33		33	
Servizi ausiliari di sicurezza		33		33		33
Impianto antincendio	33	0,3	0	0	33	0,3
<b>TOTALI PARZIALI (kW)</b>	<b>362</b>	<b>71</b>	<b>270</b>	<b>71</b>	<b>362</b>	<b>71</b>
<b>TOTALI PARZIALI (kVA) CON f.d.p.=0,9</b>	<b>402</b>	<b>79</b>	<b>300</b>	<b>79</b>	<b>402</b>	<b>79</b>
<b>TOTALE COMPLESSIVO (kW)</b>	<b>433</b>		<b>340</b>		<b>433</b>	
<b>TOTALE COMPLESSIVO (kVA) CON f.d.p.=0,9</b>	<b>481</b>		<b>378</b>		<b>481</b>	
<b>TAGLIA TRASFORMATORE E GE (kVA)</b>					<b>630</b>	
<b>PERCENTUALE RISERVA</b>					<b>30,92%</b>	
<b>TAGLIA UPS (kVA)</b>					<b>100</b>	
<b>PERCENTUALE RISERVA (UPS)</b>					<b>26,51%</b>	

*Nota: GE: sezione alimentata in emergenza solo da Gruppo Elettrogeno*

*CA: sezione alimentata in emergenza da UPS con rinalzo da Gruppo Elettrogeno*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Come si evince dalla tabella, ai fini del presente dimensionamento è stato considerato un fattore di potenza cautelativo pari a 0,90 in quanto il carico risulta rifasato sia con condensatori in campo (ad esempio gli apparecchi illuminanti ed i ventilatori booster) sia con quadro di rifasamento automatico in cabina.

Per quanto concerne i dettagli relativi alle potenze assorbite dai vari Impianti (illuminazione, ventilazione e servizi ausiliari) si rinvia agli schemi unifilari dei quadri elettrici di alimentazione.

Ovviamente, in seguito alla definizione delle taglie delle apparecchiature da installare in cabina, sono stati opportunamente dimensionati sia gli spazi tecnici per il loro contenimento che gli impianti di ventilazione/condizionamento idonei al mantenimento di una temperatura inferiore al valore massimo accettabile (tipicamente da 25°C a 40°C).

## 6 Dimensionamento linee BT

### 6.1 Calcolo delle correnti d'impiego

Per i carichi o utenze presenti nell'impianto la corrente d'impiego è calcolata dalla formula seguente, sulla base della potenza realmente assorbita:

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

nella quale:

- Pd = Potenza effettivamente assorbita dal carico
- Vn = Tensione nominale del sistema
- cos φ = Fattore di potenza
- kca = fattore dipendente dal sistema di collegamento
  - kca = 1 sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
  - kca = 1.73 sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza cos φ 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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

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

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:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nel 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:

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

## 6.2 Dimensionamento e verifica a sovraccarico dei cavi

### 6.2.1 Generalità

Di seguito sono illustrati i criteri di dimensionamento e verifica dei cavi e delle relative protezioni, in relazione alle correnti di sovraccarico.

Il riferimento è la Norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), secondo la quale il dispositivo di protezione deve

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

dove:

- $I_b$  = Corrente di impiego del circuito
- $I_n$  = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- $I_z$  = Portata in regime permanente della conduttura
- $I_f$  = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

Affinché sia verificata 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 portata si effettua utilizzando le seguenti tabelle di posa assegnate ai cavi:

- CEI 64-8 Tabella 52C (esempi di condutture);
- CEI-UNEL 35024/1 (portata dei cavi isolati in PVC ed EPR);
- CEI-UNEL 35026 (portata dei cavi interrati);

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile (portata) 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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k_{tot}}$$

dove il coefficiente  $k_{tot}$  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.

Laddove necessario, saranno posti dei vincoli cautelativi, sui coefficienti di declassamento utilizzati.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (ricavata dalla tabella) 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.

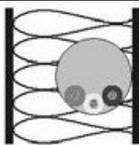
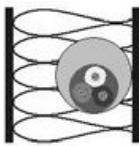
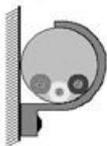
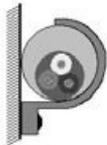
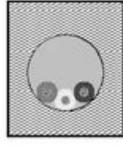
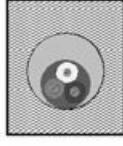
Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

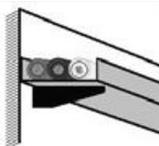
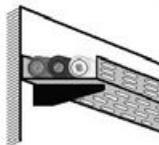
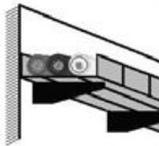
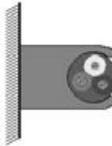
Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

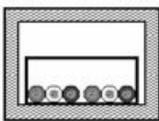
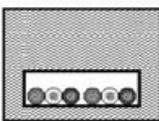
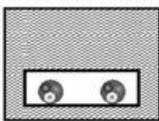
Nei capitoli che seguono sono specificate le modalità di posa contemplate dalla Norma CEI 64-8, le tabelle ricavate dalle norme di cui sopra e i diversi metodi per la determinazione della portata.

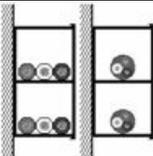
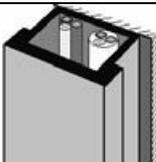
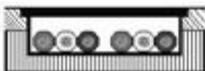
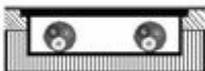
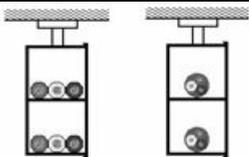
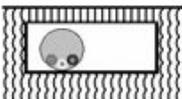
## 6.2.2 Modalità di posa

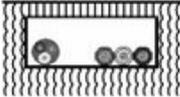
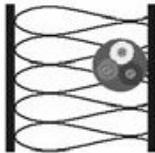
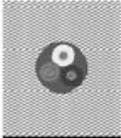
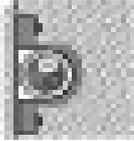
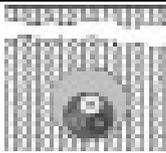
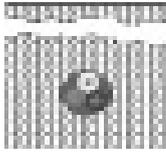
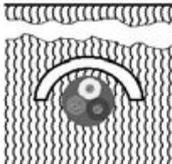
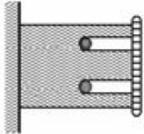
Con riferimento alla norma CEI 64-8/5, le tipologie di installazione previste sono riportate nella tabella seguente:

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	1	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati
	2	cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolati
	3	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
	3A	cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti
	4	cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti
	4A	cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti
	5	cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura
	5A	cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	11	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su o distanziati da pareti
	11A	cavi multipolari (o unipolari con guaina) con o senza armatura fissati su soffitti
	12	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle non perforate
	13	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate con percorso orizzontale o verticale
	14	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole
	15	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati da collari
	16	cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle a traversini
	17	cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi a od incorporati in fili o corde di supporto

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	18	conduttori nudi o cavi senza guaina su isolanti
	21	cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture
	22	cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture
	22A	cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture
	23	cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture
	24	cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura
	24A	cavi multipolari (o unipolari con guaina), in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura
	25	cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ controsoffitti</li> <li>▪ pavimenti sopraelevati</li> </ul>

<b>ESEMPIO</b>	<b>RIFERIMENTO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
	31	cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso orizzontale
	32	cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso verticale
	33	cavi senza guaina posati in canali incassati nel pavimento
	33A	cavi multipolari posati in canali incassati nel pavimento
	34	cavi senza guaina in canali sospesi
	34A	cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi
	41	cavi senza guaina e cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizzontale o verticale
	42	cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	43	cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizzontale e verticale
	51	cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente entro pareti termicamente isolanti
	52	cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente nella muratura senza protezione meccanica addizionale
	53	cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati nella muratura con protezione meccanica addizionale
	61	cavi unipolari con guaina e multipolari in tubi protettivi interrati od in cunicoli interrati
	62	cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati senza protezione meccanica addizionale
	63	cavi multipolari (o unipolari con guaina) interrati con protezione meccanica addizionale
	71	cavi senza guaina posati in elementi scanalati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

ESEMPIO	RIFERIMENTO	DESCRIZIONE
	72	cavi senza guaina (o cavi unipolari con guaina o cavi multipolari) posati in canali provvisti di elementi di separazione: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ circuiti per cavi per comunicazione e per elaborazione dati</li> </ul>
	73	cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di porte
	74	cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di finestre
	75	cavi senza guaina, cavi multipolari o cavi unipolari con guaina in canale incassato
	81	cavi multipolari immersi in acqua

**Tabella 1 - Esempi di condutture (rif. CEI 64-8 tab.5C)**

Le figure riportate sono solo indicative dei metodi di installazione descritti, ma non rappresentano la reale messa in opera.

### **6.2.3 Determinazione della portata**

#### **6.2.3.1 Cavi isolati in PVC ed EPR (CEI-UNEL 35024/1)**

Per la determinazione della portata dei cavi in rame isolati in materiale elastomerico o termoplastico si fa riferimento alla tabella CEI-UNEL 35024/1.

La norma non prende in considerazione i cavi con posa interrata, in acqua o i cavi posti all'interno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

di apparecchi elettrici o quadri e cavi per rotabili o aeromobili.

In particolare:

- il coefficiente  $k_{tot}$  è ottenuto dal prodotto dei coefficienti  $k_1$  e  $k_2$  ricavati dalle tabelle 3, 4, 5, 6;
- la portata nominale è ricavata dalle tabelle 7 e 8 in relazione al numero della posa (secondo CEI 64-8/5), all'isolante e al numero di conduttori attivi (riferita a 30°C).

$k_1$  è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura ambiente

$k_2$  è il coefficiente di correzione per i cavi in fascio, in strato o su più strati.

Il coefficiente  $k_2$  si applica ai cavi del fascio o dello strato aventi sezioni simili (rientranti nelle tre sezioni unificate adiacenti) e uniformemente caricati.

Qualora  $K_2$  non sia applicabile, è sostituito dal coefficiente  $F$ :

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

dove  $n$  è il numero di cavi che compongono il fascio:

<b>n</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>F</b>	1	0.71	0.57	0.5	0.44	0.41	0.37	0.35

**Tabella 2 - Fattore di correzione per conduttori in fascio F**

Temperatura [°C]	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
30	1.00	1.00
35	0.94	0.96
40	0.87	0,91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0,61	0.76

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI, INTERRUTTORI E QUADRI		Codice documento CS0996.doc	Rev 0	Data 09/03/2011

60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

**Tabella 3 - Influenza della temperatura  $k_1$**

n° di posa CEI 64-8	disposizione	numero di circuiti o di cavi multipolari											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
tutte le altre pose	raggruppati a fascio, annegati	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38
11/12/2025	singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari		
11A	strato a soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
13	strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate)	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
14-15-16-17	strato su scala posa cavi o graffato ad un sostegno	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78			

**Tabella 4 - Circuiti realizzati con cavi in fascio o strato  $k_2$**

n° posa CEI 64-8	metodo di installazione		numero di cavi per ogni supporto						
			numero di passerelle	1	2	3	4	6	9
13	passerelle perforate orizzontali	posa ravvicinata	2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		posa distanziata	2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	
13	passerelle perforate verticali	posa ravvicinata	2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		posa distanziata	2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	
14-15-16-17	scala posa cavi elemento di sostegno	posa ravvicinata	2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
		posa distanziata	2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	

**Tabella 5 - Circuiti realizzati con cavi multipolari in strato su più supporti (es. passerelle)  $k_2$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Per posa distanziata si intendono cavi posizionati:

- ad una distanza almeno doppia del loro diametro in caso di cavi unipolari
- ad una distanza almeno pari alloro diametro in caso di cavi multipolari.

Se i cavi sono installati ad una distanza superiore a quella sopra indicata il fattore correttivo per circuiti in fascio non si applica ( $K_2 = 1$ ).

Nelle pose su passerelle orizzontali o su scala posa cavi, i cavi devono essere posizionati ad una distanza dalla superficie verticale (parete) maggiore o uguale a 20 mm.

n° posa CEI 64-8		numero d circuiti trifasi				utilizzato per
		numero di passerelle	1	2	3	
13	passerelle perforate	2	0,96	0,87	0,81	3 cavi in formazione orizzontale
		3	0,95	0,85	0,78	
13	passerelle perforate	2	0,95	0,84		3 cavi in formazione verticale
14-15-16-17	scala posa cavi o elemento di sostegno	2	0,98	0,93	0,89	3 cavi in formazione orizzontale
		3	0,97	0,90	0,86	
13	passerelle perforate	2	0,97	0,93	0,89	3 cavi in formazione a trefolo
		3	0,96	0,92	0,86	
13	passerelle perforate	2	1,00	0,90	0,86	
14-15-16-17	scala posa cavi o elemento di sostegno	2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,9	

**Tabella 6 - Circuiti realizzati con cavi unipolari in strato su più supporti  $k_2$**

Nelle pose su passerelle orizzontali o su scala posa cavi, i cavi devono essere posizionati ad una distanza dalla superficie verticale (parete) maggiore o uguale a 20 mm. Le terne di cavi in formazione a trefolo si intendono disposte ad una distanza maggiore di due volte il diametro del singolo cavo unipolare.



Metod. di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isoi.	n° conduttori caricati	Portata [A]																		
				Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]																		
				1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
cavo in tubo			2	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334	-		
incassato in parete	2-51-73-74	PVC	3	13	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298	-		
isolante		EPR	2	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442	-		
			3	16,5	22	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	396	-		
cavo in tubo	3A-4A-5A-21		2	13,5	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	-		
in aria	22A-24A-25	PVC	3	12	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	179	206	225	255	297	339		
	33A-31-34A		2	17	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532		
	43-32	EPR	3	15	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455		
cavo in aria			2	15	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593		
libera, distanziato	13-14-15-16-17	PVC	3	13,6	18,5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497		
parete/soffitto			2	19	26	36	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741		
o su passerella		EPR	3	17	23	32	42	54	75	100	127	158	190	246	288	346	399	456	538	621		
cavo in aria	11-11A-52-53-		2	15	19,5	27	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	530		
libera, fissato alla parete/soffitto	12	PVC	3	13,5	17,5	24	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403	464		
			2	19	24	33	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599	693		
		EPR	3	17	22	30	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500	576		

**Tabella 8 - Portata cavi multipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR <sup>3</sup>**

**2** I cavi unipolari affiancati che compongono il circuito trifase si considerano distanziati se posati in modo che la distanza tra di essi sia superiore o uguale a due volte il diametro esterno del singolo cavo unipolare.

**3** PVC: mescola termoplastica a base di polivinilcloruro (temperatura massima del conduttore uguale a 70 °C). EPR: mescola elastomerica reticolata a base di gomma etilenpropilenica o similari (temperatura massima del conduttore uguale a 90 °C)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

### 6.2.3.2 Cavi interrati (CEI-UNEL 35026)

Per la determinazione della portata dei cavi in rame con isolamento elastomerico o termoplastico si fa riferimento alla tabella CEI-UNEL 35026.

In particolare:

- il coefficiente  $k_{tot}$  è ottenuto dal prodotto dei coefficienti  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  e  $k_4$ , ricavati dalle tabelle 9, 10, 11, 12.
- la portata nominale è ricavata dalla tabella 13 in relazione al numero della posa (secondo CEI 64-8/5), all'isolante e al numero di conduttori attivi (riferita a  $d$  una temperatura del terreno di 20°C).

$k_1$  è il coefficiente di correzione relativo alla temperatura del terreno

$k_2$  è il coefficiente di correzione per gruppi di circuiti installati sullo stesso piano

$k_3$  è il coefficiente di correzione relativo alla profondità di interramento

$k_4$  è il coefficiente di correzione relativo alla resistività termica del terreno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Temperatura terreno [°C]	PVC	EPR
10	1.1	1.07
15	1.05	1.04
20	1	1
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.8
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
65	-	0.6
70	-	0.53
75	-	0.46
80	-	0.38

**Tabella 9 - Influenza della temperatura del terreno –  $k_1$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

un cavo multipolare per ciascun tubo				
n° circuiti	distanza fra i circuiti [m]			
	a contatto	0.25	0.5	1
2	0.85	0.9	0.95	0.95
3	0.75	0.85	0.9	0.95
4	0.7	0.8	0.85	0.9
5	0.65	0.8	0.85	0.9
6	0.6	0.8	0.8	0.9
un cavo unipolare per ciascun tubo				
n° circuiti	distanza fra i circuiti [m]			
	a contatto	0.25	0.5	1
2	0.8	0.9	0.9	0.95
3	0.7	0.8	0.85	0.9
4	0.65	0.75	0.8	0.9
5	0.6	0.7	0.8	0.9
6	0.6	0.7	0.8	0.9

**Tabella 10 - Gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano –  $k_2$**

profondità di posa [m]	0.5	0.8	1	1.2	1.5
fattore di correzione	1.02	1	0.98	0.96	0.94

**Tabella 11 - Influenza della profondità di posa –  $k_3$**

cavi unipolari					
resistività del terreno [K m/W]	1	1.2	1.5	2	2.5
fattore di correzione	1.08	1.05	1	0.9	0.82
cavi multipolari					
resistività del terreno [K m/W]	1	1.2	1.5	2	2.5
fattore di correzione	1.06	1.04	1	0.91	0.84

**Tabella 12 - Influenza della resistività termica del terreno –  $k_4$**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Metod. di install.	Altri tipi di posa della CEI 64-8	Isol.	n° conduttori caricati	Portata [A]																		
				Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]																		
				1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
cavi unipolari in tubi interrati a contatto (1 cavo per tubo)		PVC	2	22	29	38	47	63	82	105	127	157	191	225	259	294	330	386				
			3	20	26	34	43	57	74	95	115	141	171	201	231	262	293	342				
			2	26	34	44	54	73	95	122	148	182	222	261	301	343	385	450	509	562	666	759
cavi unipolari in tubo interrato	61	PVC	2	21	27	36	45	61	78	101	123	153	187	222	256	292	328	385				
			3	18	23	30	38	51	66	86	104	129	158	187	216	246	277	325				
			2	24	32	41	52	70	91	118	144	178	218	258	298	340	383	450	510	595	671	767
cavi multipolari in tubo interrato	61	PVC	3	21	27	35	44	59	77	100	121	150	184	217	251	287	323	379	429	500	565	645
			2	19	25	33	41	56	73	94	115	143	175	208	240	273	307	360				
			3	16	21	28	35	47	61	79	97	120	148	175	202	231	259	304				
		EPR	2	23	30	39	49	66	86	111	136	168	207	245	284	324	364	428				
			3	19	25	32	41	55	72	93	114	141	174	206	238	272	306	360				

**Tabella 13 - Portata cavi unipolari con/senza guaina e cavi multipolari con isolamento in PVC o EPR**

### 6.2.4 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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

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> (conduttore in rame) e 25 mm<sup>2</sup> (conduttore in alluminio), il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase.

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

Qualora, in base a esigenze progettuali, si scelga di dimensionare il neutro per la reale corrente circolante, dovranno essere fatte le medesime considerazioni relative ai conduttori di fase.

### 6.2.5 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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

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

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione (mm<sup>2</sup>);
- $I$  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> se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm<sup>2</sup> se non è prevista una protezione meccanica;

## 6.2.6 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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

### 6.3 Cadute di tensione

La caduta di tensione in una linea percorsa dalla corrente  $I_b$  è rappresentata dalla formula seguente:

$$\Delta V = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \sqrt{(R_L \cdot L_c)^2 + (X_L \cdot L_c)^2}$$

dove

- $R_L$  = resistenza alla temperatura di funzionamento (per unità di lunghezza);
- $X_L$  = reattanza della linea (per unità di lunghezza);
- $k_{cdt}$  = coefficiente pari a 2 per i sistemi monofase e 1.73 per i sistemi trifase.

I parametri  $R_L$  e  $X_L$  per i cavi sono ricavati dalla tabella 35023 in funzione della tipologia (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori (espressi in unità di lunghezza).

Il calcolo può essere anche essere semplificato secondo la seguente formula seguente:

$$cdt(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot L_c \cdot (R_L \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi)$$

Nei calcoli di verifica, il carico è ipotizzato concentrato a fondo della linea per le utenze singole e distribuito lungo la linea per le utenze multiple alimentate da dorsali.

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma vettoriale delle cadute di tensione, riferite ad un solo conduttore.

Nel caso in cui siano presenti trasformatori, il calcolo della caduta di tensione tiene conto della caduta interna e della presenza di eventuali prese di regolazione del rapporto spire.

La caduta di tensione percentuale è riferita alla tensione nominale dell'utenza in esame.

La verifica prevede il confronto tra il valore massimo calcolato nelle tre fasi e il limiti prestabiliti dalla Norma CEI 64-8 (par. 525).

### 6.4 Rifasamento

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Dato un carico che assorbe la potenza attiva  $P_n$  e la potenza reattiva  $Q$ , per diminuire  $\varphi$  e quindi aumentare  $\cos \varphi$  senza variare  $P_n$  (cioè per passare a  $\Theta < \varphi$ ), si deve introdurre una potenza  $Q_{rif}$  di segno opposto a quello di  $Q$ , tale che:

$$Q_{rif} = P_n \cdot (\tan \varphi - \tan \Theta)$$

nella quale  $\Theta$  è l'angolo corrispondente al fattore di potenza a cui si vuole rifasare. Tale valore oscilla tra 0.8 e 0.9 a seconda delle esigenze progettuali.

Il rifasamento può essere eseguito in due modalità:

- distribuito;
- centralizzato.

Tale scelta va valutata al fine di ottimizzare i costi ed i risultati finali, quindi le batterie di condensatori potranno essere inseriti localmente in parallelo ad un carico terminale, oppure centralizzato per rifasare un determinato nodo della rete.

Se la rete dispone di trasformatori, possono essere inserite anche batterie di rifasamento a valle degli stessi per compensare l'energia reattiva assorbita a vuoto dalla macchina.

La corrente nominale della batteria di condensatori viene calcolata tramite la:

$$I_{nc} = \frac{Q_{rif}}{k_{ca} \cdot V_n}$$

Le correnti nominali e di taratura delle protezioni devono tenere conto (CEI 33-5) che ogni batteria di condensatori può sopportare costantemente un sovraccarico del 30% dovuto alle armoniche; inoltre deve essere ammessa una tolleranza del +15% sul valore reale della capacità dei condensatori. Pertanto la corrente nominale dell'interruttore deve essere almeno di  $I_{arth} = 1.53 I_{nc}$ .

Infine la taratura della protezione magnetica non dovrà essere inferiore a  $I_{tarmag} = 10 I_{nc}$

## 6.5 Calcolo dei guasti

Le tipologie di guasto considerate, sulla base della modellizzazione delle apparecchiature che compongono la rete, sono le seguenti:

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

- guasto fase neutro (disimmetrico).

Per i diversi casi, i risultati del calcolo riguardano le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

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

Nel seguito è riportato il metodo di calcolo utilizzato, con particolare riferimento a quanto indicato nella norma CEI 11-25. Qualora si ritenga necessario, nei casi specifici, sono talvolta introdotte alcune approssimazioni, sotto opportune ipotesi, per mezzo di formule semplificate.

## 6.5.1 Modellizzazione delle apparecchiature in rete

### 6.5.1.1 Trasformatori

Le caratteristiche dei trasformatori in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

- Potenza nominale  $P_n$  (in kVA);
- Perdite di cortocircuito  $P_{cc}$  (in W);
- Tensione di cortocircuito  $v_{cc}$  (in %)
- Rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale  $I_{lr}/I_{rt}$ ;
- Rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- Tipo di collegamento;
- Tensione nominale del primario  $V_1$  (in kV);
- Tensione nominale del secondario  $V_2$  (in V).

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in  $m\Omega$ :

$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_2^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in  $m\Omega$ :

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto  $Z_{vot}/Z_{cct}$  vale usualmente 10-20.

In uscita al trasformatore si otterranno pertanto i parametri alla sequenza diretta, in mΩ:

$$Z_d = |\dot{Z}_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

nella quale:

$$\begin{aligned} R_d &= R_{cct} \\ X_d &= X_{cct} \end{aligned}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

Pertanto, se il trasformatore è collegato triangolo/stella (Dy), si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

### Fattore di correzione per trasformatori, CEI 11-25 (3.3.3)

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con e senza variazione sotto carico, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_T$  tale che:

$$\begin{aligned} Z_{cctK} &= K_T \cdot Z_{cct} \\ Z_{otK} &= K_T \cdot Z_{ot} \\ K_T &= 0,95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0,6 \cdot x_T} \end{aligned}$$

dove la reattanza relativa del trasformatore è calcolata con la formula seguente:

$$x_T = \frac{X_{cct}}{V_{02}^2 / P_n}$$

Tale fattore deve essere applicato sia alla impedenza diretta che a quelle omopolari e non va applicato nel caso di autotrasformatori.

#### 6.5.1.2 Generatori

Le caratteristiche dei generatori in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

- potenza nominale P<sub>n</sub> (in kVA);
- reattanza sincrona percentuale x<sub>S</sub>;
- reattanza subtransitoria percentuale x'';
- rapporto tra l'impedenza omopolare e l'impedenza sincrona Z<sub>og</sub>/Z<sub>S</sub>.

L'impedenza subtransitoria si calcola con la formula:

$$X'' = \frac{x''}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

dalla quale si ricavano le componenti alla sequenza diretta:

$$\begin{aligned} R_d &= 0 \\ X_d &= X'' \end{aligned}$$

La componente resistiva si trascura rispetto alla componente reattiva del generatore.

L'impedenza sincrona si calcola con la formula:

$$X_S = \frac{x_S}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Dalla quale, tramite il rapporto Z<sub>og</sub>/Z<sub>S</sub>, si ricavano le componenti omopolari:

$$\begin{aligned} R_0 &= 0 \\ X_0 &= \frac{Z_{og}}{Z_S} \cdot X_S \end{aligned}$$

### 6.5.1.3 Motori asincroni

Le caratteristiche dei motori asincroni in rete sono ricavate a partire dai seguenti dati di targa:

- U<sub>m</sub> tensione nominale del motore [V] (concatenata per motori trifasi, di fase per motori monofasi collegati fase neutro o fase fase);
- I<sub>rm</sub> corrente nominale del motore [A];
- S<sub>rm</sub> potenza elettrica apparente nominale [kVA];
- P numero di coppie polari;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

- $I_{lr}/I_{rm}$  rapporto tra la corrente a motore bloccato (di c.c.) e la corrente nominale del motore;
- Fattore di potenza allo spunto.
- Possibilità di avviamento stella/triangolo per i motori trifasi, per cui si diminuisce  $I_{lr}/I_{rm}$  di 3.

L'impedenza del motore si calcola con la formula:

$$Z_M = \frac{1}{I_{lr}/I_{rm}} \cdot \frac{U_{rm}^2}{S_{rm}}$$

Per i motori asincroni si considera la corrente di interruzione  $i_b$  tenendo conto del tempo di ritardo di default pari a 0.02s. per calcolare i coefficienti  $m$  e  $\mu$ .

Il coefficiente  $m$  si calcola secondo la seguente tabella:

$$\begin{aligned} \mu &= 0.84 + 0.26 \cdot e^{-0.26(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.02 \text{ s} \\ \mu &= 0.71 + 0.51 \cdot e^{-0.30(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.05 \text{ s} \\ \mu &= 0.62 + 0.72 \cdot e^{-0.32(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &= 0.10 \text{ s} \\ \mu &= 0.56 + 0.94 \cdot e^{-0.38(I_{lr}/I_{rm})} & t_{\min} &\geq 0.25 \text{ s} \end{aligned}$$

se  $I_{lr}/I_{rm} \leq 2$  allora  $\mu = 1$ .

Per il coefficiente  $q$  si deve prendere la potenza attiva meccanica espressa in MW e dividerla per il numero di coppie polari  $P$  al fine di ottenere la variabile  $m$ :

$$m = \frac{S_{rm} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}{1000 \cdot P}$$

con  $\cos \varphi$  fattore di potenza e  $\eta$  rendimento del motore.

Quindi:

$$\begin{aligned} q &= 1.03 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.02 \text{ s} \\ q &= 0.79 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.05 \text{ s} \\ q &= 0.57 + 0.12 \cdot \ln m & t_{\min} &= 0.10 \text{ s} \\ q &= 0.26 + 0.10 \cdot \ln m & t_{\min} &\geq 0.25 \text{ s} \end{aligned}$$

Se  $q > 1$  si pone  $q = 1$ .

Si divide  $Z_M$  per i coefficienti  $\mu$  e  $q$  per ottenere l'impedenza equivalente vista al momento del guasto:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$$Z_{Mib} = \frac{Z_M}{\mu \cdot q}$$

Da cui, a seconda della tensione e della potenza del motore, si possono avere:

$X_M = 0.995 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.10 \cdot X_M$	per motori a media tensione con potenza $P_{rm}$ per coppie di poli $\geq 1$ MW
$X_M = 0.989 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.15 \cdot X_M$	per motori a media tensione con potenza $P_{rm}$ per coppie di poli $< 1$ MW
$X_M = 0.922 \cdot Z_{Mib}$ $R_M = 0.42 \cdot X_M$	per motori a bassa tensione

Per le componenti alle sequenze si considerano le sole componenti dirette mentre quelle omopolari non vengono considerate, in quanto il contributo ai guasti lo danno solo i motori trifasi. Essi contribuiscono ai guasti trifasi e a quelli bifasi nelle utenze trifasi e bifasi.

$$R_d = R_M$$

$$X_d = X_M$$

### 6.5.2 Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Le condizioni di calcolo sono le seguenti:

- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$  (CEI 11-25 tab.1);
- 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 a 80 °C, data dalle tabelle UNEL 35023-70, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (60 \cdot 0.004)} \right)$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

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

L'impedenza di guasto minima a fine utenza è ricavata dalla somma dei parametri diretti di cui sopra con quelli relativi all'utenza a monte.

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:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

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:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

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

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello\_guasto}$$

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

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

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):

$$Z_{k1Neutro \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neutro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neutro})^2}$$

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$I_{k1PEmax}$  e bifase  $I_{k2max}$  espresse in kA:

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

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

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

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

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:

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

### 6.5.3 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.

La tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione  $c_{\min}$  di cui alla tab. 1 della norma CEI 11-25.

Per la temperatura dei conduttori ci si riferisce al rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario dal cavo. Essa viene indicata dalla norma CEI 64-8/4 par 434.3 nella quale sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

- isolamento in PVC Tmax = 70°C
- isolamento in G Tmax = 85°C
- isolamento in G5/G7 Tmax = 90°C
- isolamento serie L rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie L nudo Tmax = 105°C
- isolamento serie H rivestito Tmax = 70°C
- isolamento serie H nudo Tmax = 105°C

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

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

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

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

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

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k1\min}$  e fase terra, espresse in kA:

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

$$I_{k1\text{Neutro}\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1\text{Neutro}\max}}$$

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

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

## 6.6 Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

### 6.6.1 Generalità

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:

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

dove:

- I: corrente di corto circuito [A] espressa in valore efficace
- t: durata del corto circuito
- S: sezione del conduttore [mm<sup>2</sup>]
- K: coefficiente che dipende dal tipo di cavo e dall'isolamento (descritto nei paragrafi successivi)

Pertanto, 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 Ia);
  - $I_{ccmax} \leq I_{inters \ max}$  (quest'ultima riportata nella norma come Ib).
- 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:
  - $I_{cc \ max} \leq I_{inters \ max}$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO  DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,  INTERRUTTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo.

### 6.6.2 Integrale di Joule

La verifica a corto circuito, come riportato nel paragrafo precedente, fa riferimento al calcolo dell'integrale di Joule:

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

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

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

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

### 6.6.3 Massima lunghezza protetta

Il calcolo della massima lunghezza protetta è eseguito mediante il criterio proposto dalla norma CEI 64-8 al paragrafo 533.3, secondo cui la corrente di cortocircuito presunta è calcolata come:

$$I_{ctocto} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L_{\max prot}}{S_f}}$$

partendo da essa e nota la taratura magnetica della protezione è possibile calcolare la massima lunghezza del cavo protetta in base ad essa.

Pertanto:

$$L_{\max prot} = \frac{0.8 \cdot U}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{I_{ctocto}}{S_f}}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Dove:

- U: è la tensione concatenata per i neutro non distribuito e di fase per neutro distribuito;
- $\rho$ : è la resistività a 20°C del conduttore;
- m: rapporto tra sezione del conduttore di fase e di neutro (se composti dello stesso materiale);
- $I_{mag}$ : taratura della magnetica.

Viene tenuto conto, inoltre, dei fattori di riduzione (per la reattanza):

- 0.9 per sezioni di 120 mm<sup>2</sup>;
- 0.85 per sezioni di 150 mm<sup>2</sup>;
- 0.8 per sezioni di 185 mm<sup>2</sup>;
- 0.75 per sezioni di 240 mm<sup>2</sup>;

Per ulteriori dettagli si veda norma CEI 64-8 par.533.3 sezione commenti.

## **6.7 Verifica contatti indiretti**

La verifica della protezione contro i contatti indiretti è eseguita secondo i criteri descritti dalla Norma CEI 64-8 e di seguito riportati, relativamente ai diversi sistemi di distribuzione.

Per assicurare la protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica del circuito è necessario adottare i seguenti accorgimenti:

- Collegamento a terra di tutte le masse metalliche;
- Collegamento al collettore di terra dell'edificio dei conduttori di protezione, delle masse estranee (ad esempio: le delle tubazioni metalliche entranti nel fabbricato) tramite collegamenti equipotenziali principali e supplementari.

### **6.7.1 Sistema di distribuzione TN**

La protezione contro i contatti indiretti, in un sistema TN, deve essere garantita mediante una o più delle seguenti misure:

- Tempestivo intervento delle protezioni di massima corrente degli interruttori preposti alla protezione delle linee e, laddove ciò non risultasse possibile, tramite protezioni di tipo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

differenziale

- Utilizzo di componenti di classe II
- Realizzazione di separazione elettrica con l'uso di trasformatore di isolamento

Nel primo caso, affinché sia verificata la protezione contro i contatti indiretti, è necessario che in ogni punto dell'impianto sia rispettata la condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

- $U_0$  è la tensione di fase (stellata)
- $Z_g$  è l'impedenza dell'anello di guasto
- $I_a$  è la corrente di intervento entro i tempi previsti dalla Norma

I tempi di intervento (dipendenti dalla tensione nominale), sono indicati nella tabella seguente (rif. CEI 64-8/4 tab.41A):

$U_0$ [V]	Tempi di interruzione [s]
120	0.8
230	0.4
400	0.2
>400	0.1

I dati in tabella sono validi per circuiti terminali protetti da dispositivi con corrente nominale non superiore a 32 A.

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 s sono ammessi negli altri casi.

Se il dispositivo di protezione è equipaggiato con una protezione differenziale, la corrente utilizzata per la verifica è la soglia di intervento nominale del dispositivo differenziale.

## 6.8 Calcoli dimensionali linee BT

I calcoli e le verifiche delle linee BT sono stati condotti con software dedicato AMPERE PROFESSIONAL® (versione 2009 - 7.3.5.), che tiene conto dei vincoli e dei procedimenti sopra indicati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

Il software si caratterizza per le seguenti funzioni principali:

- simulazione e dimensionamento reti BT
- dimensionamento cavi BT secondo norme CEI 64-8
- dimensionamento condotti sbarre
- determinazione della potenza dissipata dalle reti
- equilibratura dei carichi monofase
- verifica linee e protezioni
- tarature e coordinamento delle protezioni
- verifica termica dei quadri elettrici

I report di calcolo delle linee BT sono riportati nell'Allegato 1

## 7 Dimensionamento rete MT

### 7.1 Protezione da sovraccarico

Per il calcolo della sezione dei conduttori delle linee si utilizzerà il seguente procedimento:

- determinazione della corrente di impiego  $I_b$  dei circuiti a partire dalle potenze assorbite da ciascuna utenza e tenendo conto dei relativi fattori di utilizzo e di contemporaneità.
- scelta della sezione del cavo in maniera tale che risulti:

$$I_b \leq I_z$$

dove:

$I_b$  = corrente di impiego della linea;

$I_z$  = portata della conduttura.

- determinazione della corrente di taratura della soglia di sovraccarico della protezione di massima corrente di media tensione a protezione della linea in cavo, inferiore alla  $I_z$ ;

Nella determinazione della portata  $I_z$  dei cavi in regime permanente si considerano gli opportuni coefficienti di riduzione relativi al cambiamento delle condizioni di riferimento nella posa, utilizzando la seguente espressione:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

dove con  $I_0$  si indica la portata di conduttori unipolari interrati direttamente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUZZORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

$k_1$  = coefficiente che tiene conto della temperatura ambientale per posa interrata;

$k_2$  = coefficiente che tiene conto della profondità di posa;

$k_3$  = coefficiente che tiene conto delle condizioni di posa (più cavi o tubi affiancati).

La portata viene calcolata in base alla norma IEC 60287 per le seguenti condizioni:

- temperatura del terreno: 20°C -  $K_1=1$ ;
- profondità di posa: >0,60 m (resistività termica del terreno: 1 K\*m/W) -  $K_2= 1$ ;
- una sola terna di cavi entro tubo interrato -  $K_3 = 0,82$ .

## 7.2 Verifica della caduta di tensione

La verifica della caduta di tensione viene basata su un calcolo di load flow. Tale verifica consente di:

- valutare se la caduta di tensione eccede il limite fissato tra i dati di partenza in condizioni normali ed in condizioni di emergenza.

## 7.3 Tenuta termica al corto circuito massimo

Sulla base di un calcolo della corrente di corto circuito trifase massima (eseguito secondo la IEC 60909-2001) si determinano:

- la corrente massima di corto circuito che interessa il tratto di cavo;
- l'energia massima  $K^2S^2$  tollerabile dal cavo, determinando il tempo massimo "t<sub>max</sub>" entro il quale la protezione deve intervenire per non superarla in corrispondenza alla massima corrente di corto circuito sopra calcolata.

dove:

- $K$  = coefficiente di dispersione del calore, dipendente dal tipo di cavo (per cavi in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato, vale 143)
- $S$  = sezione del conduttore in mm<sup>2</sup>
- $I$  = corrente massima di guasto in A
- $t$  = durata del guasto in s

## 7.4 Analisi e verifiche della rete MT

L'analisi e le verifiche della rete MT sono stati condotti con software dedicato NEPLAN® (versione. 5.4.3). Con tale software sono possibili i seguenti studi:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

- load-flow su reti simmetriche ed asimmetriche
- load-flow con profili di carico
- correnti di corto circuito (secondo IEC 60909)
- armoniche
- selettività e coordinamento delle protezioni di massima corrente
- coordinamento protezioni distanziometriche
- verifica portata cavi
- verifica TA
- affidabilità delle reti
- stabilità transitoria
- transitori elettromagnetici
- ottimizzazione posizione batterie di rifasamento su reti MT

I report di calcolo e verifica delle reti MT sono riportati nell'Allegato 2.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUPTORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

## 8 Dimensionamento impianti di ventilazione e climatizzazione locali tecnici

La stima del fabbisogno di potenza per il raffreddamento estivo e il riscaldamento invernale dei locali tecnici è stata effettuata in funzione delle temperature limiti ammissibili all'interno dei locali stessi, considerando la tipologia dell'involucro edilizio, le condizioni esterne estive ed invernali, gli apporti di potenza da parte di apparecchiature ed ausiliari contenuti, l'eventuale presenza di persone ed altri dati desunti dalla letteratura esistente in materia.

Quando risulti necessario raffreddare l'ambiente, la potenza sarà smaltita tramite ventilazione naturale e/o meccanica (qualora la temperatura ambiente possa superare di qualche grado la temperatura esterna massima) ovvero sarà smaltita tramite condizionatore (nel caso la temperatura ambiente debba essere mantenuta più bassa).

Quando risulti necessario riscaldare l'ambiente, la potenza sarà invece erogata da una pompa di calore o termoconvettore elettrico.

I calcoli effettuati per il dimensionamento dei ventilatori e delle macchine di condizionamento dei locali tecnici sono riassunti nell'allegato 3, organizzato con schede suddivise per locale, di cui si fornisce una breve spiegazione.

Nella prima parte di ciascuna scheda, "Dati iniziali", sono indicati i parametri termo-igrometrici di riferimento utilizzati per il calcolo (parametri esterni della località di installazione e parametri interni che si vogliono garantire), nonché le caratteristiche geometriche del locale.

Nella parte successiva, viene riportato il calcolo della potenza termica massima da smaltire nel periodo estivo (agli apporti interni dovuti alle perdite per effetto joule delle apparecchiature elettriche e/o elettroniche installate, si sommano gli eventuali apporti estivi delle strutture).

In modo analogo viene calcolata la potenza termica massima da garantire nel periodo invernale affinché la temperatura dell'ambiente non scenda sotto il valore prefissato (in questo caso, gli apporti interni devono essere sottratti alla potenza termica richiesta).

Infine, si riporta il calcolo della portata di ventilazione necessaria per garantire le prestazioni sopra indicate e i dati del relativo impianto ovvero le caratteristiche del sistema di condizionamento / riscaldamento.

### 8.1 Ventilazione e caratteristiche del locale batterie

Nei locali in cui sono presenti delle batterie sussiste il pericolo di esplosione dovuto all'emissione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUITORI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

nell'ambiente di idrogeno, che si sprigiona a seguito dell'elettrolisi dell'acqua.

Vanno pertanto previste opportune aperture per la ventilazione, in modo da diluirne la concentrazione nei locali stessi.

Di seguito si descrivono le verifiche in accordo alla Norma EN 50272, in relazione a:

- portata d'aria di ventilazione necessaria in un locale
- superficie delle aperture di ventilazione che garantiscono la portata d'aria necessaria

La portata d'aria Q necessaria per questo scopo può essere calcolata con la seguente formula:

$$Q = 0.05 \cdot n \cdot I_{gas} \cdot C_{rt} / 1000 \quad [m^3 / h]$$

dove:

- 0.05 = coefficiente che tiene conto dell'usuale quantità di idrogeno prodotta nel processo di elettrolisi (0.42 l/h per ogni Ah), la necessaria percentuale di diluizione (<30%) e un coefficiente di sicurezza pari a 5;
- n = numero di elementi;
- I<sub>gas</sub> = corrente che produce gas [mA/Ah];
- C<sub>rt</sub> = capacità nominale della batteria [Ah].

L'area necessaria per le aperture di ventilazione è quindi:

$$S = \frac{Q}{v} \quad [m^2]$$

dove:

- Q = flusso d'aria [m<sup>3</sup>/s]
- v = velocità dell'aria per ventilazione naturale [m/s] = 0.1 m/s

Nelle immediate vicinanze di una batteria in carica, la norma EN 50272 prevede l'esistenza di una zona pericolosa che deve essere classificata secondo quanto previsto dalla Norma EN 60079-10, come zona 1.

Si definisce la distanza d, variabile con le caratteristiche delle batterie e rappresentativa di un'area attorno alle sorgenti presenti, che è calcolata con la formula seguente:

$$d = 28.8 \cdot \sqrt[3]{I_{gas}} \cdot \sqrt[3]{C_{rt}} \quad [m]$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE DI CALCOLO          DIMENSIONAMENTO E VERIFICA CAVI,          INTERRUSSIONI E QUADRI</b>		<i>Codice documento</i> CS0996.doc	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 09/03/2011

per batterie monoblocco con N celle per monoblocco, la distanza va moltiplicata per il coefficiente  $\sqrt[3]{N}$

## 9 Allegati

Gli allegati sono organizzati nei seguenti documenti:

- Allegato 1: Calcoli linee BT
- Allegato 2: Dimensionamento rete di media tensione (MT)
- Allegato 3: Dimensionamento ventilazione e condizionamento locali tecnici

**Allegato 1**

**Calcoli linee BT**

Nel presente documento, per l'opera in oggetto, sono riportati i risultati di calcolo relativi ai seguenti quadri elettrici di bassa tensione:

- Q\_BT
- Q\_CA
- Q\_IL
- Q\_SA
- Q\_IE
- Q\_VE
- Q\_CV
- Q\_AI
- Q\_BP

Per le diverse utenze derivate dai suddetti quadri elettrici, sono riportati i seguenti dati:

- caratteristiche elettriche dell'utenza (P, I, V,  $\cos \varphi$ , etc.);
- caratteristiche delle condutture elettriche di alimentazione.

Inoltre, per ogni utenza, sono riportati i risultati delle principali verifiche elettriche (cadute di tensione, sovraccarico, corto circuito, coordinamento con dispositivi di protezione, etc.).

Q\_BT

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
<b>+CABINA.Q_BT</b>													
IG1	401,486	1	401,486	1	138,197	n.d.	0,946	400	TN-S	3	628	900	1039,8
IG2	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	900	1039,8
COM	401,486	1	401,486	1	138,197	n.d.	0,946	400	TN-S	3	628	900	279
IGGE	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	1000	1019,2
BT1	0	1	0	1	-25	n.d.	0	400	TN-S	3	36,1	175	187,2
BT2	58,883	1	58,883	1	28,518	n.d.	0,9	400	TN-S	3	100,2	200	213
BT3	33,053	1	33,053	1	20,393	n.d.	0,851	400	TN-S	3	65,6	128	133,2
BT4	237,44	1	237,44	1	67,394	n.d.	0,962	400	TN-S	3	356,3	630	675,5
BT5	237,44	1	237,44	1	67,394	n.d.	0,962	400	TN-S	3	356,3	630	675,5
BT6	72,11	1	72,11	1	46,891	n.d.	0,838	400	TN-S	3	136,3	160	213
BT7	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	200	213
BT8	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	400	199,2
BT9	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	400	144,9
GE0	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	0	2009

**Legenda**

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Qn: potenza rettiva dei carichi a valle dell'utenza

Qrif: potenza rettiva nominale di rifasamento locale di un'utenza terminale

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
<b>+CABINA.Q. BT</b>													
IGGE	3x(4x240)+2x240+2G240	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	25	5	30	0,52	1019	559	1,885E+10	-0,125	7,29
BT1	3x(1x120)+1G70	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	187	0	2,945E+08	-0,132	7
BT2	3x(1x150)+1x95+1G95	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	213	161	4,601E+08	0,07	7,29
BT3	3x(1x70)+1x35+1G35	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	20	5	30	0,6	133	86	1,002E+08	0,16	7,4
BT4	3x(3x185)+2G185	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	20	5	30	0,54	676	0	6,299E+09	0,04	7,22
BT5	3x(3x185)+2G185	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	20	5	30	0,54	676	0	6,299E+09	0,04	7,22
BT6	3x(1x150)+1x95+1G95	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	213	161	4,601E+08	-0,051	7,09
BT7	3x(1x150)+1x95+1G95	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	213	161	4,601E+08	0	0

**Legenda**

- Lc: lunghezza cavo [m]
- Prx.: numero circuiti in prossimità
- T: temperatura ambiente [°C]
- Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib
- CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze (neutri separati)
- CI: utilizza il Conduttore di un'altra utenza
- [PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze
- PEI: utilizza il PE di un'altra utenza

Sigla utenza	Coord. $I_b < I_n < I_z$	PdI	$K^2 S^2 > I^2 t$	Sg. mag. < I magmax	Contatti ind.
<b>+CABINA.Q_BT</b>					
IG1	628 <= 900 A ( $I_b < I_n$ )	42 >= 15,57 kA	Verificato	5.400 < 12.022 A	Verificato
IG2	0 <= 900 A ( $I_b < I_n$ )	42 >= 0 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
COM	628 <= 900 A ( $I_b < I_n$ )		Verificato		Verificato
IGGE	0 <= 1000 <= 1019,2 A		Verificato		Verificato
BT1	36,1 <= 175 <= 187,2 A	36 >= 15,57 kA	Verificato	875 < 11.081 A	Verificato
BT2	100,2 <= 200 <= 213 A	36 >= 15,57 kA	Verificato	2.000 < 10.088 A	Verificato
BT3	65,6 <= 128 <= 133,2 A	36 >= 15,57 kA	Verificato	640 < 7.110 A	Verificato
BT4	356,3 <= 630 <= 675,5 A	36 >= 15,67 kA	Verificato	6.300 < 11.482 A	Verificato
BT5	356,3 <= 630 <= 675,5 A	36 >= 15,67 kA	Verificato	6.300 < 11.482 A	Verificato
BT6	136,3 <= 160 <= 213 A	36 >= 15,57 kA	Verificato	960 < 11.163 A	Verificato
BT7	0 <= 200 <= 213 A	36 >= 15,57 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
BT8	0 <= 400 A ( $I_b < I_n$ )	36 >= 15,57 kA	Verificato	2.400 < 12.022 A	Verificato
BT9	0 <= 400 A ( $I_b < I_n$ )	36 >= 15,57 kA	Verificato	2.400 < 12.022 A	Verificato
GE0	0 <= 900 A ( $I_b < I_n$ )	42 >= 14,8 kA	Verificato	5.400 < 11.558 A	Verificato

**Legenda**

- PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione
- I magmax: corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima
- $K^2 S^2 > I^2 t$ : verifica a cortocircuito della linea

**Q\_CA**

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
<b>+CABINA.Q CA</b>													
IGCA_2	0	1	0	1	0	0	n.d.	400	TN-S	3	0	400	123,2
IGCA_1	70,668	1	70,668	1	46,686	0	0,834	400	TN-S	3	134,4	158,8	123,2
CA1	4,379	1	4,379	1	2,121	0	0,9	400	TN-S	3	8,3	96	105
CA2	33,819	1	33,819	1	25,99	0	0,793	400	TN-S	3	72,6	128	133,2
CA3	32,47	1	32,47	1	18,575	0	0,868	400	TN-S	3	54	128	161,4
CA4	0	1	0	1	0	0	0,9	400	TN-S	3	0	128	108
CA5	0	1	0	1	0	0	0,9	400	TN-S	3	0	128	39,6

**Legenda**

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Qn: potenza rettiva dei carichi a valle dell'utenza

Qrif: potenza rettiva nominale di rifasamento locale di un'utenza terminale

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
<b>+CABINA.Q_CA</b>													
CA1	3x(1x50)+1x25+1G25	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	15	5	30	0,6	105	70	5,112E+07	0,12	7,6
CA2	3x(1x70)+1x35+1G35	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	15	5	30	0,6	133	86	1,002E+08	0,35	7,6
CA3	3x(1x95)+1x50+1G50	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	10	5	30	0,6	161	105	1,846E+08	0,15	7,39

**Legenda**

- Lc: lunghezza cavo [m]
- Prx.: numero circuiti in prossimità
- T: temperatura ambiente [°C]
- Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib
- CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze (neutri separati)
- |C|: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze
- Ci: utilizza il Conduttore di un'altra utenza
- [PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze
- PEi: utilizza il PE di un'altra utenza

Sigla utenza	Coord. Ib<In<Iz	PdI	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> >I <sup>2</sup> t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
<b>+CABINA.Q_CA</b>					
IGCA_2	0 <= 400 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
IGCA_1	134,4 <= 158,8 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
CA1	8,3 <= 96 <= 105 A	36 >= 13,42 kA	Verificato	480 < 5,482 A	Verificato
CA2	72,6 <= 128 <= 133,2 A	36 >= 13,42 kA	Verificato	640 < 6,325 A	Verificato
CA3	54 <= 128 <= 161,4 A	36 >= 13,42 kA	Verificato	640 < 7,916 A	Verificato
CA4	0 <= 128 A (Ib < In)	36 >= 13,42 kA	Verificato	640 < 10,088 A	Verificato
CA5	0 <= 128 A (Ib < In)	36 >= 13,42 kA	Verificato	640 < 10,088 A	Verificato

**Legenda**

PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione

I magmax: corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima

K<sup>2</sup>S<sup>2</sup>>I<sup>2</sup>t: verifica a cortocircuito della linea

Q\_IL

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
<b>+CABINA.Q_IL</b>													
IGN_IL	58,883	1	58,883	1	28,518	n.d.	0,9	400	TN-S	3	100,2	200	39,6
ILN_ME1	4,379	1	4,379	1	2,121	n.d.	0,9	400	TN-S	3	8,3	64	135,2
ILN_ME2	50,523	1	50,523	1	24,469	n.d.	0,9	400	TN-S	3	85	112	161,4
ILN_ME3	3,981	1	3,981	1	1,928	n.d.	0,9	400	TN-S	3	6,9	64	105
PO1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	23,3
PO2/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	23,3
PO3/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PO4/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PO5/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PO6/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PO7/ME	0,2	1	0,2	1	0,097	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (LI-N)	1	6	26,4
PO8/ME	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	26,4
ILN_ME2/1	50,523	1	50,523	1	24,469	n.d.	0,9	400	TN-S	3	85	112	41,1
ILN_ME3/1	3,981	1	3,981	1	1,928	n.d.	0,9	400	TN-S	3	6,9	20	41,1
PO1/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	42
PO2/1/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	42
PO3/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
PO4/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
PO5/1/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
PO6/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
RI1/ME	12,717	1	12,717	1	6,159	n.d.	0,9	400	TN-S	3	20,8	40	102,7
RI2/ME	12,717	1	12,717	1	6,159	n.d.	0,9	400	TN-S	3	20,8	40	102,7
RI3/ME	6,353	1	6,353	1	3,077	n.d.	0,9	400	TN-S	3	11,3	25	83,7
RI4/ME	6,353	1	6,353	1	3,077	n.d.	0,9	400	TN-S	3	11,3	25	83,7
RI5/ME	6,191	1	6,191	1	2,999	n.d.	0,9	400	TN-S	3	10,3	25	67,5
RI6/ME	6,191	1	6,191	1	2,999	n.d.	0,9	400	TN-S	3	10,3	25	67,5
RU1/ME	1,99	1	1,99	1	0,964	n.d.	0,9	400	TN-S	3	3,5	10	32,4
RU2/ME	1,99	1	1,99	1	0,964	n.d.	0,9	400	TN-S	3	3,5	10	32,4
IGCA_IL	4,379	1	4,379	1	2,121	n.d.	0,9	400	TN-S	3	8,3	48	39,6

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
PE1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	23,3
PE2/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	23,3
PE3/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PE4/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PE5/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PE6/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	18,2
PE7/ME	0,2	1	0,2	1	0,097	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	1	6	26,4
PE8/ME	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	26,4
PE1/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	42
PE2/1/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	42
PE3/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
PE4/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
PE5/1/ME	0,76	1	0,76	1	0,368	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7
PE6/1/ME	0,665	1	0,665	1	0,322	n.d.	0,9	400	TN-S	3	1,4	6	32,7

Legenda

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Qn: potenza reattiva dei carichi a valle dell'utenza

Qrif: potenza reattiva nominale di rifasamento locale di un'utenza terminale

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
ILN_ME2	3x(1x95)+1x50+1G50	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	15	5	30	0,6	161	105	1,846E+08	0,24	7,5
ILN_ME3	3x(1x50)+1x25+1G25	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	20	5	30	0,6	105	70	5,112E+07	0,1	7,62
PO1/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	715	8	30	0,57	23	23	7,362E+05	2,23	16,84
PO2/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	700	8	30	0,57	23	23	7,362E+05	2,14	16,63
PO3/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	455	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	2,06	16,37
PO4/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	440	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	2,02	16,07
PO5/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	265	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	1,2	12,56
PO6/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	250	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	1,2	12,26
PO1/1/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	42	42	7,362E+05	2,67	20,29
PO2/1/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	42	42	7,362E+05	2,57	20,09
PO3/1/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	2,71	21,54
PO4/1/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	2,67	21,24
PO5/1/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	1,84	17,73
PO6/1/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	1,86	17,43
RI1/ME	3x(1x70)+1x35	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	900	8	30	0,56	103	68	1,002E+08	3,1	13,24
RI2/ME	3x(1x70)+1x35	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	915	8	30	0,56	103	68	1,002E+08	3,15	13,33
RI3/ME	3x(1x50)+1x25	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	900	8	30	0,56	84	56	5,112E+07	2,85	12,89
RI4/ME	3x(1x50)+1x25	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	915	8	30	0,56	84	56	5,112E+07	2,89	12,98
RI5/ME	3x(1x35)+1x16	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	900	8	30	0,56	68	43	2,505E+07	2,95	14,49
RI6/ME	3x(1x35)+1x16	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	915	8	30	0,56	68	43	2,505E+07	3	14,61
RU1/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	285	2	30	0,79	32	32	7,362E+05	2,06	13,49
RU2/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	300	2	30	0,79	32	32	7,362E+05	2,16	13,8
PE1/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	715	8	30	0,57	23	23	7,362E+05	2,28	17,15
PE2/ME	4x6	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	700	8	30	0,57	23	23	7,362E+05	2,19	16,95
PE3/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	455	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	2,1	16,68
PE4/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	440	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	2,02	16,38
PE5/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	265	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	1,21	12,88
PE6/ME	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	250	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	1,25	12,57
PE1/1/ME	4x6	FTG100M1 0.6/1 kV	EPR	RAAME	260	8	20	0,78	42	42	7,362E+05	2,76	20,61

+CABINA.Q\_IL

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
PE2/1/ME	4x6	FTG100M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	260	8	20	0,78	42	42	7,362E+05	2,66	20,4
PE3/1/ME	4x4	FTG100M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	2,73	21,85
PE4/1/ME	4x4	FTG100M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	2,65	21,55
PE5/1/ME	4x4	FTG100M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	1,78	18,05
PE6/1/ME	4x4	FTG100M1 0.6/1 kV	EPR	RAME	260	8	20	0,78	33	33	3,272E+05	1,84	17,75

**Legenda**

- Lc: lunghezza cavo [m]
- Prx.: numero circuiti in prossimità
- T: temperatura ambiente [°C]
- Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib
- CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze (neutri separati)
- Ci: utilizza il Conduttore di un'altra utenza
- [PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze
- PEi: utilizza il PE di un'altra utenza

Sigla utenza	Coord. Ib < In < Iz	PdI	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> >I <sup>2</sup> t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
<b>+CABINA.Q_IL</b>					
IGN_IL	100,2 <= 200 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
ILN_ME1	8,3 <= 64 A (Ib < In)	36 >= 13,42 kA	Verificato	320 < 10.088 A	Verificato
ILN_ME2	85 <= 112 <= 161,4 A	36 >= 13,42 kA	Verificato	560 < 7.083 A	Verificato
ILN_ME3	6,9 <= 64 <= 105 A	36 >= 13,42 kA	Verificato	320 < 4.678 A	Verificato
PO1/ME	1,4 <= 6 <= 23,3 A	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 36 A	Verificato
PO2/ME	1,4 <= 6 <= 23,3 A	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 37 A	Verificato
PO3/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 38 A	Verificato
PO4/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 39 A	Verificato
PO5/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 65 A	Verificato
PO6/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 69 A	Verificato
PO7/ME	1 <= 6 A (Ib < In)	50 >= 11,75 kA	Verificato	30 < 10.085 A	Verificato
PO8/ME	0 <= 6 A (Ib < In)	25 >= 13,42 kA	Verificato	30 < 10.088 A	Verificato
ILN_ME2/1	85 <= 112 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
ILN_ME3/1	6,9 <= 20 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
PO1/1/ME	1,4 <= 6 <= 42 A		Verificato		Verificato
PO2/1/ME	1,4 <= 6 <= 42 A		Verificato		Verificato
PO3/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
PO4/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
PO5/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
PO6/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
RI1/ME	20,8 <= 40 <= 102,7 A	20 >= 11,88 kA	Verificato	200 < 222 A	Verificato
RI2/ME	20,8 <= 40 <= 102,7 A	20 >= 11,88 kA	Verificato	200 < 218 A	Verificato
RI3/ME	11,3 <= 25 <= 83,7 A	25 >= 11,88 kA	Verificato	125 < 161 A	Verificato
RI4/ME	11,3 <= 25 <= 83,7 A	25 >= 11,88 kA	Verificato	125 < 158 A	Verificato
RI5/ME	10,3 <= 25 <= 67,5 A	25 >= 11,88 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
RI6/ME	10,3 <= 25 <= 67,5 A	25 >= 11,88 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
RU1/ME	3,5 <= 10 <= 32,4 A	25 >= 10,45 kA	Verificato	50 < 90 A	Verificato
RU2/ME	3,5 <= 10 <= 32,4 A	25 >= 10,45 kA	Verificato	50 < 85 A	Verificato
IGCA_IL	8,3 <= 48 A (Ib < In)		Verificato		Verificato

Sigla utenza	Coord. Ib < In < Iz	PdI	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> > I <sup>2</sup> t	Sg. mag. < I magmax	Contatti ind.
PE1/ME	1,4 <= 6 <= 23,3 A	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 36 A	Verificato
PE2/ME	1,4 <= 6 <= 23,3 A	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 37 A	Verificato
PE3/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 38 A	Verificato
PE4/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 39 A	Verificato
PE5/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 65 A	Verificato
PE6/ME	1,4 <= 6 <= 18,2 A	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 69 A	Verificato
PE7/ME	1 <= 6 A (Ib < In)	50 >= 7,52 kA	Verificato	30 < 5.480 A	Verificato
PE8/ME	0 <= 6 A (Ib < In)	25 >= 11,14 kA	Verificato	30 < 5.482 A	Verificato
PE1/1/ME	1,4 <= 6 <= 42 A		Verificato		Verificato
PE2/1/ME	1,4 <= 6 <= 42 A		Verificato		Verificato
PE3/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
PE4/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
PE5/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato
PE6/1/ME	1,4 <= 6 <= 32,7 A		Verificato		Verificato

Legenda

- PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione
- I magmax: corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima
- K<sup>2</sup>S<sup>2</sup> > I<sup>2</sup>t: verifica a cortocircuito della linea

**Q\_SA**

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
<b>+CABINA.Q_SA</b>													
IGN_SA	33,053	1	33,053	1	20,394	n.d.	0,851	400	TN-S	3	65,6	128	39,6
SAN_1	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_2	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_3	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_4	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_5	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_6	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_7	0,5	1	0,5	1	0,375	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,9	16	21
SAN_8	0,064	1	0,064	1	0,025	n.d.	0,93	231	TN-S	2 (L1-N)	0,3	0,6	18
SAN_9	0,193	1	0,193	1	0,076	n.d.	0,93	231	TN-S	2 (L2-N)	0,9	1	18
SAN_10	0,193	1	0,193	1	0,076	n.d.	0,93	231	TN-S	2 (L3-N)	0,9	1	18
SAN_11	0,193	1	0,193	1	0,076	n.d.	0,93	231	TN-S	2 (L1-N)	0,9	1	18
SAN_12	4,6	1	4,6	1	2,228	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	22,1	32	41,4
SAN_13	4,6	1	4,6	1	2,228	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	22,1	32	41,4
SAN_14	3,5	1	3,5	1	1,695	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	16,8	25	30,6
SAN_15	3,5	1	3,5	1	1,695	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	16,8	25	30,6
SAN_16	3,5	1	3,5	1	1,695	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	16,8	25	30,6
SAN_17	3,5	1	3,5	1	1,695	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	16,8	25	30,6
SAN_18	6,5	1	6,5	1	4,875	n.d.	0,8	400	TN-S	3	11,7	16	21
SAN_19	2,6	1	2,6	1	1,95	n.d.	0,8	400	TN-S	3	4,7	6,3	21
SAN_20	1,5	1	1,5	1	1,125	n.d.	0,8	400	TN-S	3	2,7	16	21
SAN_21	1,1	1	1,1	1	0,825	n.d.	0,8	400	TN-S	3	2	16	21
SAN_22	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	4,8	16	36,8
SAN_23	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	4,8	16	36,8
SAN_24	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	4,8	16	80,4
SAN_25	1	1	1	1	0,484	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	4,8	16	80,4
SAN_26	1,5	1	1,5	1	1,125	n.d.	0,8	400	TN-S	3	8,1	16	130,9
SAN_27	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	48
SAN_28	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	16	15,6

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
SAN_29	0	1	0	1	0	0	n.d.	400	TN-S	3	0	16	15,6
SAN_30	0	1	0	1	0	0	n.d.	400	TN-S	3	0	16	15,6
SAN_31	0	1	0	1	0	0	n.d.	231	TN-S	2 (L2-N)	0	16	15,6
SAN_32	0	1	0	1	0	0	n.d.	231	TN-S	2 (L2-N)	0	16	15,6
IGCA_SA	33,819	1	33,819	1	25,99	0	0,793	400	TN-S	3	72,6	128	39,6
IGCA_LT	16,485	1	16,485	1	13,186	0	0,781	400	TN-S	3	44,2	124	18,2
IGCA_RC	10,396	1	10,396	1	7,624	0	0,806	400	TN-S	3	21	70	18,2
IGCA_EX	6,938	1	6,938	1	5,18	0	0,801	400	TN-S	3	14,2	52	18,2
SAC_LT1	0,5	1	0,5	1	0,375	0	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	2,7	6	24
SAC_LT2	0,09	1	0,09	1	0,044	0	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0,4	6	18
SAC_LT3	0,09	1	0,09	1	0,044	0	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	0,4	6	18
SAC_LT4	0,13	1	0,13	1	0,063	0	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0,6	6	18
SAC_LT5	0,175	1	0,175	1	0,085	0	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0,8	6	18
SAC_LT6	0,09	1	0,09	1	0,044	0	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	0,4	6	18
SAC_LT7	0,175	1	0,175	1	0,085	0	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0,8	6	18
SAC_LT8	0,175	1	0,175	1	0,085	0	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0,8	6	18
SAC_LT9	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	2,4	6	18
SAC_LT10	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	2,4	6	18
SAC_LT11	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	2,4	6	18
SAC_LT12	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	2,4	6	18
SAC_LT13	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	2,4	6	18
SAC_LT14	1	1	1	1	0,75	0	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	5,4	10	18
SAC_LT15	0,3	1	0,3	1	0,145	0	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	1,4	6	18
SAC_LT16	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	2,4	6	18
SAC_LT17	0,217	1	0,217	1	0,187	0	0,757	231	TN-S	2 (L2-N)	1,2	6	19,2
SAC_LT18	0,167	1	0,167	1	0,195	0	0,65	231	TN-S	2 (L3-N)	1,1	6	n.d.
SAC_LT19	2	1	2	1	2,04	0	0,7	231	TN-S	2 (L1-N)	12,4	16	20,8
SAC_LT20	0,2	1	0,2	1	0,097	0	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	1	6	24
SAC_LT21	0,2	1	0,2	1	0,097	0	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	1	6	24
SAC_LT22	0,5	1	0,5	1	0,242	0	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	2,4	6	24

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
SAC_LT23	0,12	1	0,12	1	0,058	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0,6	6	24
SAC_LT24	1,8	1	1,8	1	1,836	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L3-N)	11,1	16	24
SAC_LT25	1,8	1	1,8	1	1,836	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L3-N)	11,1	16	24
SAC_LT26	1,5	1	1,5	1	1,53	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L1-N)	9,3	16	24
SAC_LT27	1,5	1	1,5	1	1,53	n.d.	0,7	231	TN-S	2 (L1-N)	9,3	16	24
SAC_LT28	0,5	1	0,5	1	0,242	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	2,4	32	41,4
SAC_LT29	0,26	1	0,26	1	0,126	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	1,3	6	18
SAC_LT30	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	10	19,2
SAC_LT31	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	19,2
SAC_LT32	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	19,2
SAC_LT33	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	19,2
SAC_LT34	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	19,2
SAC_1	0,225	1	0,225	1	0,109	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	1,1	6	27,9
SAC_2	0,4	1	0,4	1	0,194	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	1,9	6	37,6
SAC_3	5,848	1	5,848	1	4,386	n.d.	0,8	400	TN-S	3	11,4	16	68,9
SAC_4	0,325	1	0,325	1	0,244	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,8	6	27,9
SAC_5	0,192	1	0,192	1	0,144	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1	6	22,2
SAC_6	0,312	1	0,312	1	0,234	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,7	6	27,9
SAC_7	0,05	1	0,05	1	0,037	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	0,3	6	22,2
SAC_8	0,06	1	0,06	1	0,045	n.d.	0,8	400	TN-S	3	0,2	6	18,2
SAC_9	0,9	1	0,9	1	0,675	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	4,9	6	48,9
SAC_10	0,6	1	0,6	1	0,45	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	3,2	6	37,6
SAC_11	0,18	1	0,18	1	0,135	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1	6	22,2
SAC_12	0,12	1	0,12	1	0,09	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	0,6	6	22,2
SAC_13	0,55	1	0,55	1	0,412	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	3	6	37,6
SAC_14	0,035	1	0,035	1	0,019	n.d.	0,875	231	TN-S	2 (L1-N)	0,2	6	22,2
SAC_15	0,6	1	0,6	1	0,45	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	3,2	6	37,6
SAC_16	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	19,2
SAC_17	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	19,2
SAC_18	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L3-N)	0	6	19,2

Sigla utenza	Pn [kW]	Coef.	Pd [kW]	Carichi	Qn [kVAR]	Qrif [kVAR]	Cos $\phi$	Vn [V]	Sistema	Cond. att.	Ib [A]	In [A]	Iz [A]
SAC_EX1	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L1-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX2	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX3	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0,1	6	18,2
SAC_EX4	5,599	1	5,599	1	4,199	n.d.	0,8	400	TN-S	3	10,8	16	41
SAC_EX5	0,05	1	0,05	1	0,037	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	0,3	6	22,2
SAC_EX6	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L3-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX7	0,3	1	0,3	1	0,225	n.d.	0,8	231	TN-S	2 (L2-N)	1,6	6	22,2
SAC_EX8	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L1-N)	0	6	22,2
SAC_EX9	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	231	TN-S	2 (L2-N)	0	6	22,2
SAC_EX10	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	22,2
SAC_EX11	0	1	0	1	0	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0	6	22,2
TR_24	0,217	1	0,217	1	0,187	n.d.	0,757	231	TN-S	2 (L2-N)	1,2	1,9	19,2
RAD	0,167	1	0,167	1	0,195	n.d.	0,65	231	TN-S	2 (L3-N)	1,1	11	n.d.
SAC_EX3/1	0,09	1	0,09	1	0,044	n.d.	0,9	400	TN-S	3	0,1	6	19,2
AUX_AC	0,2	1	0,2	1	0,097	n.d.	0,9	24	TN-S	2 (L2-N)	9,3	17,7	19,2
AUX_DC	0,15	1	0,15	1				24	TN-S	2	6,3	11	35,9

Legenda

Pn: potenza nominale dei carichi a valle dell'utenza.

Pd: potenza di dimensionamento dell'utenza.

Qn: potenza rettiva dei carichi a valle dell'utenza

Qrif: potenza rettiva nominale di rifasamento locale di un'utenza terminale

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
SAN_1	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	25	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,21	8,28
SAN_2	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,2	8,11
SAN_3	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,19	7,93
SAN_4	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,18	7,75
SAN_5	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,19	7,93
SAN_6	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,2	8,11
SAN_7	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,19	7,93
SAN_8	3G2.5	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	25	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,09	7,53
SAN_9	3G2.5	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,34	7,56
SAN_10	3G2.5	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,15	7,56
SAN_11	3G2.5	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,14	7,52
SAN_12	3G10	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	41	41	2,045E+06	0,83	8,32
SAN_13	3G10	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	41	41	2,045E+06	0,65	8,32
SAN_14	3G6	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	31	31	7,362E+05	0,58	8,23
SAN_15	3G6	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	31	31	7,362E+05	0,74	8,23
SAN_16	3G6	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	31	31	7,362E+05	0,84	8,64
SAN_17	3G6	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	31	31	7,362E+05	0,86	8,64
SAN_18	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,68	8,11
SAN_19	4G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	21	0	3,272E+05	0,27	7,68
SAN_20	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,28	8,11
SAN_21	5G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	21	21	3,272E+05	0,25	8,11
SAN_22	2x10	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	275	8	30	0,56	37	37	2,045E+06	2,57	15,93
SAN_23	2x10	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	290	8	30	0,56	37	37	2,045E+06	2,71	16,4
SAN_24	2x(1x35)	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	900	8	30	0,56	80	80	2,505E+07	2,72	15,87
SAN_25	2x(1x35)	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	915	8	30	0,56	80	80	2,505E+07	2,77	16,01
SAN_26	3x(1x70)+1x35	FG7M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	835	3	30	0,71	131	86	1,002E+08	2,94	11,23
SAC_LT1	3G4	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,53	8
SAC_LT2	3G2.5	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	25	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,15	8,79
SAC_LT3	3G2.5	FG70M1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,19	8,55

+CABINA.Q\_SA

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
SAC_LT4	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,42	8,31
SAC_LT5	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,14	8,08
SAC_LT6	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,17	8,31
SAC_LT7	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,48	8,55
SAC_LT8	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,17	8,31
SAC_LT9	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	25	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,6	8,79
SAC_LT10	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,63	8,31
SAC_LT11	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,26	8,08
SAC_LT12	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,41	8,31
SAC_LT13	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,54	8,08
SAC_LT14	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,45	8,31
SAC_LT15	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	20	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,35	8,55
SAC_LT16	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,63	8,31
SAC_LT19	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	8	30	0,52	21	21	3,272E+05	1,06	8,53
SAC_LT20	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,14	8,04
SAC_LT21	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,19	8,04
SAC_LT22	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,53	8,04
SAC_LT23	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,11	8,04
SAC_LT24	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,76	8,53
SAC_LT25	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,76	8,53
SAC_LT26	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,88	8,53
SAC_LT27	3G4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	24	24	3,272E+05	0,88	8,53
SAC_LT28	2x10	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	15	5	30	0,6	41	41	2,045E+06	0,14	8,53
SAC_LT29	3G2.5	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	10	5	30	0,6	18	18	1,278E+05	0,17	8,08
SAC_1	2x6	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	845	8	30	0,57	28	28	7,362E+05	2,37	24,54
SAC_2	2x10	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	845	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	2,41	17,43
SAC_3	3x(1x35)+1x16	FG7M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	970	8	30	0,57	69	44	2,505E+07	3,16	12,32
SAC_4	2x6	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	845	8	30	0,57	28	28	7,362E+05	3,04	22,89
SAC_5	2x4	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	825	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	3,03	30,09
SAC_6	2x6	FG70M1 0.6/1 KV	EPR	RAIME	920	8	30	0,57	28	28	7,362E+05	3,23	24,28

Sigla utenza	Formazione	Designazione	Isol.	Mat.	Lc	Prx.	T	k	Iz [A]	IzN [A]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup> (F) [A <sup>2</sup> s]	Cdt %	CdtIn%
SAC_7	2x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	1110	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	1,67	38,16
SAC_8	4x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	970	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	0,81	34,18
SAC_9	2x16	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	845	8	30	0,57	49	49	5,235E+06	3,1	13,24
SAC_10	2x10	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	725	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	3,36	15,2
SAC_11	2x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	845	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	2,77	30,65
SAC_12	2x4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	745	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	1,73	27,85
SAC_13	2x10	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	1125	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	3,51	19,45
SAC_14	3G4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	180	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,5	12,82
SAC_15	2x10	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	710	8	30	0,57	38	38	2,045E+06	3,28	15,04
SAC_EX1	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	245	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	2,09	14,14
SAC_EX2	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	75	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,61	9,59
SAC_EX3	5G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	8	30	0,57	18	18	3,272E+05	0,35	7,9
SAC_EX4	5G16	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	575	8	30	0,57	41	41	5,235E+06	3,24	13,26
SAC_EX5	3G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	255	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,42	14,42
SAC_EX6	3G4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,26	8,13
SAC_EX7	3G4	FG7OM1 0.6/1 kV	EPR	RAIME	20	8	30	0,57	22	22	3,272E+05	0,21	8,13
SAC_EX3/1	5G4	FG7OR 0.6/1 kV	EPR	RAIME	245	8	20	0,6	19	19	3,272E+05	0,44	11,55

#### Legenda

- Lc: lunghezza cavo [m]
- Prx.: numero circuiti in prossimità
- T: temperatura ambiente [°C]
- Cdt %: caduta di tensione alla corrente Ib
- CdtIn %: caduta di tensione alla corrente In
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze
- [C]: il Conduttore dell'utenza è comune ad altre utenze (neutri separati)
- CI: utilizza il Conduttore di un'altra utenza
- [PE]: il PE dell'utenza è comune ad altre utenze
- PEI: utilizza il PE di un'altra utenza

Sigla utenza	Coord. Ib<In<Iz	PdI	K²S²>I²t	Sg. mag.<I magmax	Contatti ind.
<b>+CABINA.Q_SA</b>					
IGN_SA	65,6<=128 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
SAN_1	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<643 A	Verificato
SAN_2	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<788 A	Verificato
SAN_3	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<1.019 A	Verificato
SAN_4	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<1.438 A	Verificato
SAN_5	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<1.019 A	Verificato
SAN_6	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<788 A	Verificato
SAN_7	0,9<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<1.019 A	Verificato
SAN_8	0,3<=0,6<=18 A	100>=8,95 kA	Verificato	8<411 A	Verificato
SAN_9	0,9<=1<=18 A	100>=8,95 kA	Verificato	10<507 A	Verificato
SAN_10	0,9<=1<=18 A	100>=8,95 kA	Verificato	10<507 A	Verificato
SAN_11	0,9<=1<=18 A	100>=8,95 kA	Verificato	10<663 A	Verificato
SAN_12	22,1<=32<=41,4 A	40>=8,95 kA	Verificato	320<2.187 A	Verificato
SAN_13	22,1<=32<=41,4 A	40>=8,95 kA	Verificato	320<2.187 A	Verificato
SAN_14	16,8<=25<=30,6 A	50>=8,95 kA	Verificato	250<1.976 A	Verificato
SAN_15	16,8<=25<=30,6 A	50>=8,95 kA	Verificato	250<1.976 A	Verificato
SAN_16	16,8<=25<=30,6 A	50>=8,95 kA	Verificato	250<1.436 A	Verificato
SAN_17	16,8<=25<=30,6 A	50>=8,95 kA	Verificato	250<1.436 A	Verificato
SAN_18	11,7<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<788 A	Verificato
SAN_19	4,7<=6,3<=21 A	100>=12,59 kA	Verificato	63<788 A	Verificato
SAN_20	2,7<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<788 A	Verificato
SAN_21	2<=16<=21 A	25>=12,59 kA	Verificato	160<788 A	Verificato
SAN_22	4,8<=16<=36,8 A	50>=8,95 kA	Verificato	160<160 A	Verificato
SAN_23	4,8<=16<=36,8 A	50>=8,95 kA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAN_24	4,8<=16<=80,4 A	50>=8,95 kA	Verificato	160<167 A	Verificato
SAN_25	4,8<=16<=80,4 A	50>=8,95 kA	Verificato	160<165 A	Verificato
SAN_26	8,1<=16<=130,9 A	25>=12,59 kA	Verificato	80<238 A	Verificato
SAN_27	0<=10 A (Ib < In)	100>=12,59 kA	Verificato	100<7.110 A	Verificato
SAN_28	0<=16 A (Ib < In)	25>=12,59 kA	Verificato	160<7.110 A	Verificato

<b>Sigla utenza</b>	<b>Coord. Ib&lt;In&lt;Iz</b>	<b>PdI</b>	<b>K²S²&gt;I²t</b>	<b>Sg. mag.&lt;I magmax</b>	<b>Contatti ind.</b>
SAN_29	0<=16 A (Ib < In)	25>=12,59 kA	Verificato	160<7.110 A	Verificato
SAN_30	0<=16 A (Ib < In)	25>=12,59 kA	Verificato	160<7.110 A	Verificato
SAN_31	0<=16 A (Ib < In)	50>=8,95 kA	Verificato	160<7.109 A	Verificato
SAN_32	0<=16 A (Ib < In)	50>=8,95 kA	Verificato	160<7.109 A	Verificato
IGCA_SA	72,6<=128 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
IGCA_LT	44,2<=124 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
IGCA_RC	21<=70 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
IGCA_EX	14,2<=52 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
SAC_LT1	2,7<=6<=24 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<1.003 A	Verificato
SAC_LT2	0,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<408 A	Verificato
SAC_LT3	0,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<504 A	Verificato
SAC_LT4	0,6<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<657 A	Verificato
SAC_LT5	0,8<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<943 A	Verificato
SAC_LT6	0,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<657 A	Verificato
SAC_LT7	0,8<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<504 A	Verificato
SAC_LT8	0,8<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<657 A	Verificato
SAC_LT9	2,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<408 A	Verificato
SAC_LT10	2,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<657 A	Verificato
SAC_LT11	2,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<943 A	Verificato
SAC_LT12	2,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<657 A	Verificato
SAC_LT13	2,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<943 A	Verificato
SAC_LT14	5,4<=10<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	50<943 A	Verificato
SAC_LT15	1,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<504 A	Verificato
SAC_LT16	2,4<=6<=18 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<657 A	Verificato
SAC_LT17	1,2<=6 A (Ib < In)	20>=8 kA	Verificato	30<6.324 A	Verificato
SAC_LT18	1,1<=6 A (Ib < In)	20>=8,51 kA	Verificato	30<6.324 A	Verificato
SAC_LT19	12,4<=16<=20,8 A	20>=8,51 kA	Verificato	80<1.003 A	Verificato
SAC_LT20	1<=6<=24 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<1.003 A	Verificato
SAC_LT21	1<=6<=24 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<1.003 A	Verificato
SAC_LT22	2,4<=6<=24 A	20>=8,51 kA	Verificato	30<1.003 A	Verificato

<b>Sigla utenza</b>	<b>Coord. Ib &lt; In &lt; Iz</b>	<b>PdI</b>	<b>K<sup>2</sup>S<sup>2</sup>&gt;I<sup>2</sup>t</b>	<b>Sg. mag.&lt;I magmax</b>	<b>Contatti ind.</b>
SAC_LT23	0,6<=6<=24 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<1.003 A	Verificato
SAC_LT24	11,1<=16<=24 A	20>=8,51 KA	Verificato	80<1.003 A	Verificato
SAC_LT25	11,1<=16<=24 A	20>=8,51 KA	Verificato	80<1.003 A	Verificato
SAC_LT26	9,3<=16<=24 A	20>=8,51 KA	Verificato	80<1.003 A	Verificato
SAC_LT27	9,3<=16<=24 A	20>=8,51 KA	Verificato	80<1.003 A	Verificato
SAC_LT28	2,4<=32<=41,4 A	20>=8 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_LT29	1,3<=6<=18 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<943 A	Verificato
SAC_LT30	0<=10 A (Ib < In)	50>=11,6 KA	Verificato	50<6.325 A	Verificato
SAC_LT31	0<=6 A (Ib < In)	10>=8 KA	Verificato	30<6.324 A	Verificato
SAC_LT32	0<=6 A (Ib < In)	20>=8 KA	Verificato	30<6.324 A	Verificato
SAC_LT33	0<=6 A (Ib < In)	20>=8 KA	Verificato	30<6.324 A	Verificato
SAC_LT34	0<=6 A (Ib < In)	20>=8 KA	Verificato	30<6.324 A	Verificato
SAC_1	1,1<=6<=27,9 A	20>=8 KA	Verificato	30<31 A	Verificato
SAC_2	1,9<=6<=37,6 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<53 A	Verificato
SAC_3	11,4<=16<=68,9 A	25>=11,6 KA	Verificato	80<99 A	Verificato
SAC_4	1,8<=6<=27,9 A	20>=8 KA	Verificato	30<31 A	Verificato
SAC_5	1<=6<=22,2 A	20>=8 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_6	1,7<=6<=27,9 A	20>=8 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_7	0,3<=6<=22,2 A	10>=8 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_8	0,2<=6<=18,2 A	25>=11,6 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_9	4,9<=6<=48,9 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<83 A	Verificato
SAC_10	3,2<=6<=37,6 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<62 A	Verificato
SAC_11	1<=6<=22,2 A	20>=8,51 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_12	0,6<=6<=22,2 A	20>=8,51 KA	Verificato	Prot. contatti indiretti	Verificato
SAC_13	3<=6<=37,6 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<40 A	Verificato
SAC_14	0,2<=6<=22,2 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<95 A	Verificato
SAC_15	3,2<=6<=37,6 A	20>=8,51 KA	Verificato	30<63 A	Verificato
SAC_16	0<=6 A (Ib < In)	25>=11,6 KA	Verificato	30<6.325 A	Verificato
SAC_17	0<=6 A (Ib < In)	25>=11,6 KA	Verificato	30<6.325 A	Verificato
SAC_18	0<=6 A (Ib < In)	20>=8 KA	Verificato	30<6.324 A	Verificato

Sigla utenza	Coord. $I_b < I_n < I_z$	PdI	$K^2 S^2 > I^2 t$	Sg. mag. < I magmax	Contatti ind.
SAC_EX1	1,6 <= 6 <= 22,2 A	20 >= 8,51 kA	Verificato	60 < 70 A	Verificato
SAC_EX2	1,6 <= 6 <= 22,2 A	20 >= 8,51 kA	Verificato	60 < 225 A	Verificato
SAC_EX3	0,1 <= 6 <= 18,2 A	50 >= 11,6 kA	Verificato	30 < 779 A	Verificato
SAC_EX4	10,8 <= 16 <= 41 A	25 >= 11,6 kA	Verificato	80 < 122 A	Verificato
SAC_EX5	0,3 <= 6 <= 22,2 A	20 >= 8,51 kA	Verificato	30 < 68 A	Verificato
SAC_EX6	1,6 <= 6 <= 22,2 A	20 >= 8,51 kA	Verificato	30 < 779 A	Verificato
SAC_EX7	1,6 <= 6 <= 22,2 A	20 >= 8,51 kA	Verificato	30 < 779 A	Verificato
SAC_EX8	0 <= 6 A (Ib < In)	20 >= 8,51 kA	Verificato	30 < 6.324 A	Verificato
SAC_EX9	0 <= 6 A (Ib < In)	20 >= 8,51 kA	Verificato	30 < 6.324 A	Verificato
SAC_EX10	0 <= 6 A (Ib < In)	50 >= 11,6 kA	Verificato	30 < 6.325 A	Verificato
SAC_EX11	0 <= 6 A (Ib < In)	50 >= 11,6 kA	Verificato	30 < 6.325 A	Verificato
TR_24	1,2 <= 1,9 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
RAD	1,1 <= 11 A (Ib < In)		Verificato		Verificato
SAC_EX3/1	0,1 <= 6 <= 19,2 A		Verificato		Verificato
AUX_AC	9,3 <= 17,7 A (Ib < In)	120 >= 1,22 kA	Verificato		Verificato
AUX_DC	6,3 <= 11 A (Ib < In)	25 >= 0,11 kA	Verificato		Verificato

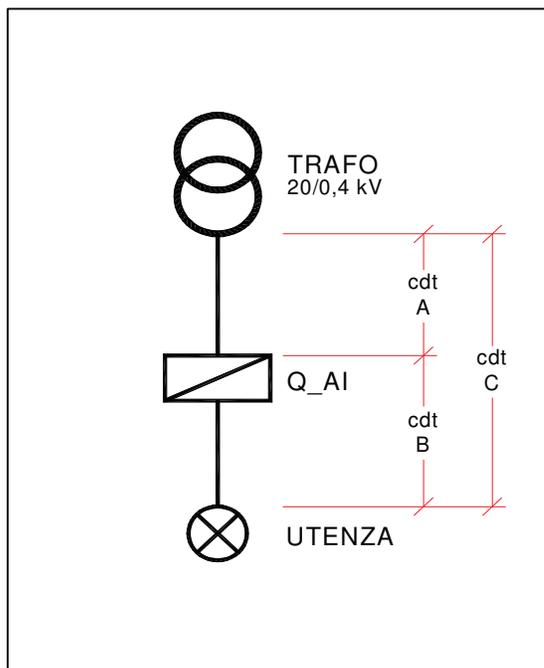
Legenda

- PdI: potere di interruzione o di corto circuito della protezione
- I magmax: corrente magnetica massima pari alla corrente di guasto minima
- $K^2 S^2 > I^2 t$ : verifica a cortocircuito della linea

**Q\_AI**

Per quanto attiene il calcolo delle cadute di tensione (c.d.t.), al fine di agevolare la lettura dei dati riportati nelle tabelle di calcolo allegate, viene riportata la seguente nota di chiarimento.

Il quadro Q\_AI della galleria Ramo C risulta derivato immediatamente a valle del trasformatore MT/BT-20/0,4kV ed è caratterizzato da una tensione nominale pari a 400V (vedi schema seguente).



L'origine dell'impianto, caratterizzato da tale livello di tensione nominale, coincide pertanto con i morsetti secondari del trasformatore MT/BT.

Ai sensi della Norma CEI 64-8/5 art. 525, si assume, per la caduta di tensione massima ammessa nella sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [C], un valore pari al 4%.

Tale valore risulta indicato anche nelle schede di calcolo allegate come "C.d.t. % Max ammessa: 4%".

Si precisa inoltre che nelle schede di calcolo allegate con la dicitura "C.d.t.% con I<sub>b</sub>" si intende la c.d.t. globale, ovvero relativa alla sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [C]. Essa deriva dalla somma dei due seguenti contributi [C=A+B]:

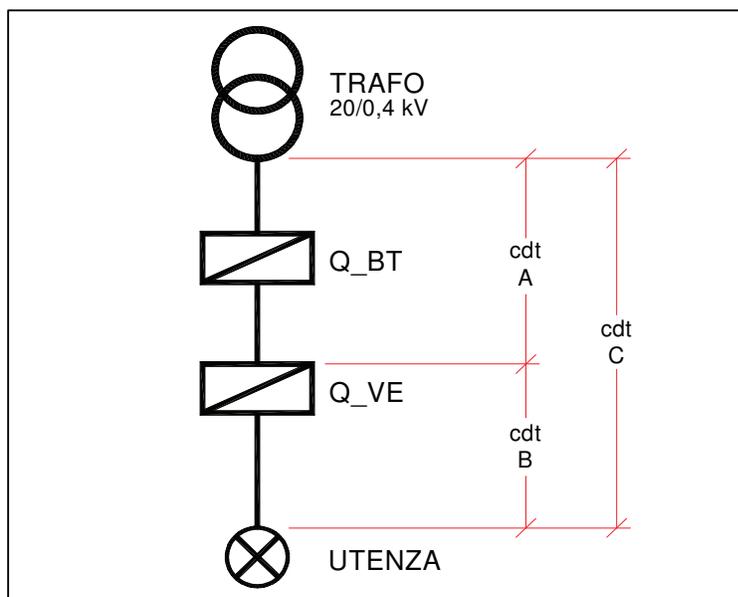
- contributo della sezione [A] dell'impianto costituita dal cavo immediatamente a valle dei morsetti del trasformatore MT/BT fino alla sezione di ingresso del quadro Q\_AI
- contributo della sezione [B] dell'impianto relativa alla parte compresa tra la sezione di ingresso del quadro Q\_AI e l'utenza terminale alimentata.



Q\_VE

Per quanto attiene il calcolo delle cadute di tensione (c.d.t.), al fine di agevolare la lettura dei dati riportati nelle tabelle di calcolo allegate, viene riportata la seguente nota di chiarimento.

Il quadro Q\_VE della galleria Ramo C risulta alimentato dal quadro Q\_BT ed è caratterizzato da una tensione nominale pari a 400V (vedi schema seguente).



L'origine dell'impianto, caratterizzato da tale livello di tensione nominale, coincide pertanto con i morsetti secondari del trasformatore MT/BT.

Ai sensi della Norma CEI 64-8/5 art. 525, si assume, per la caduta di tensione massima ammessa nella sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [C], un valore pari al 4%.

Per quanto attiene alla sezione di impianto compresa fra la sezione di ingresso del quadro Q\_VE e l'utenza terminale alimentata (indicata con la lettera B nello schema), la caduta di tensione massima ammessa risulta definita dalla differenza fra la c.d.t. globale massima ammessa [C=4%] e la c.d.t. dell'impianto a monte del Q\_VE [relativa alla sezione A dell'impianto che, nel caso specifico, vale 0,04%].

Ne deriva una c.d.t. ammessa per la sezione [B] dell'impianto pari a 3,94% ( $=4 - 0,04$ )

Tale valore risulta indicato anche nelle schede di calcolo allegate come "C.d.t. % Max ammessa: 3,94%".

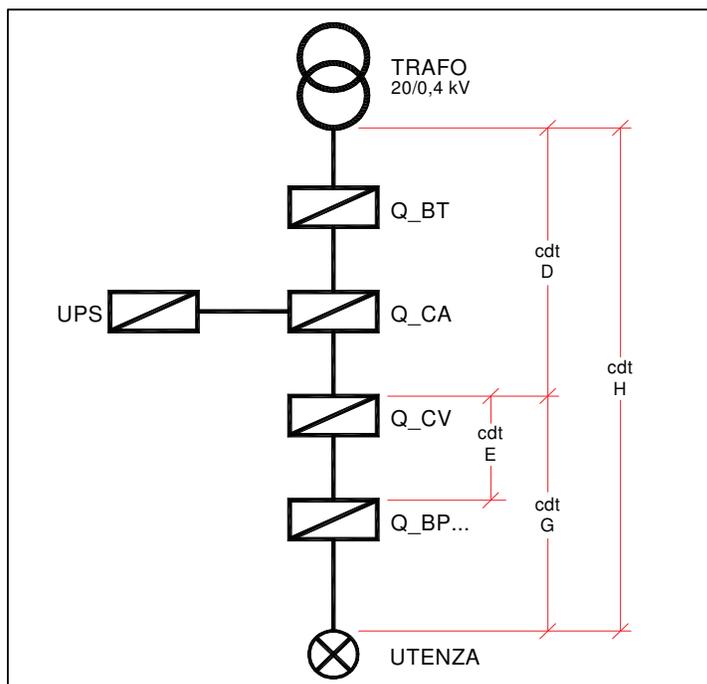




Q\_CV

Per quanto attiene il calcolo delle cadute di tensione (c.d.t.), al fine di agevolare la lettura dei dati riportati nelle tabelle di calcolo allegate, viene riportata la seguente nota di chiarimento.

Il quadro Q\_CV della galleria Ramo C risulta alimentato dal quadro Q\_CA ed è caratterizzato da una tensione nominale pari a 400V (vedi schema seguente).



L'origine dell'impianto, caratterizzato da tale livello di tensione nominale, coincide pertanto con i morsetti secondari del trasformatore MT/BT.

Ai sensi della Norma CEI 64-8/5 art. 525, si assume, per la caduta di tensione massima ammessa nella sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [H], un valore pari al 4%.

Per quanto attiene alla sezione di impianto compresa fra la sezione di ingresso del quadro Q\_CV e l'utenza terminale alimentata (indicata con la lettera G nello schema), la caduta di tensione massima ammessa risulta definita dalla differenza fra la c.d.t. globale massima ammessa [H=4%] e la c.d.t. dell'impianto a monte del Q\_CV [relativa alla sezione D dell'impianto che, nel caso specifico, vale 0,15%].

Ne deriva una c.d.t. ammessa per la sezione [G] dell'impianto pari a 3,85% ( $=4 - 0,15$ )

Tale valore risulta indicato anche nelle schede di calcolo allegate come "C.d.t. % Max ammessa: 3,85%".

Si precisa inoltre quanto segue:

- nelle schede di calcolo allegate, relative al Q\_CV, con la dicitura "C.d.t.% con I<sub>b</sub>" si intende la c.d.t. relativa alla sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [E] ovvero la c.d.t. che tra la sezione di ingresso del quadro Q\_CV e l'utenza terminale alimentata dal Q\_CV stesso
- nelle schede di calcolo allegate, relative ai quadri Q\_BP, con la dicitura "C.d.t.% con I<sub>b</sub>" si intende la c.d.t. relativa alla sezione di impianto evidenziata nello schema con la lettera [G] ovvero la c.d.t. che tra la sezione di ingresso del quadro Q\_CV e l'utenza terminale alimentata dal Q\_BP. Ne consegue che anche in tali schede, al pari di quelle inerenti il quadro Q\_CV, viene evidenziata una caduta di tensione massima ammessa pario al 3,85% (vedi la dicitura "C.d.t. % Max ammessa: 3,85%")





**Q\_BP1**

Quadro:		Tavola:		Impianto: <b>Progetto Impianto Elettrico</b>																			
QUADRO BY-PASS 1 (Q_BP/1)		CG0700P4ADCSIC1G00 0000008B																					
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																			
Q_BP/1 -0		PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO		SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE																			
Sistema di distribuzione: TN-S				C.d.t. % Max ammessa: 3,85 %		Icc di barratura: 2,13 [kA]		Tensione: 400 [V]															
Circuito				Apparecchiatura		Corto circuito																	
Sigla utenza	Sezione [ mm <sup>2</sup> ]	L [ m ]	L max [ m ]	C.d.t.% con I <sub>b</sub> [ % ]	Tipo	Distribuzione	I <sub>d</sub> [ A ]	Icc max ≤ P.d.l.				I <sup>2</sup> t ≤ K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>				Test							
								P.d.l. [ kA ]	Icc max [ kA ]	I di Int. Prot. [ A ]	I gt Fondo Linea [ A ]	FASE	NEUTRO	PROTEZIONE	I <sub>b</sub> ≤ I <sub>h</sub> ≤ I <sub>z</sub>		I <sub>r</sub> ≤ 1,45 I <sub>z</sub>						
								I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [ A <sup>2</sup> S ]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [ A <sup>2</sup> S ]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [ A <sup>2</sup> S ]	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [ A <sup>2</sup> S ]	I <sub>b</sub>	I <sub>h</sub>	I <sub>z</sub>	I <sub>r</sub>	[ A ]	[ A ]	[ A ]	[ A ]	[ A ]	
Q_BP/1-0		---	---	2,2	INS63	Quadrifilare	0	252	2,13	2,13	535	---	---	---	52	63	---	91	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-1		0	---	2,2	INS63	Quadrifilare	0	252	2,13	2,13	534	---	---	---	0	63	---	91	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-2		---	---	2,2	SBI Gr. 22x68	Quadrifilare	0	240	2,13	2,13	530	---	---	---	0	50	---	80	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-3		---	---	2,24	C60H	Quadrifilare	0	77	2,13	2,13	500	---	---	---	5,292	10	---	15	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-4		---	---	2,31	C60H+Vigi A	Mono fase L1+N	0,03 - A	0,03	0,74	0,74	391	---	---	---	0,962	6	---	8,7	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-5		---	---	2,28	C60H+Vigi A	Mono fase L2+N	0,03 - A	0,03	0,74	0,74	391	---	---	---	0,481	6	---	8,7	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-6		---	---	2,28	C60H+Vigi A	Mono fase L3+N	0,03 - A	0,03	0,74	0,74	391	---	---	---	0,481	6	---	8,7	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-7		---	---	2,24	C60H+Vigi A	Mono fase L1+N	0,03 - A	0,03	0,74	0,74	391	---	---	---	0	6	---	8,7	---	---	---	---	SI
Q_BP/1-8		---	---	2,31	C60H+Vigi A	Mono fase L2+N	0,03 - A	0,03	0,74	0,74	391	---	---	---	0,962	6	---	8,7	---	---	---	---	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: <b>Progetto Impianto Elettrico</b>																	
<b>QUADRO BY-PASS 1 (Q_BP/1)</b>		<b>CG0700P4ADCSIC1G00 0000008B</b>																			
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																	
<b>Q_BP/1 -0</b>		<b>PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO</b>		<b>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE</b>																	
Sistema di distribuzione: <b>TN-S</b>				C.d.t. % Max ammessa: <b>3,85 %</b>			Icc di barratura: <b>2,13 [kA]</b>			Tensione: <b>400 [V]</b>											
<b>Circuito</b>				<b>Apparecchiatura</b>				<b>Corto circuito</b>													
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I <sub>b</sub> ≤ C.d.t. max				I <sup>2</sup> t ≤ K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>																	
Sigla utenza	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	L [m]	L max [m]	C.d.t.% con I <sub>b</sub> [%]	Tipo	Distribuzione	I <sub>d</sub> [A]	Icc max ≤ P.d.l.			FASE			NEUTRO			PROTEZIONE				
								P.d.l. [kA]	Icc max [kA]	I di Int. Prot. [A]	I gt Fondo Linea [A]	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [A <sup>2</sup> S]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [A <sup>2</sup> S]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [A <sup>2</sup> S]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>				
Q_BP/1 -9	1(3G6)	215	456	3,12	C60H+Vigi A	Mono fase L3+N	0.03 - A	0.03	87	916	736164	733	736164	916	736164	1,443	6	36	8,7	52	SI
Q_BP/1 -10	1(3G6)	305	1191	2,76	C60H+Vigi A	Mono fase L1+N	0.03 - A	0.03	136	916	5234944	733	5234944	916	5234944	1,443	6	64	8,7	92	SI
Q_BP/1 -11	1(3G6)	215	456	3,12	C60H+Vigi A	Mono fase L2+N	0.03 - A	0.03	87	916	736164	733	736164	916	736164	1,443	6	36	8,7	52	SI
Q_BP/1 -12	1(3G6)	305	1191	2,76	C60H+Vigi A	Mono fase L3+N	0.03 - A	0.03	136	916	5234944	733	5234944	916	5234944	1,443	6	64	8,7	92	SI
Q_BP/1 -13	1(3G1.5)	15	54	2,87	C60H+Vigi A	Mono fase L1+N	0.03 - A	0.03	199	916	46010	733	46010	916	46010	2,887	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -14	1(4G10)	15	86	2,47	C60H	Tripolare	0	250	444	8671	2044900	---	---	2825	2044900	22	32	42	46	61	SI
Q_BP/1 -15	3(1x25)+(1PE25)	170	217	3,31	C60H	Tripolare	0	250	283	8671	12780625	---	---	2825	19360000	22	32	82	46	119	SI
Q_BP/1 -16	3(1x50)+(1PE50)	340	401	3,45	C60H	Tripolare	0	250	272	8671	51122500	---	---	2825	77440000	22	32	123	46	178	SI
Q_BP/1 -17	1(3G1.5)	15	112	2,53	C60H	Mono fase L2+N	0	45	206	966	46010	798	46010	966	46010	1,666	6	15	8,7	22	SI

Quadro:		Tavola:		Impianto: <b>Progetto Impianto Elettrico</b>																				
<b>QUADRO BY-PASS 1 (Q_BP/1)</b>		<b>CG0700P4ADCSIC1G00 0000008B</b>																						
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																				
<b>Q_BP/1 -0</b>		<b>PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO</b>		<b>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE</b>																				
Sistema di distribuzione: <b>TN-S</b>				C.d.t. % Max ammessa: <b>3,85 %</b>				Icc di barratura: <b>2,13 [kA]</b>				Tensione: <b>400 [V]</b>												
<b>Circuito</b>				<b>Apparecchiatura</b>				<b>Corto circuito</b>																
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I <sub>b</sub> ≤ C.d.t. max								Icc max ≤ P.d.l.				I <sup>2</sup> t ≤ K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>				<b>Sovraccarico</b>								
Sigla utenza	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	L [m]	L max [m]	C.d.t.% con I <sub>b</sub> [%]	Tipo	Distribuzione	I <sub>d</sub> [A]	P.d.l. [kA]	Icc max [kA]	I di Int. Prot. [A]	I gt Fondo Linea [A]	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [A <sup>2</sup> S]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	FASE	NEUTRO	PROTEZIONE	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [A <sup>2</sup> S]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sub>b</sub> [A]	I <sub>h</sub> [A]	I <sub>l</sub> [A]	I <sub>r</sub> [A]	I <sub>r</sub> ≤ 1,45 I <sub>z</sub>	Test
Q_BP/1 -18	1(3G4)	170	297	3,27	C60H	Mono fase L3+N	0	30	0,79	45	77	966	327184	966	327184	966	327184	1,666	6	28	8,7	41	1,45 I <sub>z</sub>	SI
Q_BP/1 -19	1(3G6)	340	443	3,6	C60H	Mono fase L1+N	0	30	0,79	45	61	966	736164	966	736164	966	736164	1,666	6	36	8,7	52	1,45 I <sub>z</sub>	SI
Q_BP/1 -20	1(3G1,5)	15	86	2,2	C60H	Mono fase L2+N	0	15	0,79	60	206	966	46010	966	46010	966	46010	0,006	6	15	8,7	22	1,45 I <sub>z</sub>	SI
Q_BP/1 -21	1(3G4)	170	229	2,21	C60H	Mono fase L3+N	0	15	0,79	60	77	966	327184	966	327184	966	327184	0,006	6	28	8,7	41	1,45 I <sub>z</sub>	SI
Q_BP/1 -22	1(3G10)	340	572	2,21	C60H	Mono fase L1+N	0	15	0,79	60	92	966	2044900	966	2044900	966	2044900	0,006	6	48	8,7	70	1,45 I <sub>z</sub>	SI
Q_BP/1 -23				2,22	C60H+Vigi A	Mono fase L2+N	0,03 - A	30	0,79	0,03	412	---	---	---	---	---	---	0,289	6	---	---	---	---	SI
Q_BP/1 -24				2,22	STI Gr. 8.5x31.5	Mono fase L2+N	0,03	50	0,62	0,03	370	---	---	---	---	---	---	0,019	6	---	---	---	---	SI
Q_BP/1 -25				2,22	STI Gr. 8.5x31.5	Mono fase L2+N	0,03	50	0,62	0,03	370	---	---	---	---	---	---	0,019	6	---	---	---	---	SI
Q_BP/1 -26				2,22	STI Gr. 8.5x31.5	Mono fase L2+N	0,03	50	0,62	0,03	370	---	---	---	---	---	---	0,019	6	---	---	---	---	SI





Quadro:		Tavola:		Impianto: <b>Progetto Impianto Elettrico</b>																			
<b>QUADRO BY-PASS 1 (Q_BP/1)</b>		<b>CG0700P4ADCSIC1G00 0000008B</b>																					
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																			
<b>Q_BP/1 -0</b>		<b>PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO</b>		<b>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE</b>																			
Sistema di distribuzione: <b>TN-S</b>				C.d.t. % Max ammessa: <b>3,85 %</b>				Icc di barratura: <b>2,13 [kA]</b>				Tensione: <b>400 [V]</b>											
<b>Circuito</b>		<b>Apparecchiatura</b>		<b>Corto circuito</b>																			
Lunghezza $\leq$ Lunghezza max C.d.t. % con $I_b \leq$ C.d.t. max				Icc max $\leq$ P.d.l.				$I^2t \leq K^2S^2$				<b>Sovraccarico</b>											
Sigla utenza	Sezione	L	L max	C.d.t.% con $I_b$	Tipo	Distribuzione	$I_d$	P.d.l.	Icc max	I di Int. Prot.	I gt Fondo Linea	FASE		NEUTRO		PROTEZIONE		$I_b \leq I_h \leq I_z$	$I_r \leq 1,45 I_z$				
	[ mm <sup>2</sup> ]	[ m ]	[ m ]	[ % ]			[ A ]	[ kA ]	[ kA ]	[ A ]	[ A ]	$I^2t$ max Inizio Linea	$I^2t$ max Inizio Linea	$I^2t$ max Inizio Linea	$I^2t$ max Inizio Linea	$I^2t$ max Inizio Linea	$I^2t$ max Inizio Linea	[ A ]	[ A ]	[ A ]	[ A ]		
Q_BP/1 -45	1(3G1,5)	170	1074	2,31	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	29	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -46	1(3G1,5)	170	1074	2,31	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	29	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -47	1(3G1,5)	170	1074	2,31	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	29	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -48	1(3G1,5)	340	1074	2,38	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	16	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -49	1(3G1,5)	340	1074	2,38	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	16	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -50	1(3G1,5)	340	1074	2,38	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	16	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -51	1(3G1,5)	340	1074	2,38	STI Gr. 8.5x31.5	Monofase L3+N	0,03	50	0,62	0,03	16	6	46010	6	46010	6	46010	0,038	2	15	4,2	22	SI
Q_BP/1 -52		---	---	2,24	C60H	Quadrifilare	0	15	2,13	125	516	---	---	---	---	---	---	10	16	---	23	---	SI
Q_BP/1 -53	1(5G1,5)	60	237	2,57	C60H+Vigi A	Quadrifilare	0,03 - A	15	1,96	0,03	81	1685	46010	760	46010	937	46010	1,448	6	14	8,7	20	SI



Quadro:		Tavola:		Impianto: <b>Progetto Impianto Elettrico</b>																					
<b>QUADRO BY-PASS 1 (Q_BP/1)</b>		<b>CG0700P4ADCSIC1G00 0000008B</b>																							
Sigla Arrivo:		Cliente:		Descrizione Quadro:																					
<b>Q_BP/1 -0</b>		<b>PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA - PROGETTO DEFINITIVO</b>		<b>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE</b>																					
Sistema di distribuzione: <b>TN-S</b>				C.d.t. % Max ammessa: <b>3,85 %</b>			Icc di barratura: <b>2,13 [kA]</b>			Tensione: <b>400 [V]</b>															
<b>Circuito</b>				<b>Apparecchiatura</b>				<b>Corto circuito</b>																	
Lunghezza ≤ Lunghezza max C.d.t. % con I <sub>b</sub> ≤ C.d.t. max				I <sup>2</sup> t ≤ K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>																					
Sigla utenza	Sezione [ mm <sup>2</sup> ]	L [ m ]	L max [ m ]	C.d.t.% con I <sub>b</sub> [ % ]	Tipo	Distribuzione	I <sub>d</sub> [ A ]	Icc max ≤ P.d.I.			FASE		NEUTRO		PROTEZIONE		Sovraccarico			Test					
								P.d.I. [ kA ]	Icc max [ kA ]	I di Int. Prot. [ A ]	I gt Fondo Linea [ A ]	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [ A <sup>2</sup> S ]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> t max Inizio Linea [ A <sup>2</sup> S ]	K <sup>2</sup> S <sup>2</sup>	I <sub>b</sub>	I <sub>h</sub>	I <sub>z</sub>	I <sub>r</sub>		I <sub>r</sub> ≤ 1,45 I <sub>z</sub>				
Q_BP/1 -63	1(3G1,5)	60	2493	2,25	---	Monofase L3+N	0,03	0,03	81	0,62	0,03	0,03	81	961	46010	961	46010	961	46010	0,081	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -64	1(3G1,5)	60	2493	2,25	---	Monofase L3+N	0,03	0,03	81	0,62	0,03	0,03	81	961	46010	961	46010	961	46010	0,081	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -65	---	---	---	2,21	C60H+V/gli AC	Monofase L1+N	0,03 - AC	0,03	412	0,79	0,03	0,03	412	---	---	---	---	---	---	0,162	6	---	8,7	---	SI
Q_BP/1 -66	1(3G1,5)	60	2493	2,25	---	Monofase L1+N	0,03	0,03	81	0,62	0,03	0,03	81	961	46010	961	46010	961	46010	0,081	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -67	1(3G1,5)	60	2493	2,25	---	Monofase L1+N	0,03	0,03	81	0,62	0,03	0,03	81	961	46010	961	46010	961	46010	0,081	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -68	---	---	---	2,21	C60H+V/gli AC	Monofase L2+N	0,03 - AC	0,03	412	0,79	0,03	0,03	412	---	---	---	---	---	---	0,162	6	---	8,7	---	SI
Q_BP/1 -69	1(3G1,5)	60	2493	2,25	---	Monofase L2+N	0,03	0,03	81	0,62	0,03	0,03	81	961	46010	961	46010	961	46010	0,081	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -70	1(3G1,5)	60	2493	2,25	---	Monofase L2+N	0,03	0,03	81	0,62	0,03	0,03	81	961	46010	961	46010	961	46010	0,081	6	15	8,7	22	SI
Q_BP/1 -71	---	---	---	2,21	C60H+V/gli AC	Monofase L3+N	0,03 - AC	0,03	412	0,79	0,03	0,03	412	---	---	---	---	---	---	0,162	6	---	8,7	---	SI







**ALLEGATO 2**  
**DIMENSIONAMENTO RETE DI MEDIA TENSIONE (MT)**

## GENERALITA'

Nel presente allegato vengono riportati i risultati del calcolo di dimensionamento delle linee in media tensione (MT) che costituiscono la rete di alimentazione alle cabine MT/BT, asservite agli impianti tecnologici dei tunnel stradali lato Calabria.

La rete di media tensione è stata concepita ad anello, facente capo alla sottostazione MT-SS lato Calabria, da gestirsi normalmente aperto in un punto che consenta l'ottimizzazione delle perdite di rete nel funzionamento normale.

Tale rete dovrà tuttavia essere dimensionata e verificata nella condizione più sfavorevole di funzionamento, ovvero nel caso di fuori servizio di una delle due linee in partenza dalla sottostazione MT-SS di alimentazione dell'anello.

Lo schema della rete allo studio è riportato in Fig. 1

I dati generali di ingresso sono i seguenti:

- tensione nominale 20.000 V ac;
- frequenza 50 Hz;
- massima caduta di tensione in media tensione nel funzionamento normale: 2%
- massima caduta di tensione in media tensione nel funzionamento in emergenza: 5%.

La distribuzione è realizzata:

- tramite cavi di tipo RG7H1M1X 12/20 kV
- con posa a trifoglio entro cavidotti interrati dedicati realizzati in PE.

La rete è costituita dalle seguenti linee:

Nome-Sigla	Lunghezza (m)	N. di cavi per fase	Da nodo	A nodo
L SS-RMPA	655	1	MT-SS CONSEGNA ENEL	CAB RAMPA A
L RMPA-RMPB	775	1	CAB RAMPA A	CAB RAMPA B
L RMPB-ASRC	1780	1	CAB RAMPA B	CAB A. SOSTA RC
L ASRC-RMPD	1395	1	CAB A. SOSTA RC	CAB RAMPA D
L RMPD-RMPC	1380	1	CAB RAMPA D	CAB RAMPA C
L RMPC-CDRZ	1040	1	CAB RAMPA C	CAB C. DIREZ.
L CDRZ-RMP	35	1	CAB C. DIREZ.	CAB RAMPE C. DIREZ.
L RMP-ASSA	1500	1	CAB RAMPE C. DIREZ.	CAB A. SOSTA SA
L ASSA-SS	2095	1	CAB A. SOSTA SA	MT-SS CONSEGNA ENEL

Di seguito sono illustrati i criteri di dimensionamento adottati. La procedura prevede calcoli di load flow e corto circuito eseguiti tramite il software NEPLAN®, ver. 5.4.3, prodotto da BCP Zurigo.



## DISTRIBUZIONE CARICHI

I casi di studio considerati nell'analisi qui descritta sono riportati in seguito:

- funzionamento normale;
- funzionamento in emergenza.

Per funzionamento in emergenza si intende il caso più sfavorevole di carico per la rete, corrispondente ad una maggiore richiesta della Cabina lato Messina "Ramo A" per ragioni di emergenza (evento di incendio), associato alla indisponibilità della linea L SS-RMPA tra la cabina stessa e la sottostazione di consegna MT-SS.

I casi di cui sopra prevedono le seguenti distribuzioni dei carichi:

Cabina	Potenza installata (kVA)	Potenza assorbita in funzionamento normale (kVA)	Potenza assorbita in funzionamento in emergenza (kVA)
Cabina lato Messina "Ramo A"	800	518	687
Cabina lato Reggio C. "Ramo B"	630	432	432
Cabina lato Reggio C. "Area di sosta"	160	39	39
Cabina lato Reggio C. "Ramo D"	800	435	435
Cabina lato Messina "Ramo C"	630	378	378
Centro direzionale	1600	1.280	1.280
Rampe centro direzionale	800	245	245
Cabina lato Salerno "Area di sosta"	160	95	95

## DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE DEI CAVI

La sezione ipotizzata per tutte le tratte MT, oggetto di verifica, è pari a **1x185** mm<sup>2</sup>.

Le caratteristiche di tale cavo sono le seguenti:

Tipo di cavo	Formazione	R <sub>d</sub> (Ω/km)	X <sub>d</sub> (Ω/km)	C <sub>d</sub> (μF/km)	R <sub>0</sub> (Ω/km)	X <sub>0</sub> (Ω/km)	C <sub>0</sub> (μF/km)	I <sub>zmax</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)
RG7H1M1X 12/20 kV	3x1x185	0.101	0.11	0.29	0.739	0.294	0.29	456	374

dove:

- R<sub>d</sub>: resistenza alla sequenza diretta
- X<sub>d</sub>: reattanza alla sequenza diretta

- $C_d$ : capacità alla sequenza diretta
- $R_0$ : resistenza alla sequenza zero (omopolare)
- $X_0$ : reattanza alla sequenza zero (omopolare)
- $C_0$ : capacità alla sequenza zero (omopolare)
- $I_{zmax}$ : portata nominale del cavo
- $I_z$  : portata reale del cavo ( $I_z = I_{zmax} * k$  con  $k= 0.82$ )

I calcoli di verifica, secondo i criteri sopra esposti, sono di seguito presentati:

### **1) Verifica della condizione $I_b \leq I_z$ e delle cadute di tensione.**

Il risultato del calcolo del load flow con rete in condizione di emergenza è riportato in Fig. 2, mentre quello con rete in condizioni normali è visibile in Fig. 3.

Dai risultati ottenuti si deduce che:

- il massimo carico si ha sulla linea in partenza dalla sottostazione in caso di indisponibilità dell'altra linea ed è pari al 28 % della  $I_z$ ;
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione, in caso di funzionamento normale, sono contenute entro lo 0.2 %;
- le cadute di tensione nei nodi di media tensione, in caso di funzionamento in emergenza, sono contenute entro il 0.75 %;
- la caduta di tensione nei nodi di bassa tensione può essere limitata prevedendo di gestire i trasformatori MT/bt sulla tap -1.

La taratura per sovraccarico della protezione di linea dovrà essere inferiore a 374 A.



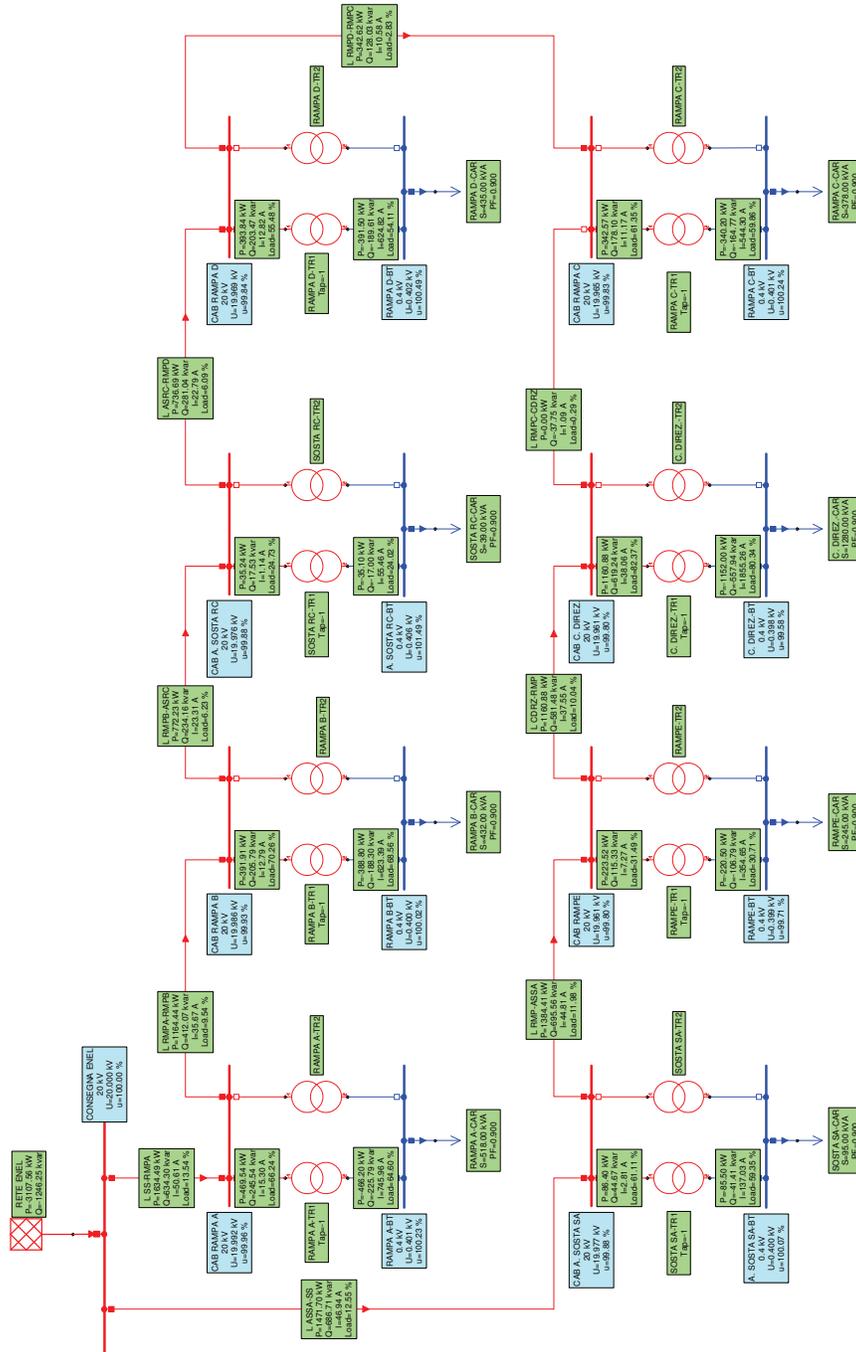


Figura 3 - Condizione di funzionamento normale – Risultati calcolo di load flow

Progetto	veobit - Cabinele 3 rampe	Versione	AT/1B
Varianti	Normale	Disegnato	
		Verificato	
		Calcolato	
		Stampato	
		Data:	10/06/2011
		<b>NEPLAN</b>	
		30001 Bassano del Grappa (VI) www.neplan.com	

## 2) Verifica della tenuta al corto circuito

Nella configurazione di rete che porta alle massime correnti di corto circuito nei nodi, viene valutata l'energia specifica passante in ciascuna linea, verificando che il tempo massimo di tenuta del cavo sia superiore al tempo di eliminazione del guasto. Quest'ultimo viene assunto, conservativamente, pari ad 1 s.

La configurazione di rete considerata è quella in funzionamento normale.

La relazione valutata è:

$$K^2 S^2 > I^2 t$$

I risultati del calcolo delle correnti di corto circuito, eseguito in accordo alla norma IEC 60909-2001, per i nodi di interesse sono di seguito riportati:

Nodo	$I_k''(RST)$ (kA)
CONSEGNA ENEL	12.5
CAB RAMPA A	11.537
CAB RAMPA B	10.551
CAB A. SOSTA RC	8.775
CAB RAMPA D	7.73
CAB RAMPA C	6.904
CAB C. DIREZ.	8.434
CAB RAMPE	8.461
CAB A. SOSTA SA	9.817

La verifica sulla tenuta termica dei cavi è quindi la seguente:

Linea	S [mm <sup>2</sup> ]	K	$I_{k'' \max}$ [kA]	$t_{\max}$ [s] = $K^2 S^2 / I_k''^2$	Verifica $t_{\max} > 1$ s
L SS-RMPA	185	143	12.5	4.48	Positiva
L RMPA-RMPB	185	143	11.537	5.26	Positiva
L RMPB-ASRC	185	143	10.551	6.29	Positiva
L ASRC-RMPD	185	143	8.775	9.09	Positiva
L RMPD-RMPC	185	143	7.73	11.71	Positiva
L RMPC-CDRZ	185	143	8.434	9.84	Positiva
L CDRZ-RMP	185	143	8.461	9.77	Positiva
L RMP-ASSA	185	143	9.817	7.26	Positiva
L ASSA-SS	185	143	12.5	4.48	Positiva

**ALLEGATO 3**  
**DIMENSIONAMENTO**  
**VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI**

**Titolo: DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE MT**
**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2

Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	5,0	38	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	12,5	72,3	60,0

Dati geometrici	
Superficie locale (mq)	19,50
Altezza locale (m)	3,00
Volume (mc)	58,50

**Potenza termica da smaltire periodo estivo****Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	38,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	37,5	3,40	38,0	34,0	26,0	34,0	0,0	1.020,0
Soffitto esterno	19,5	3,40	38,0	34,0	26,0	34,0	0,0	530,4
Pavimento su terra	19,5	2,00	38,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	38,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	77,5

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
	58,50	0,5	-4,840	9,679	0,0	78,6

TOTALE (W) Psest vent. 0,0 Psest cndz. 1.706,6

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Quadri	P (W)	Rendim, (p.u.)	F carico (p.u.)	Valore noto (W)	Ps (W)
Q_MT	567.000	0,999	0,95		539

Altri valori	Ps (W)
Armadi rack	100
Illuminazione e ausiliari	98
Valori noti	-

TOTALE (W) 736

**Totale**

Totale (W)	736	2.443
Coefficiente di maggiorazione (%)	5	5
Totale maggiorato (W)	773	2.565

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		5,0	2,0	0,0
Pareti esterne	37,5 E	1,15	3,40	5,0	2,0	439,9
Soffitto esterno	19,5	1,00	3,40	5,0	2,0	198,9
Pavimento su terra	19,5	1,00	2,00	5,0	5,0	0,0
Solaio	0,0	1,00		5,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					63,9

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)	Pinv (W)
	58,50	0,5	3,671	29,8

TOTALE (W) 732,5

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 736

**Totale**

Totale (W)	-	Pinv 4
Coefficiente di maggiorazione (%)	5	
Totale maggiorato (W)	-	

**Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna**

**Calcolo portata d'aria di ventilazione**

Temperatura media (°C)	36
Densità dell'aria (kg/mc)	1,14
Calore specifico dell'aria (kJ/kg K)	1,03
Portata aria di ventilazione (mc/s)	0,16
Volume locale (mc)	58,50
Numero ricambi (vol/h)	10

**Ventilazione forzata**

Numero di ventilatori in funzione	1
Portata aria ventilatore (mc/h)	593
Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa)	25,0
Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa)	20,0
Metri di canale (m)	0,0
Perdita di carico lineare canale (Pa/m)	0,0
Perdite di carico concentrate (Pa)	10,0
Prevalenza ventilatore (Pa)	55,0
Marca	Systemair
Modello	AW 200 E2
Accessori	Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE TRASFORMATORI MT/BT**

**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2
Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	10,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	17,6	73,4	60,0
Dati geometrici			
Superficie locale (mq)	22,75		
Altezza locale (m)	3,00		
Volume (mc)	68,25		

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)			
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0			
Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	21,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	571,2
Soffitto esterno	22,8	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	618,8
Pavimento su terra	22,8	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	59,5
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)		
	68,25	0,5	-6,050	9,679	0,0	91,8		
<b>TOTALE (W)</b>					<b>0,0</b>	<b>1.341,3</b>		

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Trasformatori	PFe (W)	PCu (W)	F carico (p.u.)	Ps (W)
Trasformatore 630 kVA	1.100	6.500	0,95	6.966
Altri valori				Ps (W)
Armadi rack				-
Illuminazione e ausiliari				-
Valori noti				-
<b>TOTALE (W)</b>				<b>6.966</b>
<b>Totale</b>				
Totale (W)				6.966
Coefficiente di maggiorazione (%)				5
Totale maggiorato (W)				7.315
				8.308
				5
				8.723

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		10,0	2,0	0,0
Pareti esterne	21,0 E	1,15	3,40	10,0	2,0	656,9
Soffitto esterno	22,8	1,00	3,40	10,0	2,0	618,8
Pavimento su terra	22,8	1,00	2,00	10,0	5,0	227,5
Solaio	0,0	1,00		10,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					150,3

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)	Pinv (W)
	68,25	0,5	9,789	92,8

TOTALE (W) Pinv.  
1.746,3

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 6.966

**Totale**

Totale (W) - 5.220  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) -

**Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna**

**Calcolo portata d'aria di ventilazione**

Temperatura media (°C)	36,5
Densità dell'aria (kg/mc)	1,14
Calore specifico dell'aria (kJ/kg K)	1,03
Portata aria di ventilazione (mc/s)	1,25
Volume locale (mc)	68,25
Numero ricambi (vol/h)	66

**Ventilazione forzata**

Numero di ventilatori in funzione	2,0
Portata aria ventilatore (mc/h)	2.249
Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa)	20,0
Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa)	30,0
Metri di canale (m)	0,0
Perdita di carico lineare canale (Pa/m)	0,0
Perdite di carico concentrate (Pa)	15,0
Prevalenza ventilatore (Pa)	65,0
Marca	Systemair
Modello	KVE-DK 350 M4
Accessori	Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE BT**

**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2

Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	15,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	22,6	73,4	60,0

Dati geometrici	
Superficie locale (mq)	27,00
Altezza locale (m)	3,00
Volume (mc)	81,00

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	27,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	734,4
Soffitto esterno	27,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	734,4
Pavimento su terra	27,0	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	73,4

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
	81,00	1,0	-6,050	9,679	0,0	217,8

TOTALE (W)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
	0,0	1.760,0

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Apparecchiature	P (W)	Rendim. (p.u.)	F carico (p.u.)	Ps (W)
UPS	90.000	0,90	0,70	6.300

Quadri	P (W)	Rendim. (p.u.)	F carico (p.u.)	Valore noto (W)	Ps (W)
Q_BT	567.000	0,997	0,95	-	1.616
Q_CA	68.000	0,997	1,00	-	204

Altri valori	Ps (W)
Armadi rack	
Illuminazione e ausiliari	135
Valori noti	

TOTALE (W)	8.255
------------	-------

**Totale**

Totale (W)	8.255	10.015
Coefficiente di maggiorazione (%)	5	5
Totale maggiorato (W)	8.668	10.516

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		15,0	2,0	0,0
Pareti esterne	27,0 E	1,15	3,40	15,0	2,0	1.372,4
Soffitto esterno	27,0	1,00	3,40	15,0	2,0	1.193,4
Pavimento su terra	27,0	1,00	2,00	15,0	5,0	540,0
Solaio	0,0	1,00		15,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					310,6

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)	Pinv (W)
	81,00	0,5	15,907	179,0

TOTALE (W) Pinv. 3.595,3

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 8.255

**Totale**

Totale (W) - 4.660  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) -

**Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore**

Percentuale garantita da ogni condizionatore	69
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	7.256
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	0
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	7.265
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	8.640
Potenza elettrica assorbita max (W)	4.600
Tensione/numero di fasi	230/1
Tipologia	condizionatore autonomo
Marca	Daikin
Modello	FHQ100B+RZQ100D

\*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

\*\*aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

\*\*\*aria interna 20°C aria esterna -5°C

**Ventilazione locali contenenti batterie ai fini della diluizione dell'idrogeno - Norma CEI EN 50272-2 (2002-08)**

	UPS1	UPS2	UPS3	UPS4	UPS5	UPS6	UPS7	UPS8	UPS9
Fattore di sicurezza	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Diluizione necessaria Idrogeno	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Produzione di Idrogeno (mc/Ah)	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042
Parametro relativo alla batteria (A/Ah)	0,001	0,000	0	0	0	0	0	0	0
Numero elementi di batteria	525	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacità nominale di ciascuna batteria (Ah)	115	0	0	0	0	0	0	0	0
Portata aria di ventilazione (mc/h)	3,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Portata aria totale (mc/h)	3,04								
Velocità aria ventilazione naturale (m/s)	0,10								

Aperture nette ventilazione naturale (cmq) (\*\*) 85

Superficie lorda griglie di ventilazione (cmq) 121

(\*\*) prevedere due aperture: una a filo soffitto ed una in basso e preferibilmente sulla parete opposta

**Titolo: DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE QUADRI DEDICATI**
**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2

Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	15,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	22,6	73,4	60,0

Dati geometrici	
Superficie locale (mq)	42,25
Altezza locale (m)	3,00
Volume (mc)	126,75

**Potenza termica da smaltire periodo estivo****Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	39,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	1.060,8
Soffitto esterno	42,3	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	1.149,2
Pavimento su terra	42,3	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	110,5

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
	126,75	0,5	-6,050	9,679	0,0	170,4

TOTALE (W) Psest vent. 0,0 Psest cndz. 2.490,9

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Apparecchiature	P (W)	Rendim, (p.u.)	F carico (p.u.)	Ps (W)
Regolatore	50.000	0,98	1,00	1.000
Regolatore	4.000	0,98	1,00	80

Quadri	P (W)	Rendim, (p.u.)	F carico (p.u.)	Valore noto (W)	Ps (W)
Q_IL	63.000	0,997	1,00	-	189
Q_SA	68.000	0,997	1,00	-	204
Q_VE	237.000	0,997	1,00	-	711
Q_CV	27.000	0,997	1,00	-	81

Altri valori Ps (W)

Armadi rack					
Illuminazione e ausiliari					211
Valori noti					

TOTALE (W) 2.476

**Totale**

Totale (W)	2.476	4.967
Coefficiente di maggiorazione (%)	5	5
Totale maggiorato (W)	2.600	5.216

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S (mq)	Orientamento	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0		1,00		15,0	2,0	0,0
Pareti esterne	39,0	E	1,15	3,40	15,0	2,0	1.982,4
Soffitto esterno	42,3		1,00	3,40	15,0	2,0	1.867,5
Pavimento su terra	42,3		1,00	2,00	15,0	5,0	845,0
Solaio	0,0		1,00		15,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0						469,5
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)				Pinv (W)
	126,75	0,5	15,907				280,0

TOTALE (W) Pinv.  
5.444,3

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 2.476

**Totale**

Totale (W) Pinv  
2.968  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) 3.116

**Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore**

Percentuale garantita da ogni condizionatore	95
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	4.955
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	2.961
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	5.185
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	6.200
Potenza elettrica assorbita max (W)	3.500
Tensione/numero di fasi	230/1
Tipologia	condizionatore autonomo
Marca	Daikin
Modello	FHQ715B+RZQ71D

\*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

\*\*aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

\*\*\*aria interna 20°C aria esterna -5°C

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE DI CONTROLLO**

**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2

Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	20,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	27,7	73,4	60,0

Dati geometrici	
Superficie locale (mq)	26,00
Altezza locale (m)	3,00
Volume (mc)	78,00

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0

Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	24,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	652,8
Soffitto esterno	26,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	707,2
Pavimento su terra	26,0	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	68,0

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
	78,00	1,0	-6,050	9,679	0,0	209,7

TOTALE (W) Psest vent. 0,0 Psest cndz. 1.637,7

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Altri valori	Ps (W)
Armadi rack	4.000
Illuminazione e ausiliari	130
Valori noti	100

TOTALE (W) 4.230

**Totale**

Totale (W)	4.230	5.868
Coefficiente di maggiorazione (%)	10	10
Totale maggiorato (W)	4.653	6.454

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		20,0	2,0	0,0
Pareti esterne	24,0 E	1,15	3,40	20,0	2,0	1.689,1
Soffitto esterno	26,0	1,00	3,40	20,0	2,0	1.591,2
Pavimento su terra	26,0	1,00	2,00	20,0	5,0	780,0
Solaio	0,0	1,00		20,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					406,0

Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)	Pinv (W)
	78,00	0,5	22,025	238,6

TOTALE (W) 4.705,0

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 4.230

**Totale**

Totale (W)	475
Coefficiente di maggiorazione (%)	5
Totale maggiorato (W)	499

**Climatizzazione con condizionatore in pompa di calore**

Percentuale garantita da ogni condizionatore	80
Potenza sensibile frigorifera richiesta* (W)	5.164
Potenza di riscaldamento richiesta* (W)	399
Potenza sensibile frigorifera resa** (W)	5.185
Potenza di riscaldamento resa*** (W)	6.200
Potenza elettrica assorbita max (W)	3.500
Tensione/numero di fasi	230/1
Tipologia	condizionatore autonomo
Marca	Daikin
Modello	FHQ715B+RZQ71D

\*alle condizioni di progetto (vedi dati iniziali)

\*\*aria interna 26°C 50% aria esterna 35°C

\*\*\*aria interna 20°C aria esterna -5°C

**Ventilazione locali contenenti batterie ai fini della diluizione dell'idrogeno - Norma CEI EN 50272-2 (2002-08)**

	UPS1	UPS2	UPS3	UPS4	UPS5	UPS6	UPS7	UPS8	UPS9
Fattore di sicurezza	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Diluizione necessaria Idrogeno	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Produzione di Idrogeno (mc/Ah)	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042	0,00042
Parametro relativo alla batteria (A/Ah)	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0
Numero elementi di batteria	24	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacità nominale di ciascuna batteria (Ah)	200	0	0	0	0	0	0	0	0
Portata aria di ventilazione (mc/h)	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Portata aria totale (mc/h) 0,24

Velocità aria ventilazione naturale (m/s) 0,10

Aperture nette ventilazione naturale (cmq) (\*\*) 7

Superficie lorda griglie di ventilazione (cmq) 8

(\*\*) prevedere due aperture: una a filo soffitto ed una in basso e preferibilmente sulla parete opposta

Titolo: **DIMENSIONAMENTO VENTILAZIONE E CONDIZIONAMENTO LOCALI TECNICI  
LOCALE GRUPPO ELETTROGENO**

**Dati iniziali**

Dati climatici esterni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	2,0	34	34
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	9,5	68,2	68,2
Dati climatici interni	inv.	est. per vent.	est. per cndz.
Temperatura (°C)	10,0	39	26
Umidità assoluta (g/kg)	3,00	13,35	13,35
Entalpia (kJ/kg)	17,6	73,4	60,0
Dati geometrici			
Superficie locale (mq)	29,25		
Altezza locale (m)	3,00		
Volume (mc)	87,75		

**Potenza termica da smaltire periodo estivo**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne (annullate se potenze negative)**

Apporti per irraggiamento	S Orientamento (mq)	Radiazione (W/mq)	Coef. Cor.	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)			
Strutture vetrate	0,0 S	125	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 SO	162	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 E	183	1,00	0,0	0,0			
Strutture vetrate	0,0 N	106	1,00	0,0	0,0			
Apporti per trasmissione	S (mq)	U (W/mq*K)	ti vent. (°C)	te vent. (°C)	ti cndz. (°C)	te cndz. (°C)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)
Vetri esterni	0,0	0,00	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	0,0
Pareti esterne	27,0	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	734,4
Soffitto esterno	29,3	3,40	39,0	34,0	26,0	34,0	0,0	795,6
Pavimento su terra	29,3	2,00	39,0	10,0	26,0	10,0	0,0	0,0
Solaio	0,0	0,00	39,0	15,0	26,0	15,0	0,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	5,0						0,0	76,5
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s vent. (kJ/mc)	Carico s cond. (kJ/mc)	Psest vent. (W)	Psest cndz. (W)		
	87,75	1,0	-6,050	9,679	0,0	235,9		
TOTALE (W)					0,0	1.842,4		

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

Altri valori	Ps (W)
Armadi rack	-
Illuminazione e ausiliari	146
Valori noti	1.400
TOTALE (W)	1.546
Totale	
Totale (W)	1.546
Coefficiente di maggiorazione (%)	-
Totale maggiorato (W)	1.546
	3.389

**Potenza termica da garantire periodo invernale**

**Potenza termica dovuta alle condizioni climatiche esterne**

Apporti per trasmissione	S Orientamento (mq)	Coeff espos.	U (W/mq*K)	ti (°C)	te (°C)	Pinv (W)
Vetri esterni	0,0	1,00		10,0	2,0	0,0
Pareti esterne	27,0 E	1,15	3,40	10,0	2,0	844,6
Soffitto esterno	29,3	1,00	3,40	10,0	2,0	795,6
Pavimento su terra	29,3	1,00	2,00	10,0	5,0	292,5
Solaio	0,0	1,00		10,0	10,0	0,0
Incidenza ponti termici (%)	10,0					193,3
Apporti per ricambi naturali	Volume (mc)	Ricambi (Vol/h)	Carico s (kJ/mc)			Pinv (W)
	87,75	0,5	9,789			119,3

TOTALE (W) Pinv.  
2.245,2

**Potenza termica dovuta alle apparecchiature**

TOTALE (W) - 1.546

**Totale**

Totale (W) Pinv  
699  
 Coefficiente di maggiorazione (%) 5  
 Totale maggiorato (W) 734

**Raffreddamento con sola ventilazione con aria esterna**

**Calcolo portata d'aria di ventilazione**

Temperatura media (°C)	36,5
Densità dell'aria (kg/mc)	1,14
Calore specifico dell'aria (kJ/kg K)	1,03
Portata aria di ventilazione (mc/s)	0,26
Volume locale (mc)	87,75
Numero ricambi (vol/h)	11

**Ventilazione forzata**

Numero di ventilatori in funzione	1
Portata aria ventilatore (mc/h)	951
Perdita di carico bocchetta aspirazione (Pa)	10,0
Perdita di carico bocchetta espulsione (Pa)	20,0
Metri di canale (m)	0,0
Perdita di carico lineare canale (Pa/m)	0,0
Perdite di carico concentrate (Pa)	10,0
Prevalenza ventilatore (Pa)	40,0
Marca	Systemair
Modello	KVE-DK 310 M4
Accessori	Regolatore di velocità, serranda di sovrappressione