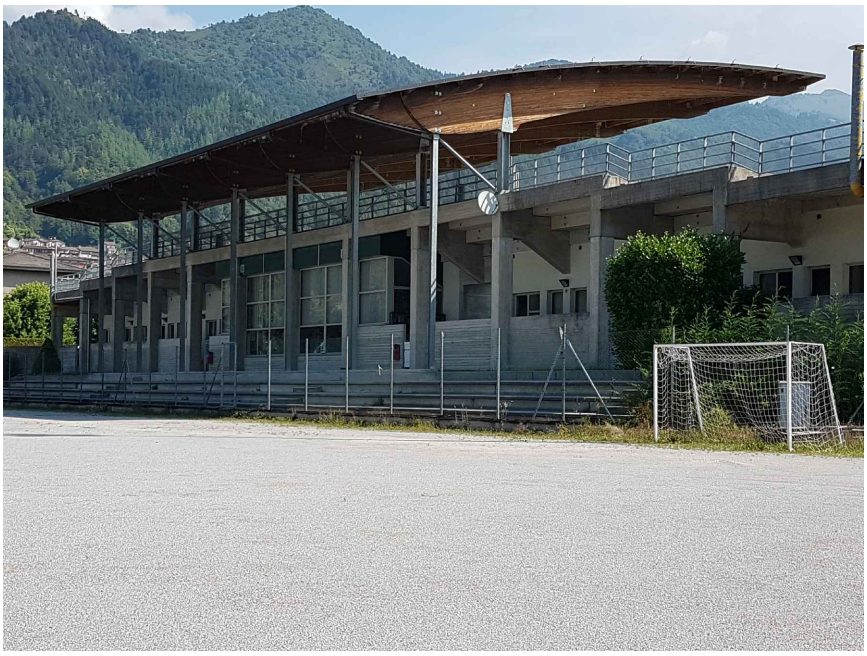
PROTOCOLLO:

COMUNE:
CLUSONE (BG)

COMMITTENTE:
COMUNE DI CLUSONE (BG)
Piazza Sant'Andrea, 1 - 24023 - Clusone (BG)

DENOMINAZIONE:
SISTEMAZIONE AREA ESTERNA "NUOVA STRUTTURA SPORTIVA POLIVALENTE DEL CENTRO SPORTIVO COMUNALE DI VIA DON BEPO VAVASSORI"
CUP G99B17000060004

COMUNE DI CLUSONE



FASE:
DEFINITIVO-ESECUTIVO

PROGETTO:
IMPIANTI ELETTRICI

ELABORATO:
IE_ALL04.B

FILE:
T564_Relazione_impianti_elettrici.doc

OGGETTO:
RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI
CON RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA DI CUI ALL' ALLEGATO ALL-02.G

CODICE PROGETTO:	T564/2018	REDATTO: MF	CONTROLLATO: FC	APPROVATO: GV

REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE REVISIONE:
Rev.00	Ottobre 2018	EMISSIONE

PROGETTISTA ARCHITETTONICO:
tekn&co s.r.l. - Studio28 Architettura - Arch. Federica Masoni

PROGETTISTA STRUTTURALE:
tekn&co s.r.l.

PROGETTISTA IMPIANTI MECCANICI:
.....

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI:
tekn&co s.r.l.

COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE:
tekn&co s.r.l.

PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
.....

INGEGNERIA
ARCHITETTURA
SERVIZI
tekn&co

PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI:
tekn&co s.r.l.
Via Val di Scalve, 100 - 24020 - Onore (BG)
Tel 0346 73701 Fax 0346 76545 Mail info@tekneco.eu Web www.tekneco.eu
Ing. Giuliano Visinoni

SOCIETA' CERTIFICATA ISO 9001:2015 - CERTIFICATO N. IT 253033 BUREAU VERITAS
Questo documento non puo' essere copiato, riprodotto, diffuso o mostrato a terzi senza nostra autorizzazione scritta

SOMMARIO

1 PREMESSA 5

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 5

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 5

4 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI 6

4.1 GENERALITÀ 6
4.2 NORME TECNICHE 6

5 CONSIDERAZIONI TECNICHE E SCELTE PROGETTUALI 8

5.1 GENERALITÀ 8
5.2 CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI 8
5.3 CRITERI DI PROTEZIONE 8
5.3.1 Protezione contro i contatti diretti 8
5.3.2 Protezione contro i contatti indiretti 9
5.3.3 Protezione contro i sovraccarichi 9
5.3.4 Protezione contro i cortocircuiti 10
5.3.5 Protezione contro le sovratensioni 10

6 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI 11

6.1 QUADRI ELETTRICI 11
6.2 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE 11
6.2.1 Prescrizioni particolari 11
6.3 IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE E DI FORZA MOTRICE 13
6.4 PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE 14

7 ALLEGATI 14

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica di progetto esecutivo intende illustrare la metodologia seguita nella progettazione e descrivere le principali caratteristiche degli impianti elettrici e speciali previsti nell'ambito del Progetto Esecutivo che ha per oggetto i lavori di "Sistemazione area esterna Nuova struttura sportiva polivalente del centro sportivo comunale di via Don Bepo Vavassori" nel comune di Clusone (BG).

Le scelte delle strutture ed il dimensionamento degli impianti elettrici e speciali sono stati effettuati tenendo presente, oltre al rispetto delle leggi e normative vigenti, le caratteristiche architettoniche e la destinazione d'uso dei locali, nonché dei carichi elettrici presenti.

Si prevede che in futuro l'impianto elettrico oggetto del presente progetto esecutivo alimenterà gli impianti di illuminazione e le utenze delle aree limitrofe non ora oggetto d'intervento, in particolare: campo da calcio, campo da beach volley, campetto e impianto di irrigazione. A tale scopo le tubazioni, i quadri elettrici e la linea montante sono già state dimensionate e caratterizzate sotto ipotesi dei futuri carichi. Si rimanda agli elaborati grafici per una descrizione più dettagliata.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Le indicazioni che si andranno a fornire nelle varie sezioni della presente Relazione riguardano la consistenza e la tipologia dell'impianto elettrico realizzato; dette informazioni sono da considerarsi di raccordo tra i diversi documenti che costituiscono il progetto.
In particolare per la sezione Impianti Elettrici i documenti di riferimento sono:

- Relazione di calcolo,
- Schemi elettrici,
- Elaborati grafici,
- Computo metrico estimativo,
- Elenco prezzi unitari,
- Capitolato speciale d'appalto.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento consiste nella realizzazione degli impianti elettrici afferenti alle aree esterne della struttura polivalente del centro sportivo comunale. Le opere elettriche da realizzare a servizio di dette aree sono:

- Quadro elettrico sottocontatore,
- Quadro elettrico generale di protezione e controllo,
- Linea montante da quadro elettrico sottocontatore a quadro elettrico generale,
- Impianto di illuminazione,
- Alimentazione utenze elettriche (cancelli),
- Predisposizione tubazioni per alimentazioni future.

Gli impianti dovranno essere eseguiti alle condizioni indicate nel Disciplinare Descrittivo e Prestazionale degli elementi tecnici, che contempla la realizzazione di Impianti Elettrici in Bassa Tensione.

Per le definizioni relative agli elementi costitutivi e funzionali degli impianti elettrici e speciali, valgono quelle stabilite dalle vigenti norme CEI.
Definizioni particolari, ove ritenuto necessario e utile, sono espresse, in corrispondenza dei vari impianti, nei rispettivi articoli del presente documento.

Per il dettaglio e la consistenza degli impianti si dovrà fare riferimento al progetto nella sua globalità (relazioni, piante, schemi, calcoli, particolari, elenco prezzi, computo, ecc ..).

La forma, le dimensioni e gli elementi costruttivi degli ambienti, risultano dagli elaborati grafici di supporto, riferiti all'intero progetto nel suo complesso.

Tutti gli impianti dovranno essere realizzati perfettamente funzionanti, completi di ogni parte e a regola d'arte.

Dovranno inoltre essere realizzate anche le seguenti opere:

- Realizzazione di tutte le opere necessarie per eseguire gli allacciamenti elettrici dell'impianto alla rete elettrica dell'ente distributore;
- Realizzazione di tutte le opere necessarie allo spostamento, rimozione e ripristino di sottoservizi esistenti e di sottoservizi interferenti con l'area di intervento, realizzazione sia di opere provvisorie che definitive;
- Realizzazione di tutte le opere necessarie allo spostamento, rimozione e ripristino di reti aeree esistenti e reti aeree interferenti con l'area di intervento, realizzazione sia di opere provvisorie che definitive.

4 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

4.1 GENERALITÀ

L'impianto dovrà essere realizzato "a regola d'arte", sia per quanto riguarda le caratteristiche di componenti e materiali, sia per quel che concerne l'installazione. A tal fine dovranno essere rispettate le norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti (distributore dell'energia elettrica, ecc.) in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali verranno richiamate, laddove opportuno, nella presente relazione.
Sono comunque preliminarmente richiamate le principali leggi, norme e regolamenti cui il presente progetto si uniforma.

4.2 NORME TECNICHE

- Legge 1 marzo 1968 n.186 – Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- D.M. 22 gennaio 2008 n. 37 - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n.248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- D.lgs. 9 aprile 2008 n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.P.R. 462/01 - Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.
- Legge 18 Ottobre 1977 n. 791 - Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità europee (73/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale

elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione (G.U. 2 novembre 1977, n. 298).

- D.P.R. 462/01 - Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi.
- Legge Regionale n.17 del 27 Marzo 2000 e s.m.i. - Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso
- Norma CEI 0-2 - Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- Norma CEI EN 61439-1 (CEI 17-113) - Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Regole generali.
- Norma CEI EN 61439-3 (CEI 17-116) - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO)
- Norma CEI 23-51 - Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- Norme CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- Norma CEI EN 60529 - Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
- Norme CEI EN 62305-1/4 – Protezione contro i fulmini
- Norme CEI EN 50525 - Cavi elettrici - Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U)
- Norma CEI 20-19/1 - Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V. Parte 1: Prescrizioni generali
- Norma CEI 20-20/1 - Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore 450/750V. Parte 1: Prescrizioni Generali
- Norme CEI 20-21 - Cavi elettrici - Calcolo della portata di corrente
- Norma CEI-UNEL 35023 - Cavi per energia isolati in gomma o con materiale termoplastico aventi grado di isolamento non superiore a 4. Cadute di tensione
- Norma CEI-UNEL 37118 - Tubi protettivi rigidi ed accessori di materiale termoplastico - Tubi di polivinilcloruro serie pesante
- Norma CEI EN 60423 - Tubi per installazioni elettriche - Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- Norma CEI EN 61386-1 - Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali
- Norma CEI EN 61386-21 - Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- Norma CEI EN 61386-22 - Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
- Norma CEI 0-21 - Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- Guida CEI 64-14 - Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- Guida CEI 64-19 - Guida agli impianti di illuminazione esterna
- Norma UNI 11248 – Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche
- Norma UNI 13201-2 – Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali

5 CONSIDERAZIONI TECNICHE E SCELTE PROGETTUALI

5.1 GENERALITÀ

L'impianto elettrico a servizio delle aree esterne è un impianto in bassa tensione trifase (400V a 50 Hz), alimentato da apposito punto di consegna della Società distributrice.

Il sistema elettrico di distribuzione sarà di tipo TT in quanto avrà tutte le masse dell'impianto e le masse estranee presenti nell'edificio collegate, mediante conduttori di protezione PE, ad un unico impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione (CEI 64-8 art.312.2.2).

Tra gli obiettivi delle scelte progettuali sono prioritari i seguenti:

- Garantire la protezione delle linee dagli effetti termici derivanti da sovracorrenti di sovraccarico e/o corto circuito,
- realizzare un'efficace protezione contro i contatti diretti e indiretti (p.es. mediante equipotenzializzazione delle masse metalliche presenti);
- evitare che le linee possano essere causa d'incendio;
- garantire un' efficiente illuminazione adeguata al compito visivo che si svolge nell'area.

5.2 CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI

Analizzando le prescrizioni e le normative vigenti, con riferimento alle CEI 64-8 parte 7 per l'individuazione degli ambienti speciali, si possono sviluppare le considerazioni qui di seguito esposte:

- Gli impianti di illuminazione sono classificati, per caratteristiche e destinazioni d'uso, come *"impianti di illuminazione situati all'esterno"* perciò dovranno essere applicate le specifiche norme contenute nella sez. 714 della CEI 64-8.

In base alle indicazioni emerse in fase d'analisi dei luoghi, si è provveduto alla valutazione delle aree interessati alle opere, in merito alle caratteristiche che li distinguono e li rendono, di conseguenza, eventualmente soggetti a particolari prescrizioni previste ed indicate dalle normative vigenti.

5.3 CRITERI DI PROTEZIONE

5.3.1 Protezione contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti diretti sarà realizzata impiegando componenti con grado di isolamento adeguato alla tensione nominale del sistema ed adatto alle condizioni ambientali. Le parti attive dovranno essere collocate entro involucri o dietro barriere che assicurino almeno il grado di protezione IPXXB (il dito di prova non può toccare parti in tensione: Norma CEI 70-1). Le superfici superiori orizzontali delle barriere o degli involucri che sono a portata di mano devono avere un grado di protezione non inferiore a IPXXD (il filo di prova del diametro di 1 mm non può toccare parti in tensione: Norma CEI 70-1). Dette protezioni potranno essere rimovibili solo alle condizioni indicate nella norma CEI 64-8 art. 412.2.4 (Protezione mediante involucri e barriere).

Per ragioni di esercizio e sicurezza, nell'aprire gli involucri sarà necessario eseguire una delle seguenti disposizioni:

- uso di un attrezzo o di una chiave se in esemplare unico ed affidata a personale addestrato;
- sezionamento delle parti attive mediante apertura con interblocco;
- interposizione di barriere o schermi che garantiscono un grado di protezione IP2X.

L'isolamento delle parti attive si potrà rimuovere solo mediante distruzione e dovrà presentare caratteristiche di resistenza ad agenti meccanici, chimici, termici, elettrici ed atmosferici; vernici, lacche, smalti e prodotti simili non sono idonei, in genere, a fungere da isolanti.
L'uso di interruttori differenziali con corrente differenziale di intervento non superiore a 30 mA, pur permettendo di eliminare gran parte dei rischi dovuti ai contatti diretti, non è riconosciuto quale misura di protezione completa contro questi contatti, anche perché non permette di evitare gli infortuni, d'altronde molto rari, provocati dal contatto simultaneo con due parti attive del circuito protetto che si trovino a potenziali differenti.

5.3.2 Protezione contro i contatti indiretti

Come richiesto dalla Norma CEI 64-8, la protezione contro i contatti indiretti verrà realizzata principalmente attraverso l'interruzione automatica dell'alimentazione da realizzarsi mediante interruttori differenziali di automatici coordinati con l'impianto terra e/o di protezione. A tale scopo dovranno essere realizzati tutti i collegamenti equipotenziali e di terra previsti dalla normativa vigente; le masse simultaneamente accessibili dovranno essere collegate al medesimo impianto di terra e i conduttori di terra ed equipotenziali dovranno essere collegati ai collettori di terra.
Considerando che il sistema elettrico di distribuzione sarà di tipo TN, la seguente condizione deve essere soddisfatta:

$$I_s \leq \frac{V_f}{Z_g}$$

dove:

- I_s è la corrente di intervento entro cinque secondi del dispositivo di protezione a massima corrente;
- Z_g è l'impedenza dell'anello di guasto.

Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, Is è la corrente che fa intervenire quest'ultimo (corrente nominale differenziale IΔn).
Per ragioni di selettività, si possono utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale del tipo S in serie con dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo generale. Per ottenere selettività con i dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1s.

La protezione contro i contatti indiretti è consentita anche attraverso:

- l'impiego di componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente,
- l'utilizzo di tensioni non pericolose (sistemi SELV e FELV).

5.3.3 Protezione contro i sovraccarichi

La protezione contro i sovraccarichi sarà assicurata da uno o più dispositivi che interrompono automaticamente l'alimentazione quando si produce un sovraccarico. Tali dispositivi saranno previsti all'inizio di ogni linea generale e secondaria, luce e forza motrice.
Le caratteristiche di funzionamento delle protezione dai sovraccarichi, effettuata generalmente con interruttori magnetotermici conformi alle norme CEI 23-3 (per correnti nominali inferiori a 125 A) o CEI 17-5 (per correnti nominali superiori a 125 A), deve rispettare le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1{,}45 \cdot I_z$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego della linea;
- I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione (se il dispositivo è regolabile I_n è la corrente regolata);
- I_z è la portata in regime permanente delle condutture;

- I_f è la corrente che assicura l'intervento del dispositivo entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Il dispositivo che protegge una conduttura contro i sovraccarichi può essere posto lungo il percorso di questa conduttura se nel tratto di conduttura tra il punto in cui si presenta una variazione di sezione, di materiale o modo di posa, ed il punto in cui è posto il dispositivo di protezione non vi siano né derivazioni né prese a spina.

5.3.4 Protezione contro i cortocircuiti

Devono essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di cortocircuito prima che tali correnti possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni. Tali dispositivi di protezione saranno previsti all'inizio di ogni linea generale e secondaria, luce e forza motrice, e avranno potere di interruzione adeguato alla corrente di cortocircuito simmetrica supposta nel loro punto di installazione e comunque tale da soddisfare quanto prescritto da CEI 64-8 art. 434.3.4..

Ogni dispositivo di protezione contro i cortocircuiti dovrà:

- avere un potere di interruzione non inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione, a meno che a monte non sia installato un altro dispositivo avente il necessario potere di interruzione e che l'energia che entrambi lasciano passare non sia tale da danneggiare il dispositivo posto a valle;
- essere in grado di interrompere la corrente di cortocircuito che si presenta in un punto qualsiasi del circuito in un tempo non superiore a quello che porti i conduttori alla temperatura limite ammissibile, per i cortocircuiti di durata non superiore a 5s la condizione da soddisfare è la seguente:

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

  dove:
  - $I^2 \cdot t$ è l'integrale di Joule per la durata del cortocircuito, in A^2s,
  - K è un coefficiente i cui valori sono fissati dalla Norma CEI 64-8 (434.3.2),
  - S è la sezione dei conduttori, in mm²,
  - t è la durata del corto circuito.

Il dispositivo di protezione contro i cortocircuiti sarà installato nel punto in cui una riduzione di sezione o ogni altra variazione, comporti una riduzione del coefficiente K, con le seguenti eccezioni:

- il tratto di conduttura tra il punto in cui sia posto il dispositivo di protezione ed il punto in cui vi sia una riduzione di sezione (o un'altra variazione):
  - non superi 3 m,
  - sia realizzato in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito,
  - non sia posto in vicinanza di materiale combustibile;
  - il dispositivo posto a monte delle variazioni di sezioni o di altre variazioni sia adatto a proteggere la conduttura posta a valle.

5.3.5 Protezione contro le sovratensioni

Al fine di proteggere gli impianti e le apparecchiature elettriche ed elettroniche ad essi collegate contro possibili sovratensioni, che dovessero trasmettersi attraverso la rete dell'Ente distributore, all'interno del quadro elettrico generale dovrà essere installato un adeguato limitatore di sovratensioni. Detto limitatore, che dovrà essere modulare e componibile e dovrà avere il dispositivo a scatto incorporato per profilato unificato, sarà composto da varistori e scaricatore verso terra, per garantire la separazione galvanica tra i conduttori attivi e la terra di protezione. Tale apparecchiatura dovrà, inoltre, disporre di una idonea segnalazione visibile che ne indichi

l'efficienza. I morsetti di collegamento dovranno consentire un sicuro collegamento dei conduttori di protezione e garantirne un sicuro serraggio.

6 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

6.1 QUADRI ELETTRICI

Nell'area oggetto di intervento sono previsti i seguenti quadri di distribuzione:

- Quadro sottocontatore (Q00), posizionato nel vano contatori, realizzato in materiale plastico da incasso con grado di protezione minimo IP55, dimensioni minime 12 moduli, contenente la protezione della linea montante a Quadro generale (Q01).
- Quadro elettrico Generale (Q01), posizionato all'esterno del bar esistente, realizzato in vetroresina con anta e zoccolo per ingresso cavi, con grado di protezione minimo IP55, dimensioni minime 144 moduli, contenente le protezioni e i comandi di tutte le utenze.

6.2 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione delle aree esterne oggetto di intervento deve essere realizzato in maniera tale da garantire un'adeguata visibilità nelle ore serali e notturne affinché il passaggio pedonale si svolga in sicurezza.
Con particolare riferimento alla Legge Regionale n.17 del 27 Marzo 2000 (e s.m.i.) "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso", gli apparecchi di illuminazione saranno scelti in modo che:

- il flusso luminoso emesso dalla lampada sia diretto, il più possibile, verso il basso, ciò allo scopo di ridurre al minimo l'inquinamento luminoso e di evitare fenomeni di abbagliamento,
- l'efficienza dell'apparecchio sia elevata, allo scopo di ridurre i consumi; in tal senso si predilige corpi illuminanti con lampade a LED.

In conformità alla norma UNI 13201 l'impianto di illuminazione dovrà garantire un flusso luminoso medio di 10 lx su tutta l'area.

I corpi illuminanti principali verranno montati su nuovi pali o su sostegni esistenti (vedere elaborati grafici per il dettaglio) lungo il perimetro dell'area. Essi dovranno garantire l'illuminazione dell'intera area. In aggiunta verranno posti degli apparecchi di illuminazione per l'illuminazione puntuale di alcuni gradini.

La modalità di accensione dei corpi illuminanti potrà avvenire:

- manualmente, tramite comando posto nel quadro generale,
- automaticamente grazie all'uso di un orologio e di un dispositivo crepuscolare.

Inoltre i corpi illuminanti principali saranno di tipo DALI, potrà pertanto essere regolata la luminosità in funzione alle diverse necessità (manifestazioni, eventi, ecc.).

6.2.1 Prescrizioni particolari

Si riportano in seguito alcune prescrizioni di rilevanza trattate nella norma CEI 64-8/7 sez. 714 "Impianti di illuminazione situati all'esterno".

6.2.1.1 Resistenza di isolamento

a) Con apparecchi di illuminazione disinseriti, ogni circuito di illuminazione alimentato a tensione fino a 1 000 V, all'atto della verifica iniziale, deve presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore ai valori presenti nella Tabella 61A della Norma CEI 64-8.
b) Con apparecchi di illuminazione inseriti, ogni circuito di illuminazione, all'atto della verifica iniziale, deve presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a:
    a. per gli impianti di categoria 0: 0,25 MΩ
    b. per gli impianti di categoria I:

$$[2/ (L+N)] \text{ M}\Omega$$

dove:

L = lunghezza complessiva delle linee di alimentazione in kilometri (si assume il valore 1 per lunghezze inferiori a 1 km);

N = numero degli apparecchi di illuminazio Ω ne presenti nel sistema elettrico.

Questa misura deve essere effettuata tra il complesso dei conduttori metallicamente connessi e la terra, con l'impianto predisposto per il funzionamento ordinario, e quindi con tutti gli apparecchi di illuminazione inseriti.

La tensione di prova deve essere applicata per circa 60 s.

6.2.1.2 Alimentazione

I circuiti di alimentazione trifasi degli apparecchi di illuminazione devono essere realizzati in modo da ridurre al minimo gli squilibri di corrente lungo la rete.

6.2.1.3 Protezioni contro i fulmini

La protezione dei sostegni contro i fulmini non è necessaria.

6.2.1.4 Prescrizioni per la sicurezza

Protezione contro i contatti diretti

Tutte le parti attive dei componenti elettrici devono essere protette mediante isolamento o mediante barriere o involucri per impedire i contatti indiretti.

Se uno sportello, pur apribile con chiave o attrezzo, è posto a meno di 2,5 m dal suolo e dà accesso a parti attive, queste devono essere inaccessibili al dito di prova (IPXXB) o devono essere protette da un ulteriore schermo con uguale grado di protezione, a meno che lo sportello non si trovi in un locale accessibile solo alle persone autorizzate.

Le lampade degli apparecchi di illuminazione non devono diventare accessibili se non dopo aver rimosso un involucro o una barriera per mezzo di un attrezzo, a meno che l'apparecchio non si trovi ad una altezza superiore a 2,8 m.

Protezione contro i contatti indiretti

La protezione mediante luoghi non conduttori e la protezione mediante collegamento equipotenziale locale non connesso a terra non devono essere utilizzate.

Nel caso di impianti di illuminazione esterna installati su sostegni che sorreggono anche linee elettriche adibite ad altri servizi, le prescrizioni contro i contatti indiretti indicati negli articoli della presente Sezione, si applicano solo all'impianto di illuminazione esterna e non alle linee elettriche aeree, per le quali valgono le prescrizioni della Norma CEI 11-4.

Non è richiesta la messa a terra di parti metalliche poste ad una distanza inferiore ad 1 m dai conduttori nudi di linee elettriche aeree di alimentazione purchè:

- tali parti metalliche risultino isolate dalle restanti parti dell'impianto (fune di sospensione, pali, ecc.);

- tali parti metalliche vengano considerate in tensione e trattate alla stregua dei conduttori nudi di alimentazione per quanto concerne i distanziamenti di sicurezza che devono essere osservati dagli operatori in occasione di interventi sugli impianti.

Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Non è necessario collegare all'impianto di terra dell'impianto di illuminazione le strutture metalliche (quali recinti, griglie, ecc.), che sono situate in prossimità ma non fanno parte dell'impianto di illuminazione esterno.

Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente

Non deve essere previsto alcun conduttore di protezione e le parti conduttrici, separate dalle parti attive con isolamento doppio o rinforzato, non devono essere collegate intenzionalmente all'impianto di terra.

Per le condutture elettriche si veda l'articolo 413.2. Ai fini di questo articolo si devono utilizzare cavi aventi tensioni di isolamento almeno 0,6/1 kV.

Scelta e messa in opera delle apparecchiature elettriche

I componenti elettrici devono avere, per costruzione o per installazione, almeno il grado di protezione IP33.

NOTA: Possono essere richiesti gradi di protezione più elevati in relazione alle condizioni di installazione, ad esempio spruzzi.

Per gli apparecchi di illuminazione il grado di protezione IP23 è sufficiente quando il rischio di inquinamento ambientale sia trascurabile, e se gli apparecchi di illuminazione sono posti a più di 2,50 m al di sopra del livello del suolo.

Le prescrizioni relative alla costruzione e alla sicurezza degli apparecchi di illuminazione sono indicate nella serie CEI EN 60598.

Caduta di tensione nel circuito degli impianti in derivazione

Si applica quanto indicato nella sezione 525, con la differenza di considerare la caduta di tensione al 5% della tensione nominale dell'impianto.

6.3 IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE E DI FORZA MOTRICE

La distribuzione principale è derivata dal Quadro elettrico Generale Q01. Da tale quadro partono le dorsali suddivise per tipologia di utenze (illuminazione principale, illuminazione segnapasso, alimentazione cancelli, ecc.).

La distribuzione avverrà principalmente entro tubazioni interrate.

Le tubazioni saranno intervallate da pozzetti rompitratta e terminali, delle dimensioni utili interne specificate negli elaborati grafici, senza fondo. I pozzetti saranno posati anche in corrispondenza dei punti luce, delle derivazioni e dei cambiamenti di direzione e saranno completi di chiusini in ghisa carrabili, conformi alla Norma Europea UNI EN 124. All'interno dei pozzetti, in corrispondenza dei punti luce e delle derivazioni di linea, saranno realizzate le connessioni tra le linee dorsali di alimentazione e le linee secondarie alimentati i punti luce. Tali connessioni saranno realizzate con l'utilizzo di muffole riempite con resina bicomponente, al fine di garantire la tenuta stagna.

Tutte le utenze sono alimentate da cavi di tipo FG16OM16 (multipolari) o di tipo FG16R16 (unipolari).

6.4 PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Come si evince dalla norma CEI 64-8/7 par. 714.35, la protezione dei sostegni contro i fulmini non è necessaria.

7 ALLEGATI

Alla presente Relazione Tecnica si allega:

1. Relazione di calcolo,
2. Calcoli illuminotecnici.

Onore (BG), Ottobre 2018

Il progettista

Ing. Giuliano Visinoni

……

ALLEGATO 1

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI

RELAZIONE SUL CALCOLO ESEGUITO

Calcolo delle correnti di impiego

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

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

nella quale:

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

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza cosφ è pari a 1.
Dal valore massimo (modulo) di *Ib* vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

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

Il vettore della tensione *Vn* è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

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

La potenza di dimensionamento *Pd* è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.
Per le utenze terminali la potenza P_n è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione P_n rappresenta la somma vettoriale delle P_d delle utenze a valle (ΣP_d a valle).
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 (ΣQ_d a valle).
Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.
In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

$$a) \quad I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente *Ib*, 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 *Iz* della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

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

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:
- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).
- EC 60502-2 (6-30kV)
- IEC 61892-4 off-shore (fino a 30kV)

Il programma gestisce ulteriori tabelle, specifiche per alcuni paesi. L'elenco completo è disponibile nei Riferimenti normativi.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile *Iz* 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:

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

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;

- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z\ min.}$ Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).
La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento *If* e corrente nominale In minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.
Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.
Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

Integrale di Joule

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

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

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

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

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

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

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

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

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115

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

Dimensionamento dei conduttori di neutro

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

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm^2;
- 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^2 se il conduttore è in rame e a 25 mm^2 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^2 se conduttore in rame e 25 mm^2 se e conduttore in allumino, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

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

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

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

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.
Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.
Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

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:

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

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

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

dove:

- Sp è la sezione del conduttore di protezione (mm²);
- 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 mm² rame o 16 mm² alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm² o 16 mm² alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

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

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25 mm², se in rame;
- 35 mm², se in alluminio;

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:

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

espresse in °C.
Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.
Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

Cadute di tensione

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

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

con *f* che rappresenta le tre fasi R, S, T;
con *n* che rappresenta il conduttore di neutro;
con *i* che rappresenta le *k* utenze coinvolte nel calcolo;

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

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

con:

- *kcdt=2* per sistemi monofase;
- *kcdt=1.73* per sistemi trifase.

I parametri *Rcavo* e *Xcavo* sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km.
Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

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

.

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.
Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.
Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.
Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione
- in media tensione

- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI EN 60909-0.
Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

Bassa tensione

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

- tensione concatenata di alimentazione espressa in V;
- corrente di cortocircuito trifase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente 10 kA).
- corrente di cortocircuito monofase della rete di fornitura espressa in kA (usualmente 6 kA).

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

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

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

$$\begin{array}{ll}
50 < I_{cctrif} & \cos\phi_{cc} = 0.2 \\
20 < I_{cctrif} \leq 50 & \cos\phi_{cc} = 0.25 \\
10 < I_{cctrif} \leq 20 & \cos\phi_{cc} = 0.3 \\
6 < I_{cctrif} \leq 10 & \cos\phi_{cc} = 0.5 \\
4.5 < I_{cctrif} \leq 6 & \cos\phi_{cc} = 0.7 \\
3 < I_{cctrif} \leq 4.5 & \cos\phi_{cc} = 0.8 \\
1.5 < I_{cctrif} \leq 3 & \cos\phi_{cc} = 0.9 \\
I_{cctrif} \leq 1.5 & \cos\phi_{cc} = 0.95
\end{array}$$

da questi dati si ricava la resistenza alla sequenza diretta, in mΩ:

ed infine la relativa reattanza alla sequenza diretta, in mΩ:

Dalla conoscenza della corrente di guasto monofase *Ik1*, è possibile ricavare i valori dell'impedenza omopolare.

Invertendo la formula:

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

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

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

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

Fattori di correzione per generatori e trasformatori (EN 60909-0)

La norma EN 60909-0 fornisce una serie di fattori correttivi per il calcolo delle impedenze di alcune macchine presenti nella rete. Quelle utilizzate per il calcolo dei guasti riguardano i generatori e i trasformatori.

Fattore di correzione per trasformatori (EN 60909-0 par. 6.3.3)
Per i trasformatori a due avvolgimenti, con o senza regolazione delle spire, quando si stanno calcolando le correnti massime di cortocircuito, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_T tale che:

$$Z_{cctK} = K_T \cdot Z_{cct}$$

$$K_T = 0.95 \cdot \frac{c_{max}}{1 + 0.6 \cdot x_T}$$

dove

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

è la reattanza relativa del trasformatore e *Cmax* è preso dalla tabella 1 ed è relativo alla tensione lato bassa del trasformatore.
Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

Fattore di correzione per generatori sincroni (EN 60909-0 par. 6.6.1)
Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei sistemi alimentati direttamente da generatori senza trasformatori intermedi, si deve introdurre un fattore di correzione K_G tale che:

$$Z_{GK} = K_G \cdot Z_G$$

con

$$K_G = \frac{V_{02}}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos\varphi_{rG}}}$$

dove

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

è la reattanza satura relativa subtransitoria del generatore.
Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.
Nella formula compaiono a numeratore e denominatore la tensione nominale di sistema e la tensione nominale del generatore (U_{rG}). In Ampère U_{rG} non è gestita, quindi si considera V_{02}/ U_{rG} = 1.

Fattore di correzione per gruppi di produzione <u>con</u> regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.1)
Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_S da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SK} = K_S \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_S = \frac{c_{max}}{1 + |x'' - x_T| \cdot \sqrt{1 - \cos\varphi_{rG}}}$$

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per K_S non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

Fattore di correzione per gruppi di produzione <u>senza</u> regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.2)
Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza K_{SO} da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SOK} = K_{SO} \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_{SO} = (1 \pm p_T) \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos\varphi_{rG}}}$$

Dove p_T è la variazione di tensione del trasformatore tramite la presa a spina scelta. Nel programma viene impostato il fattore ($1-p_T$), con $p_T = (|V_{sec}-V_{02}|)/V_{02}$.
Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per K_{SO} non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

Calcolo dei guasti

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

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

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

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

Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito massime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0. Sono previste le seguenti condizioni generali:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto subtransitorio. Eventuale gestione della attenuazione della corrente per il guasto trifase 'vicino' alla sorgente.
- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione *Cmax*;
- impedenza di guasto minima della rete, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dc} = \frac{R_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\alpha \cdot \Delta T)} \right)$$

dove ΔT è 50 o 70 °C e α = 0.004 a 20 °C.

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

$$X_{dc} = \frac{X_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.
Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{db} = \frac{R_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{db} = \frac{X_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

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:

$$R_{0cN} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcN}$$
$$X_{0cN} = 3 \cdot X_{dc}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cPE} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE}$$
$$X_{0cPE} = 3 \cdot X_{dc}$$

dove le resistenze R_{dcN} e R_{dcPE} vengono calcolate come la R_{dc}.

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:

$$R_{0bN} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbN}$$
$$X_{0bN} = 3 \cdot X_{db}$$

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

$$R_{0bPE} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE}$$
$$X_{0bPE} = X_{db} + 3 \cdot \left(X_{b-ring} - X_{db}\right)$$

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

$$R_d = R_{dc} + R_{d-up}$$
$$X_d = X_{dc} + X_{d-up}$$
$$R_{0N} = R_{0cN} + R_{0N-up}$$
$$X_{0N} = X_{0cN} + X_{0N-up}$$
$$R_{0PE} = R_{0cPE} + R_{0PE-up}$$
$$X_{0PE} = X_{0cPE} + X_{0PE-up}$$

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):

$$Z_{k1N\,min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0N})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0N})^2}$$

Fase terra:

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

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase I_{kmax} , fase neutro I_{k1Nmax} , fase terra $I_{k1PEmax}$ e bifase I_{k2max} espresse in kA:

$$I_{k\,max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\,min}}$$
$$I_{k1N\,max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N\,min}}$$

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

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

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti:

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

$$I_{p1N} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1N\,max}$$

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

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

dove:

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

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

Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0 par 7.1.2 per quanto riguarda:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori. Il contributo dei generatori è in regime permanente per i guasti trifasi 'vicini', mentre per i guasti 'lontani' o asimmetrici si considera il contributo subtransitorio;
- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione Cmin, che può essere 0.95 se Cmax = 1.05, oppure 0.90 se Cmax = 1.10 (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore Cmin è pari a 1;

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

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

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

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

serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

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

$$R_{d\,max} = R_d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0N\,max} = R_{0N} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0PE\,max} = R_{0PE} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze massime.
Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra , espresse in kA:

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

$$I_{k1N\,min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N\,max}}$$

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

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

Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra
Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con Zd la impedenza diretta della rete, con Zi l'impedenza inversa, e con Z0 l'impedenza omopolare.
Nelle formule riportate in seguito, Z0 corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{\dot{Z}_0 - \alpha \cdot \dot{Z}_i}{\dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_i + \dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_i \cdot \dot{Z}_0} \right|$$

e la corrente di picco:

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

Scelta delle protezioni

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

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

Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

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

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

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

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

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.
La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

a) Le intersezioni sono due:
   - *Iccmin≥Iinters min* (quest'ultima riportata nella norma come *Ia*);
   - *Iccmax≤Iinters max* (quest'ultima riportata nella norma come *Ib*).

b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
   - Iccmin≥Iinters min.

c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
   - Icc max≤Iinters max.

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

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti K^2S^2 e la *Iz* dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

Verifica di selettività

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente Ia di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;

- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

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

Riferimenti normativi

Norme di riferimento per la Bassa tensione:

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- 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 EN 60947-2 (CEI 17-5) VIIIa Ed. 2007-07: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carring capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.
- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;

Norme di riferimento per la Media tensione

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.
- IEC 61892-4 Ia Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

Utenza

+Vano Contatori.Q01-D.MT+D.0

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	25,916		63		100
Neutro	1,835		63		77

1) Utenza +Vano Contatori.Q01-D.MT+D.0: Ins = 63 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	9	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	1	La protezione dell'utenza +Vano Contatori.Q01-D.MT+D.0
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 1 <= Ia c.i. = 9

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
10		10	60

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
630		310,9

Cavo

Designazione	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	3x(1x25)+1x16+1G16				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	25	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	48	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

Verificato

K²S² conduttore fase	1,278E+07
K²S² neutro	5,235E+06
K²S² PE	7,93E+06

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
2,081	2,081	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
4,914	4,914	

Correnti di guasto [kA]

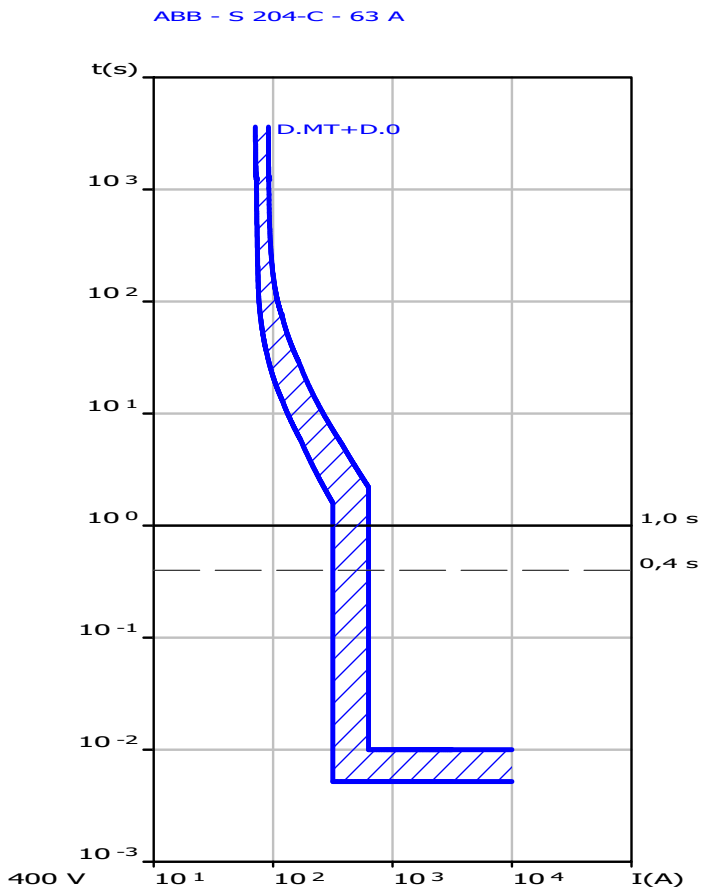
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	1,488	0,779	6,201
Bifase	1,289	0,674	5,717
Bifase-N	1,321	0,687	5,811
Fase-N	0,608	0,311	5,389

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
1,488	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-Q.IMS.0 Generale

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz	
Fase	25,916		63			1) Utenza +Vano Contatori.Q01-D.MT+D.0: Ins = 63 [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	1,835		63			

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).
Ia c.i. [A]	9	
Tempo di interruzione [s]	1	
VT a Ia c.i. [V]	50	

Icw [kA]

Icw: corrente ammissibile di breve durata

Icw	Tcw	Verificato
1,5	1	

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	400	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	2,081	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0	4,914	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

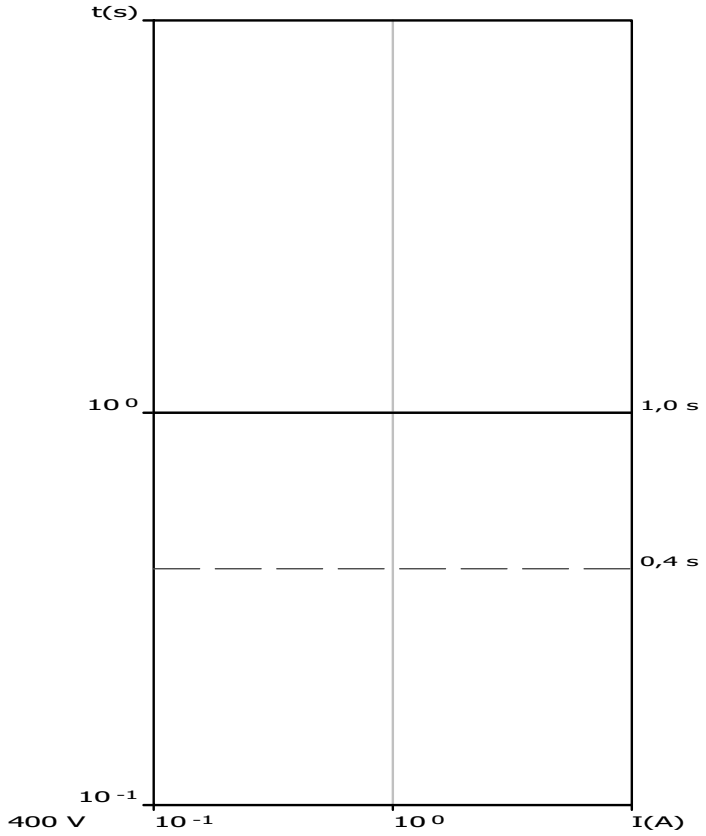
	Max	Min	Picco
Trifase	1,488	0,779	2,147
Bifase	1,289	0,674	1,859
Bifase-N	1,321	0,687	1,906
Fase-N	0,608	0,311	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
1,488	n.c.

Protezione

ABB - E 204/63g - 63 A



Utenza

+Esterno Bar.Q01-SPD.0 SPD

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz	
						1) Utenza +Vano Contatori.Q01-D.MT+D.0: Ins = 63 [A] (sgancio protezione termica)
Fase			63			
Neutro	0		63			

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Utenza di tipo SPD.
Ia c.i. [A]	9	
Tempo di interruzione [s]	1	
VT a Ia c.i. [V]	50	

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	400	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	2,081	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
0	4,914	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	1,488	0,779	2,147
Bifase	1,289	0,674	1,859
Bifase-N	1,321	0,687	1,906
Fase-N	0,608	0,311	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
1,488	n.c.

Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.0 Proiettori Piazza | Lato Ovest

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,802		10		35
Neutro	0,000		10		35

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.0: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	7,4
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.0
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 7,4

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
100		69,3

Cavo

Designazione	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	4x(1x4)+1G4				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	26	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	3,272E+05
K²S² neutro	3,272E+05
K²S² PE	4,956E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,259	2,341	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
3,238	8,152	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

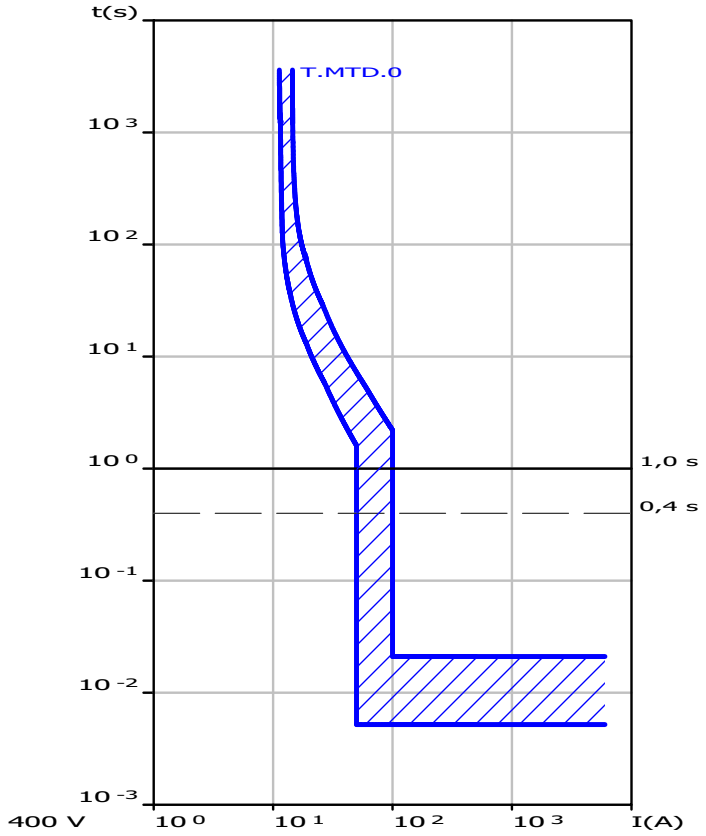
	Max	Min	Picco
Trifase	0,291	0,145	2,047
Bifase	0,252	0,126	1,859
Bifase-N	0,257	0,128	1,906
Fase-N	0,139	0,069	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,291	n.c.

Protezione

ABB - DS 204 AC-C 0.3 - 10 A



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.1 Proiettori Piazza | Lato Est

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	1,123		10		35
Neutro	0		10		35

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.1: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	7,9
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.1
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 7,9

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
100		98,9

Cavo

Designazione	FG16R16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	4x(1x4)+1G4				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	26	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	3,272E+05
K²S² neutro	3,272E+05
K²S² PE	4,956E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,223	2,305	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
1,99	6,904	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

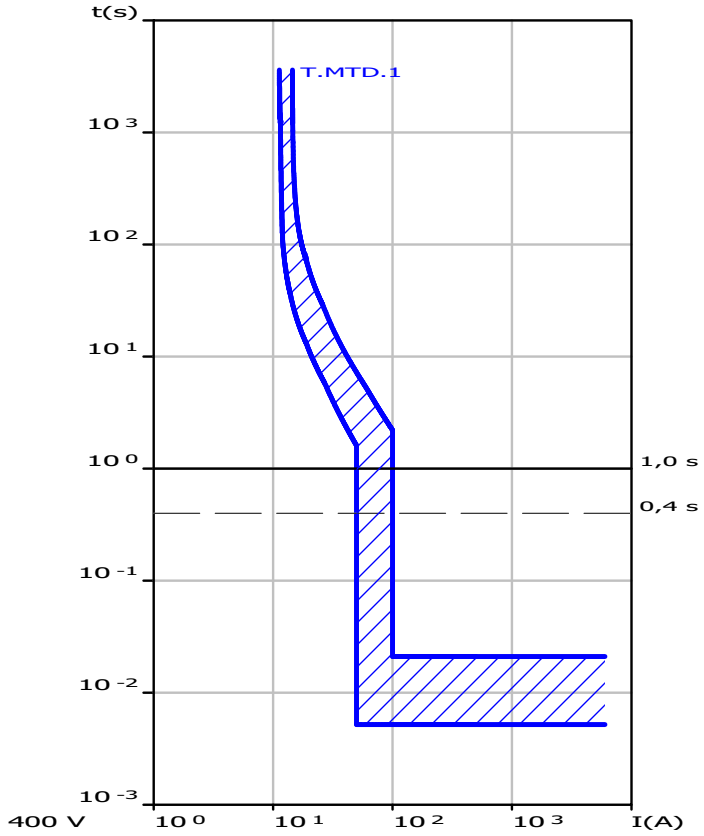
	Max	Min	Picco
Trifase	0,422	0,212	2,047
Bifase	0,366	0,183	1,859
Bifase-N	0,373	0,186	1,906
Fase-N	0,198	0,099	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,422	n.c.

Protezione

ABB - DS 204 AC-C 0.3 - 10 A



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.2 Luci | Sgnapasso

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,962		10		23
Neutro	0,962		10		23

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.2: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	
Ia c.i. [A]	6,6	
Tempo di interruzione [s]	0,4	
VT a Ia c.i. [V]	50	

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.2
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,03 <= Ia c.i. = 6,6

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
100		46

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	3G1.5				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	33	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	4,601E+04
K²S² neutro	4,601E+04
K²S² PE	4,601E+04

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 231

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
1,021	2,584	4

Cdt (In)	CdtT (In)
10,667	15,58

Correnti di guasto [kA]

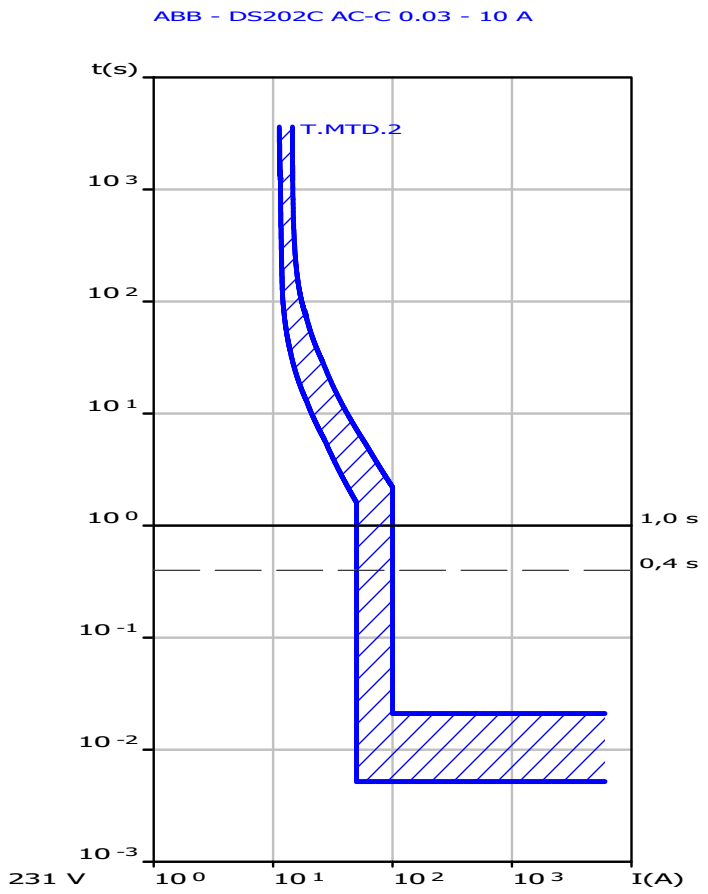
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,093	0,046	0,78

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,093	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.3 Cancello Nord

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	1,443		10		30
Neutro	1,443		10		30

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.3: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	7,4	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.3
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 7,4

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI >=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6	0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag. <	Imagmax
100	69,8

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	3G2.5				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	28	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	1,278E+05
K²S² neutro	1,278E+05
K²S² PE	1,278E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	231	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,92	2,482	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
6,391	11,305	

Correnti di guasto [kA]

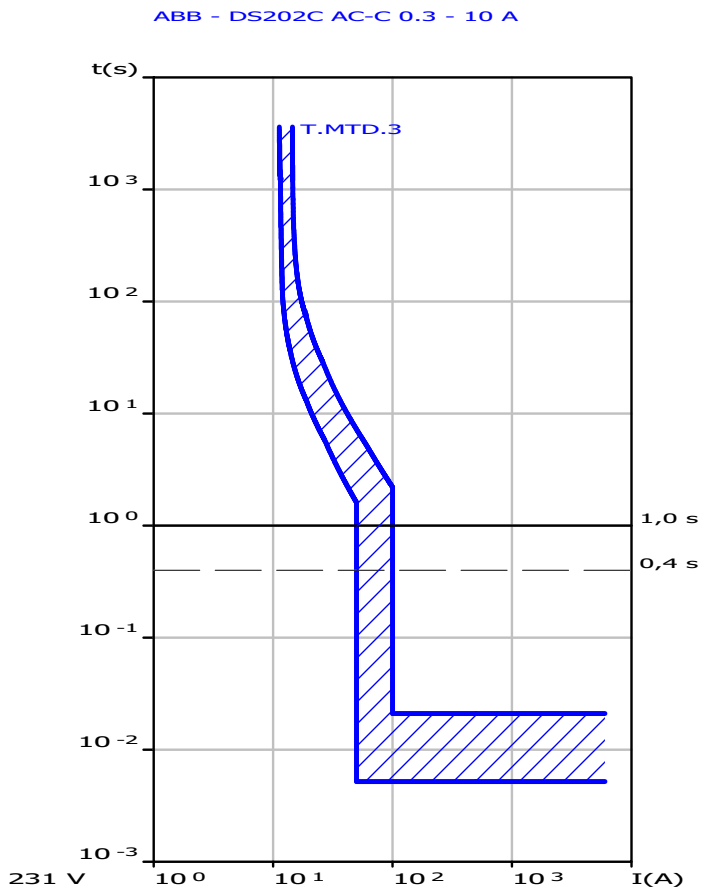
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,14	0,07	0,78

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,14	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.4 Cancello Sud

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,962		10		30
Neutro	0,962		10		30

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.4: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	7,2	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.4
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 7,2

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
100		63,6

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	3G2.5				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	28	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	1,278E+05
K²S² neutro	1,278E+05
K²S² PE	1,278E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	231	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,69	2,437	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
7,193	12,107	

Correnti di guasto [kA]

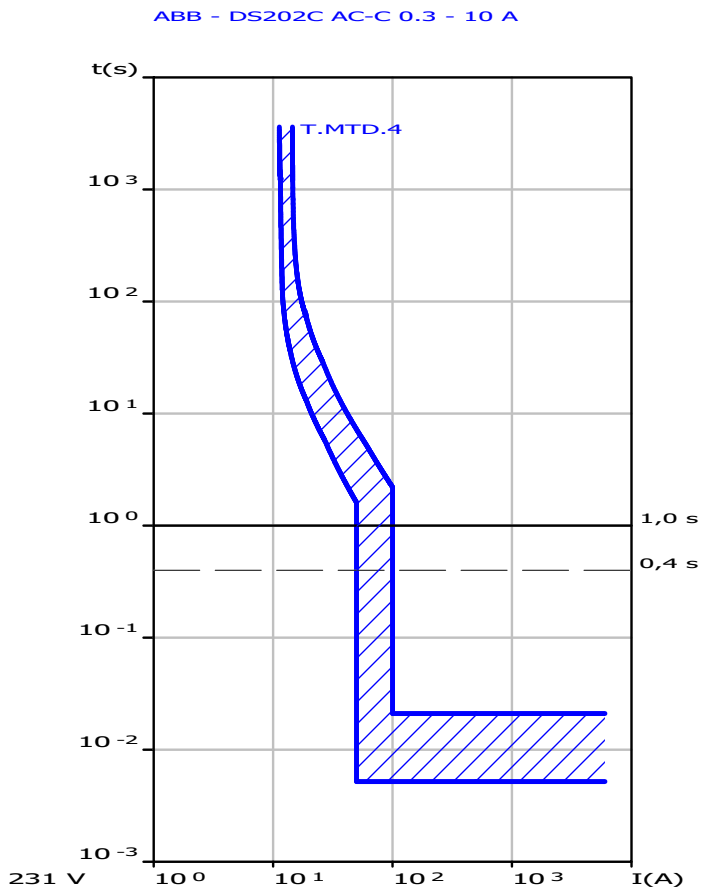
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,128	0,064	0,78

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,128	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.5 Cancello Ovest | (Parco)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,962		10		30
Neutro	0,962		10		30

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.5: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	6,9
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.5
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 6,9

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
100		54

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	3G2.5
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 20 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 28 <= 90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	1,278E+05
K²S² neutro	1,278E+05
K²S² PE	1,278E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 231

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,843	2,591	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
8,799	13,713	

Correnti di guasto [kA]

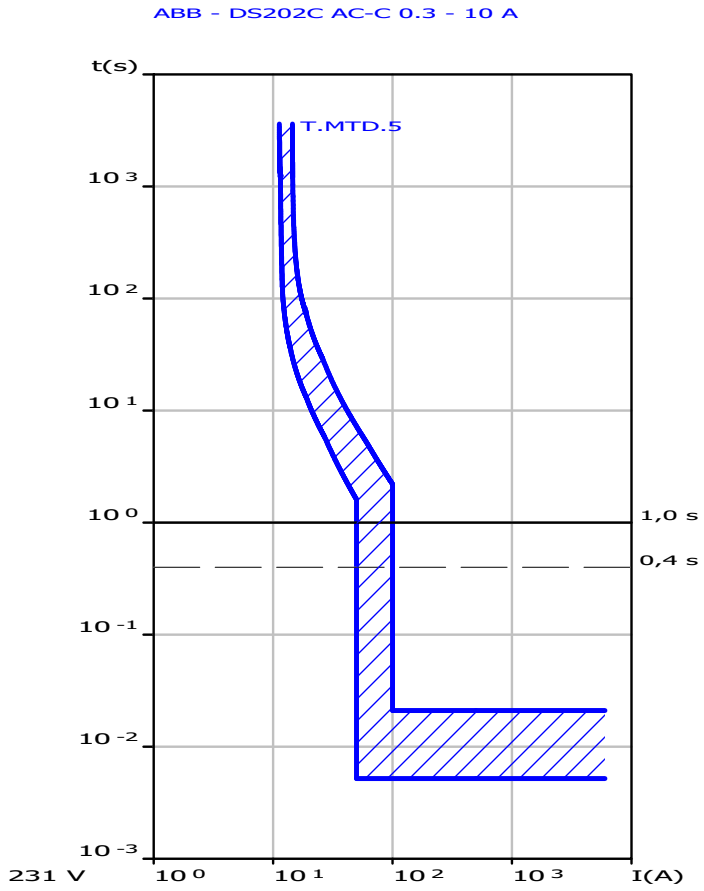
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,109	0,054	0,78

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,109	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.6 Torre Faro 1 | (predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	3,208		16		50,14
Neutro	0,000		16		50,14

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.6: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	9	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.6
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 9

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		98,8

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	4x(1x6)
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 20 <= 85
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 27 <= 85

$K^2S^2>I^2t$ [A^2s]

Verificato

K^2S^2 conduttore fase	7,362E+05
K^2S^2 neutro	7,362E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,64	2,723	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
3,202	8,116	

Correnti di guasto [kA]

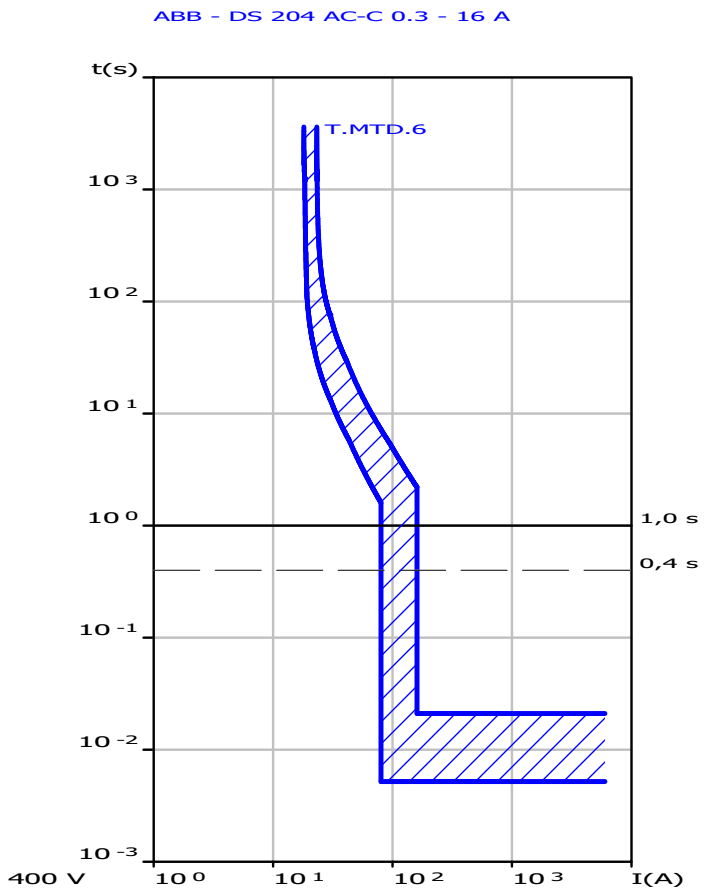
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	0,422	0,211	2,126
Bifase	0,365	0,183	1,859
Bifase-N	0,373	0,186	1,906
Fase-N	0,198	0,099	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,422	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.7 Torre Faro 2 | (Predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	3,208		16		41
Neutro	0,000		16		41

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.7: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	8,1	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.7
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 8,1

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		111,5

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	5G6
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 20 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 31 <= 90

K²S²>I²t [A²s]

Verificato

K²S² conduttore fase	7,362E+05
K²S² neutro	7,362E+05
K²S² PE	7,362E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,532	2,614	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
2,658	7,571	

Correnti di guasto [kA]

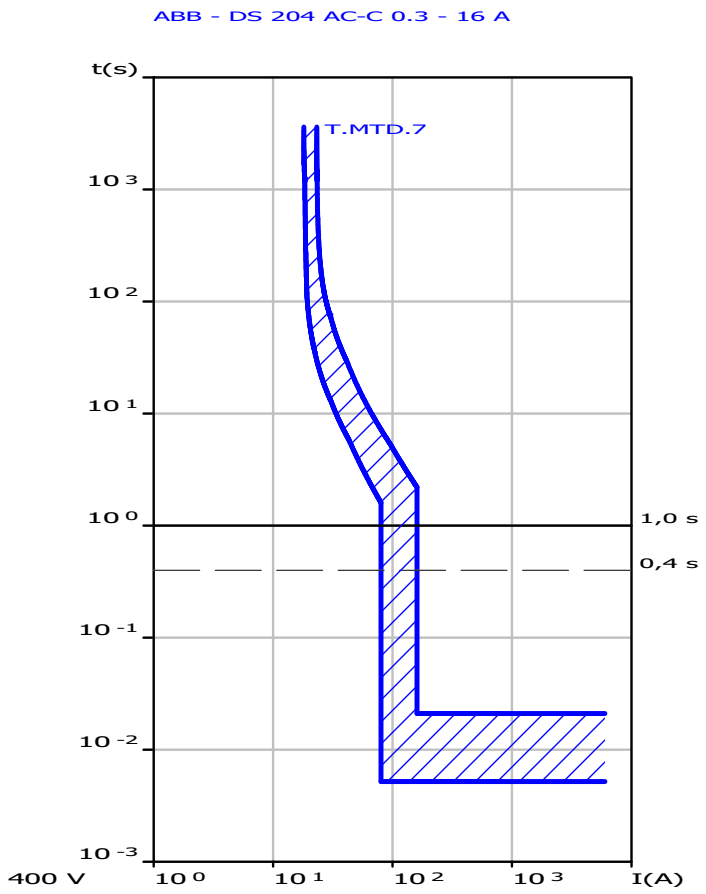
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	0,479	0,241	2,126
Bifase	0,415	0,208	1,859
Bifase-N	0,423	0,212	1,906
Fase-N	0,223	0,112	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,479	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.8 Torre Faro 3 | (Predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	3,208		16		41
Neutro	0,000		16		41

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.8: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	7,5
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.8
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 7,5

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		73,7

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	5G6
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 20 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 31 <= 90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	7,362E+05
K²S² neutro	7,362E+05
K²S² PE	7,362E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,957	3,042	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
4,795	9,708	

Correnti di guasto [kA]

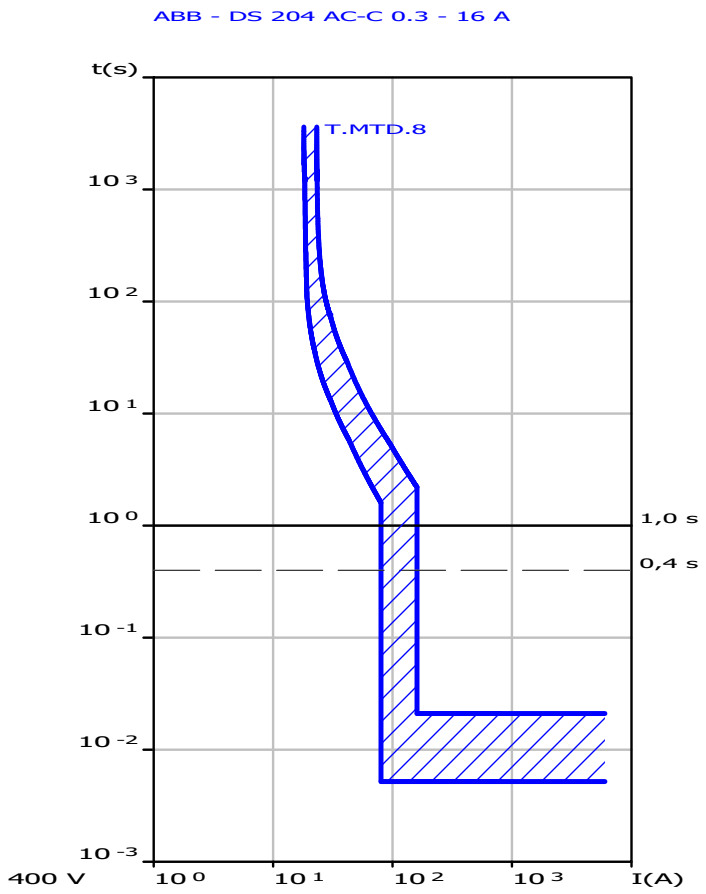
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	0,31	0,155	2,126
Bifase	0,269	0,134	1,859
Bifase-N	0,274	0,137	1,906
Fase-N	0,148	0,074	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,31	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.9 Torre Faro 4 | (Predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	3,208		16		41
Neutro	0,000		16		41

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.9: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	7,7
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.9
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 7,7

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		84,4

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	5G6
Temperatura cavo a Ib [°C]	20 <= 20 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20 <= 31 <= 90

K²S²>I²t [A²s]

Verificato

K²S² conduttore fase	7,362E+05
K²S² neutro	7,362E+05
K²S² PE	7,362E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,798	2,881	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
3,992	8,906	

Correnti di guasto [kA]

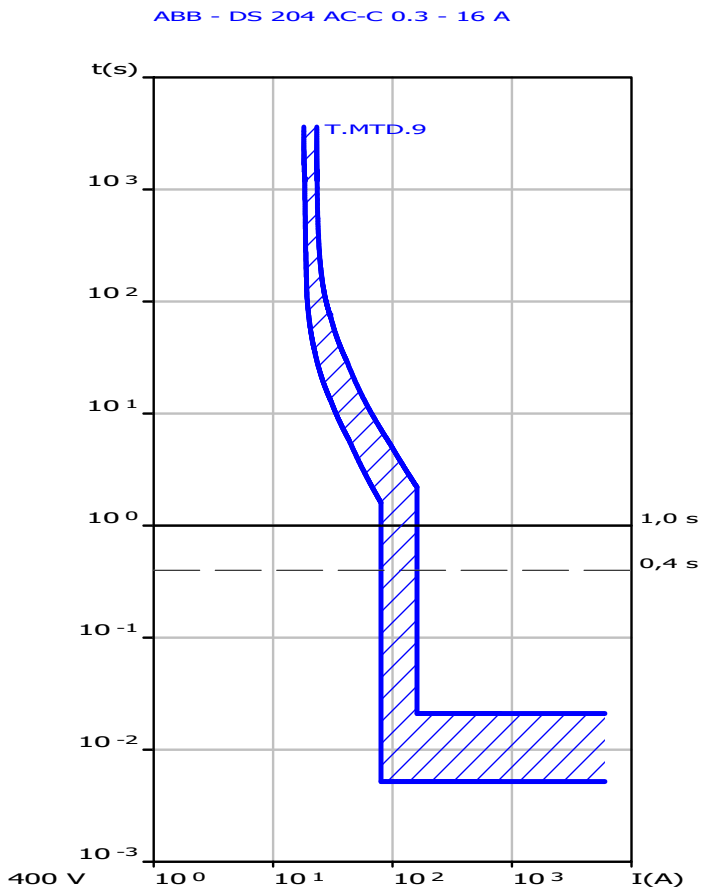
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	0,358	0,179	2,126
Bifase	0,31	0,155	1,859
Bifase-N	0,316	0,158	1,906
Fase-N	0,169	0,084	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,358	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.10 Campo Beach volley | (Predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	4,811		16		50,14
Neutro	0,000		16		50,14

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.10: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	9	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.10
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 9

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		98,8

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	4x(1x6)				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	21	<=	85
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	27	<=	85

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	7,362E+05
K²S² neutro	7,362E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,961	3,045	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
3,202	8,116	

Correnti di guasto [kA]

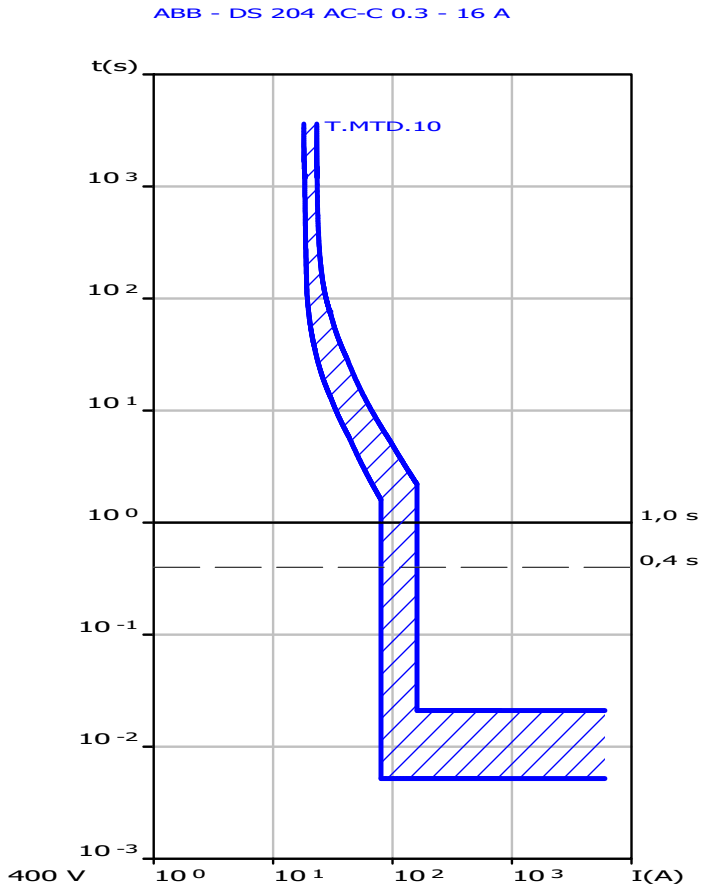
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	0,422	0,211	2,126
Bifase	0,365	0,183	1,859
Bifase-N	0,373	0,186	1,906
Fase-N	0,198	0,099	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,422	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.11 Campetto da calcio | (Predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	4,81		16		49
Neutro	4,81		16		49

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	8
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.11
interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 8

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
10		0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		104,8

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	3G6				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	21	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	27	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	7,362E+05
K²S² neutro	7,362E+05
K²S² PE	7,362E+05

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	231	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
1,756	3,842	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
5,847	10,761	

Correnti di guasto [kA]

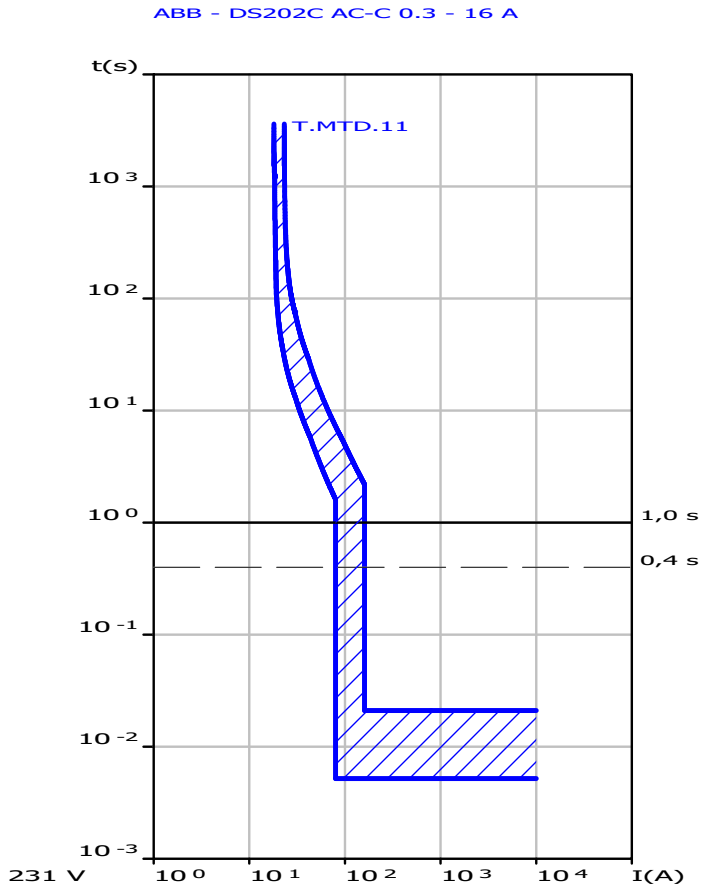
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,21	0,105	0,808

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,21	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.12 — Irrigazione | (Predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	8,019		16		55
Neutro	0		16		55

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.12: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato	Sistema distribuzione: TT; Impedenza di fornitura non nota.
Ia c.i. [A]	8,4	(Nota: l'analisi termina alla prima protezione utile trovata)
Tempo di interruzione [s]	0,4	La protezione dell'utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.12
VT a Ia c.i. [V]	50	interviene tramite sgancio differenziale; I prot. = 0,3 <= Ia c.i. = 8,4

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea — Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Prot. contatti indiretti

Sg. mag.	<	Imagmax
160		145,3

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3				
Formazione	5G10				
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	21	<=	90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	26	<=	90

K²S²>I²t [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	2,045E+06
K²S² neutro	2,045E+06
K²S² PE	2,045E+06

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	400	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,852	2,936	4
Cdt (In)	CdtT (In)	
1,702	6,616	

Correnti di guasto [kA]

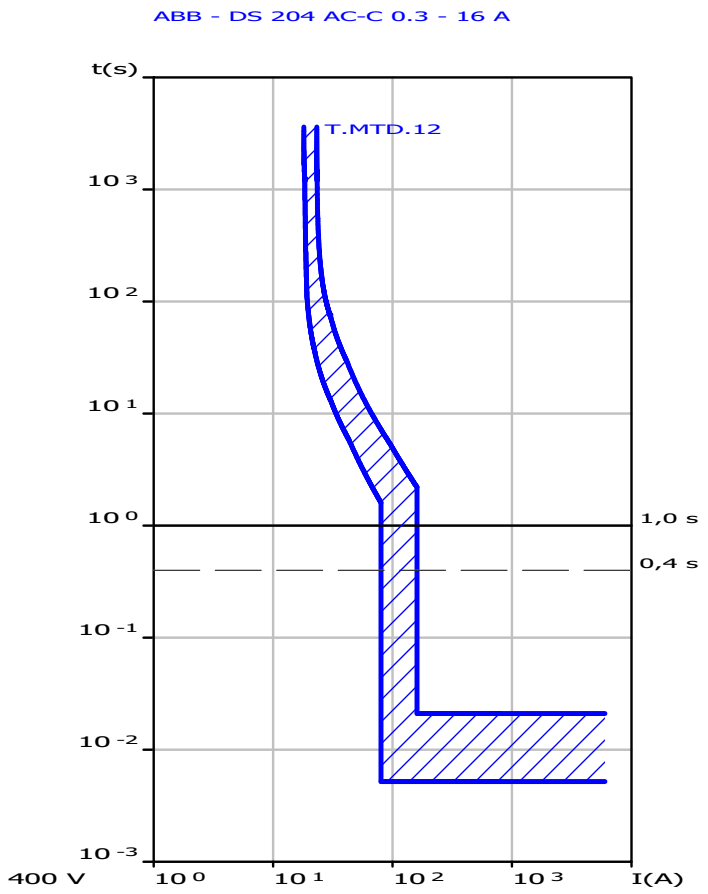
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	0,636	0,321	2,126
Bifase	0,551	0,278	1,859
Bifase-N	0,562	0,283	1,906
Fase-N	0,289	0,145	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,636	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-T.MTD.13 Ausiliari quadro

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,722		10		
Neutro	0,721		10		

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-T.MTD.13: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	9
Tempo di interruzione [s]	0,4
VT a Ia c.i. [V]	50

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Verificato

Sg. mag.	<	Imagmax
100		310,8

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 231

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	1,746	4

Cdt (In)	CdtT (In)
0	4,914

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

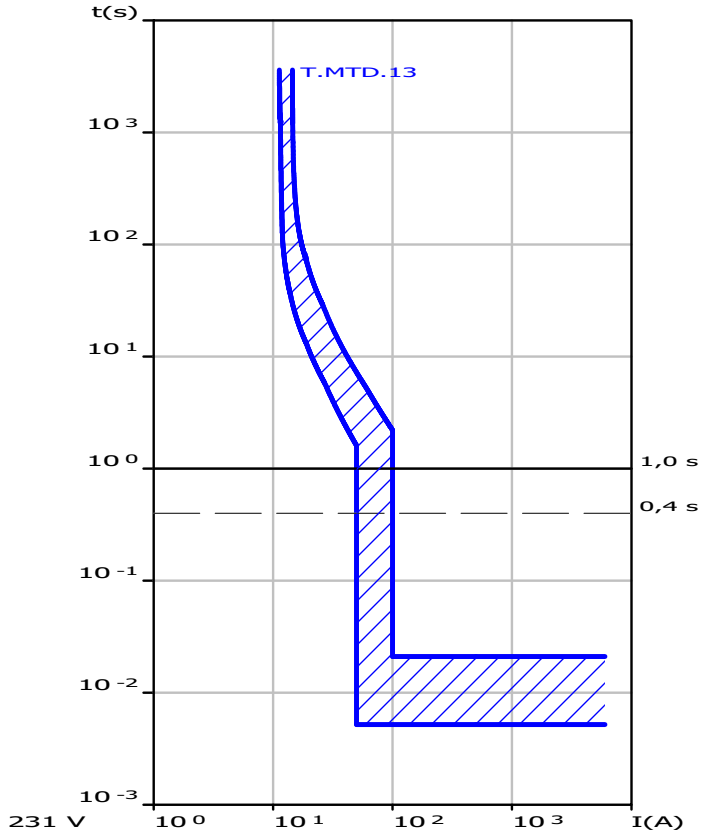
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,608	0,311	0,78

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,608	n.c.

Protezione

ABB - DS202C AC-C 0.03 - 10 A



Utenza

+Esterno Bar.Q01-Q.MTD.0 Riserva

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0		16		
Neutro	0		16		

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-Q.MTD.0: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	9
Tempo di interruzione [s]	1
VT a Ia c.i. [V]	50

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		1,488	13,695

Sg. mag.<Imagmax [A]

Verificato

Sg. mag.	<	Imagmax
160		310,9

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 400

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	2,081	4

Cdt (In)	CdtT (In)
0	4,914

Correnti di guasto [kA]

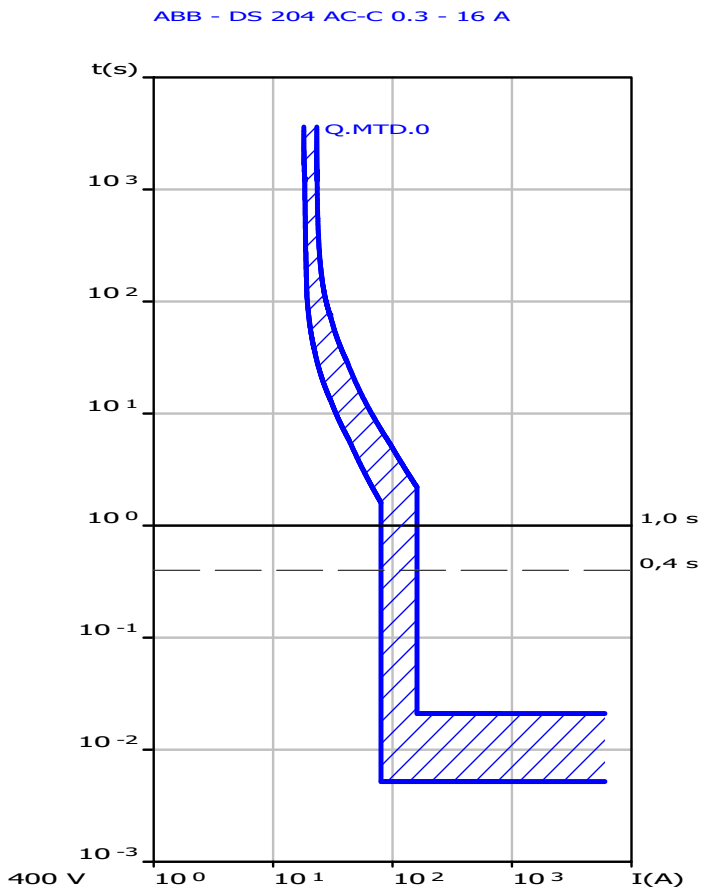
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Trifase	1,488	0,779	2,126
Bifase	1,289	0,674	1,859
Bifase-N	1,321	0,687	1,906
Fase-N	0,608	0,311	0,877

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
1,488	n.c.

Protezione



Utenza

+Esterno Bar.Q01-Q.MTD.1 Riserva

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0		16		
Neutro	0		16		

1) Utenza +Esterno Bar.Q01-Q.MTD.1: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

	Verificato
Ia c.i. [A]	9
Tempo di interruzione [s]	1
VT a Ia c.i. [V]	50

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea Verificato

PdI	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		0,608	9,273

Sg. mag.<Imagmax [A]

Verificato

Sg. mag.	<	Imagmax
160		310,8

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V] 231

Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0	2,08	4

Cdt (In)	CdtT (In)
0	4,914

Correnti di guasto [kA]

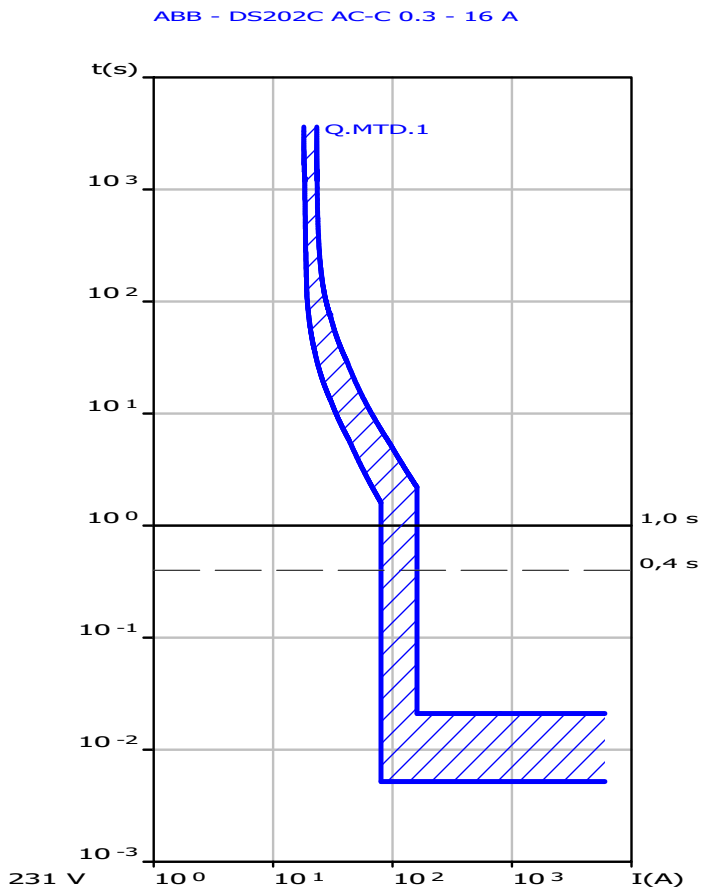
A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,608	0,311	0,808

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,608	n.c.

Protezione



ALLEGATO 2

CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Centro Sportivo Clusone

Illuminazione aree esterne

Responsabile:
No. ordine:
Ditta:
No. cliente:

Data: 16.10.2018
Redattore: Tekn&co S.r.l.

Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Indice

Centro Sportivo Clusone
Copertina progetto 1
Indice 2
Lista pezzi lampade 3
Thorn - Les Andelys 96644850 (STD - standard) AFP S 36L70-740 A/S6 ...
Scheda tecnica apparecchio 4
Area Esterna
Dati di pianificazione 5
Lista pezzi lampade 6
Lampade (planimetria) 7
Rendering 3D 8
Rendering colori sfalsati 9
Superfici esterne
Elemento del pavimento 1
Superficie 1
Grafica dei valori (E) 10
Superfici oggetto
Gradino 1
Superficie 1
Grafica dei valori (E) 11
Gradino 2
Superficie 1
Grafica dei valori (E) 12
Gradino 3
Superficie 1
Grafica dei valori (E) 13
Gradino 4
Superficie 1
Grafica dei valori (E) 14

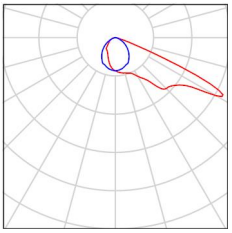
Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Centro Sportivo Clusone / Lista pezzi lampade

12 Pezzo

Thorn - Les Andelys 96644850 (STD - standard)
AFP S 36L70-740 A/S6 HFX CL2
Articolo No.: 96644850 (STD - standard)
Flusso luminoso (Lampada): 9406 lm
Flusso luminoso (Lampadine): 9410 lm
Potenza lampade: 77.0 W
Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 35 73 98 100 100
Dotazione: 1 x AFP_36L70AS4K 77W (Fattore di correzione 1.000).

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

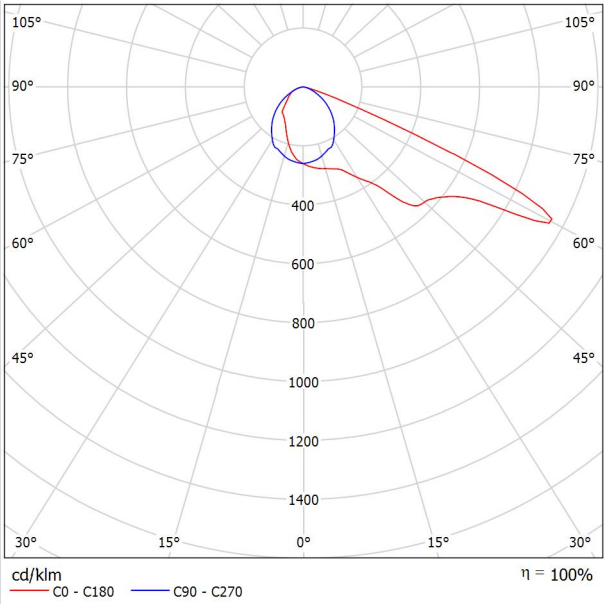


Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Thorn - Les Andelys 96644850 (STD - standard) AFP S 36L70-740 A/S6 HFX CL2 / Scheda tecnica apparecchio

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.

Emissione luminosa 1:

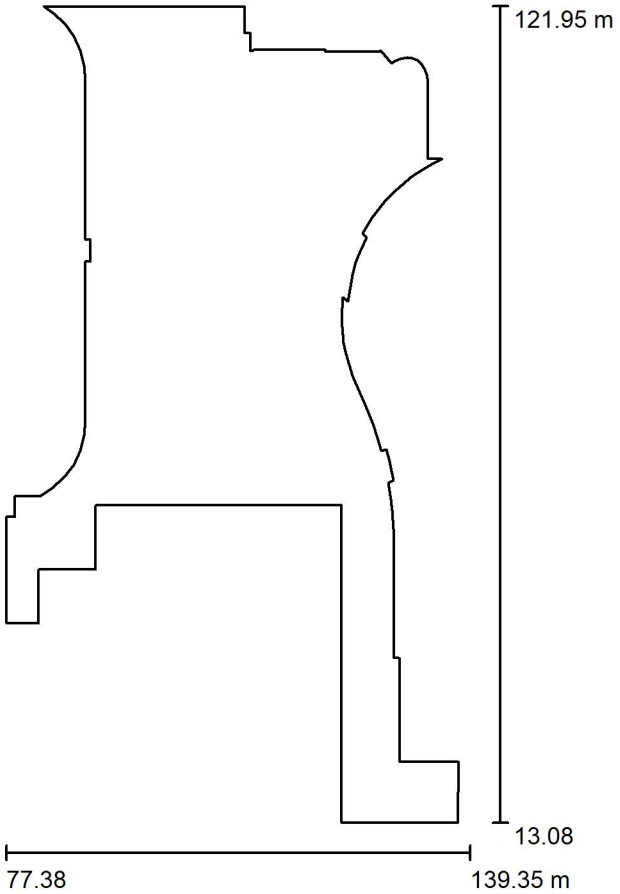


Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 35 73 98 100 100

A causa dell'assenza di simmetria, per questa lampada non è possibile rappresentare la tabella UGR.

Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Area Esterna / Dati di pianificazione



Fattore di manutenzione: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 0.0% Scala 1:1010

Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione (Fattore di correzione)	Φ (Lampada) [lm]	Φ (Lampadine) [lm]	P [W]
1	12	Thorn - Les Andelys 96644850 (STD - standard) AFP S 36L70-740 A/S6 HFX CL2 (1.000)	9406	9410	77.0
			Totale: 112866	Totale: 112920	924.0

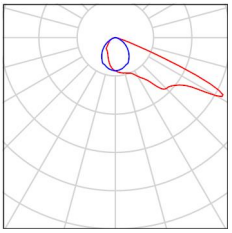
Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Area Esterna / Lista pezzi lampade

12 Pezzo

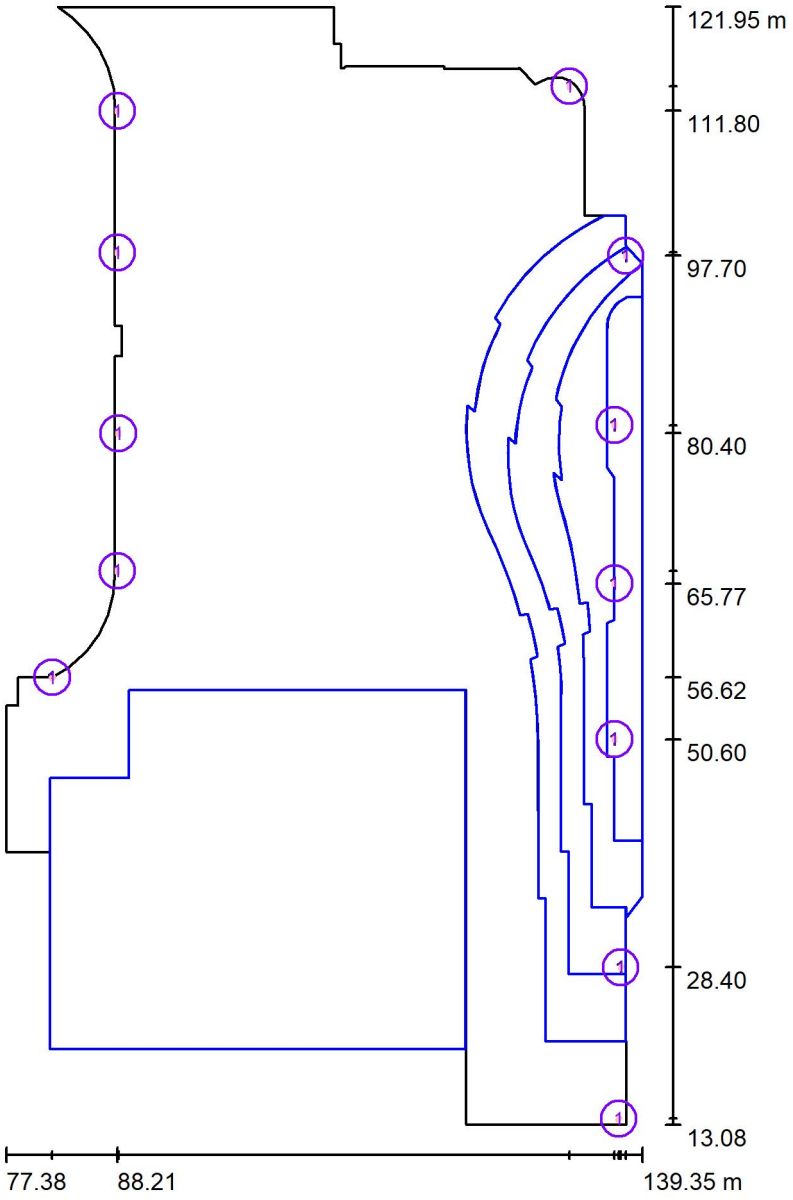
Thorn - Les Andelys 96644850 (STD - standard)
AFP S 36L70-740 A/S6 HFX CL2
Articolo No.: 96644850 (STD - standard)
Flusso luminoso (Lampada): 9406 lm
Flusso luminoso (Lampadine): 9410 lm
Potenza lampade: 77.0 W
Classificazione lampade secondo CIE: 100
CIE Flux Code: 35 73 98 100 100
Dotazione: 1 x AFP_36L70AS4K 77W (Fattore di correzione 1.000).

Per un'immagine della lampada consultare il nostro catalogo lampade.



Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Area Esterna / Lampade (planimetria)



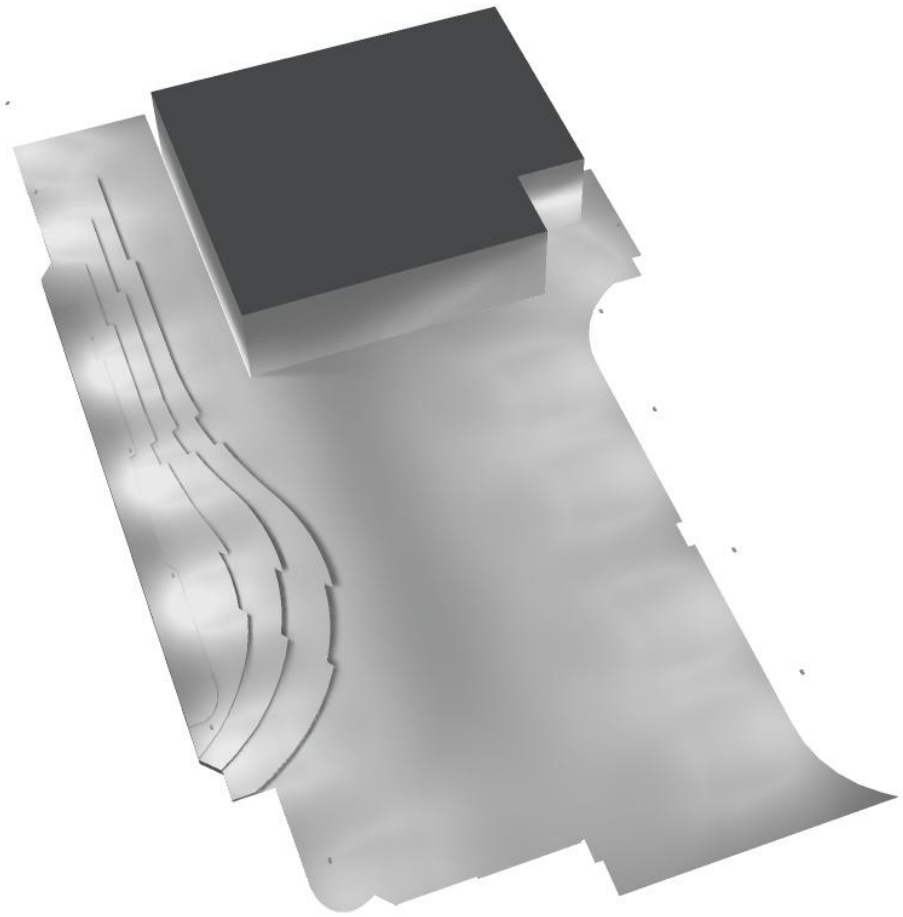
Scala 1 : 737

Distinta lampade

No.	Pezzo	Denominazione
1	12	Thorn - Les Andelys 96644850 (STD - standard) AFP S 36L70-740 A/S6 HFX CL2

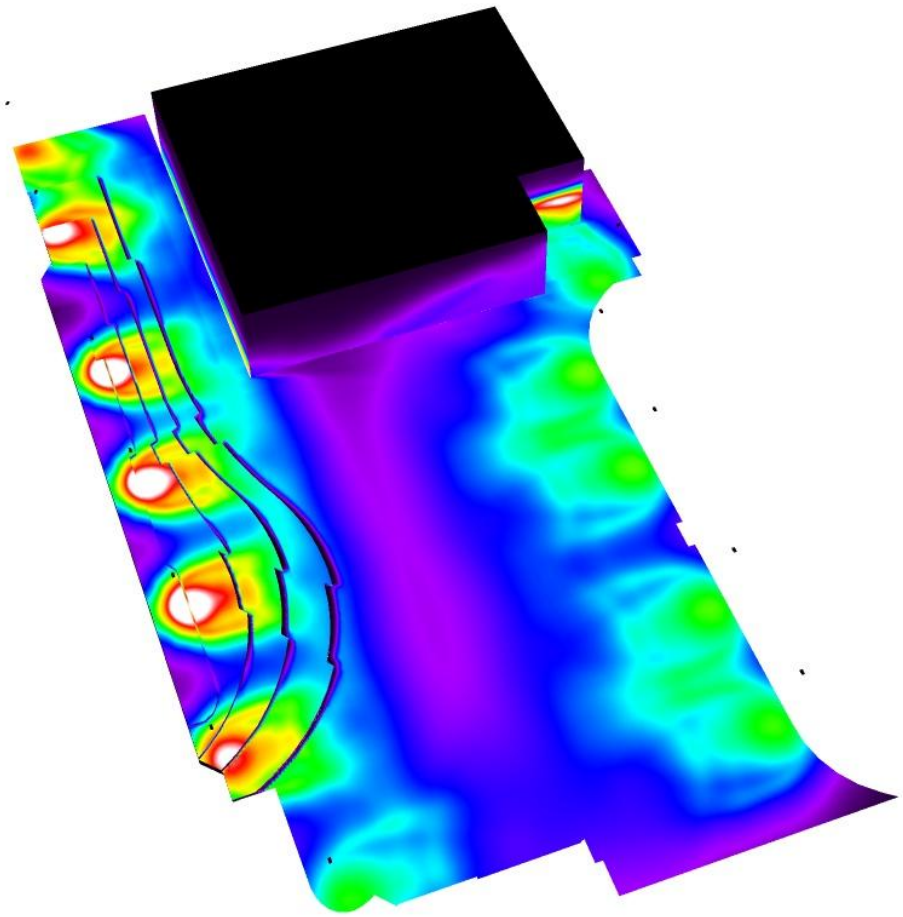
Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Area Esterna / Rendering 3D



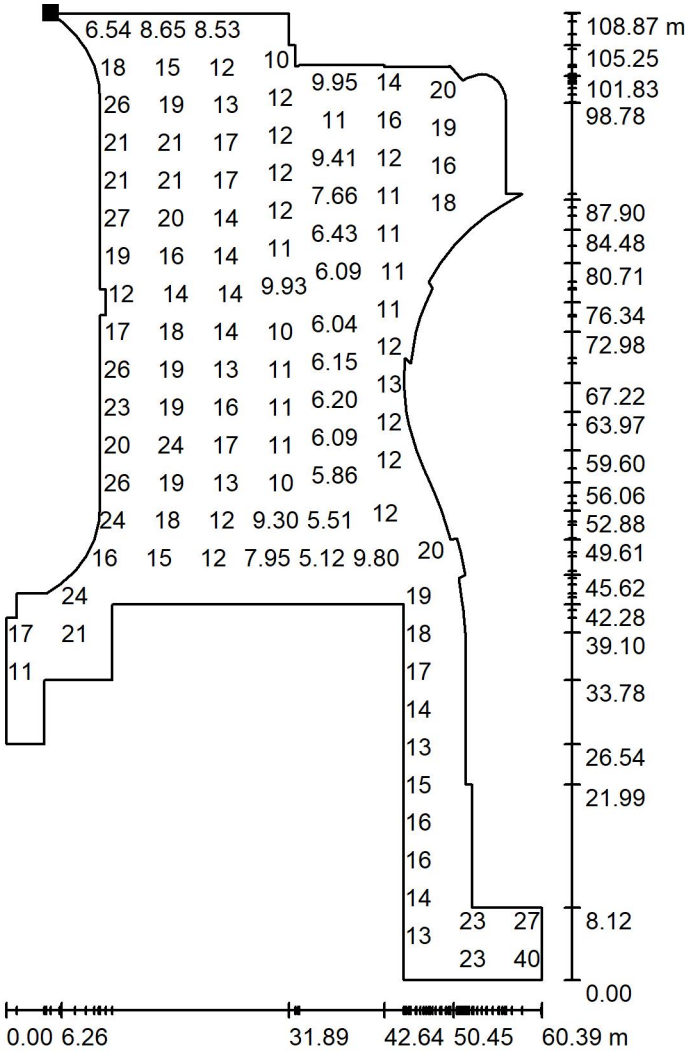
Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

Area Esterna / Rendering colori sfalsati



Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

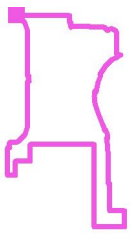
Area Esterna / Elemento del pavimento 1 / Superficie 1 / Grafica dei valori (E)



Valori in Lux, Scala 1 : 852

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:
Punto contrassegnato:
(82.418 m, 121.951 m, 0.000 m)

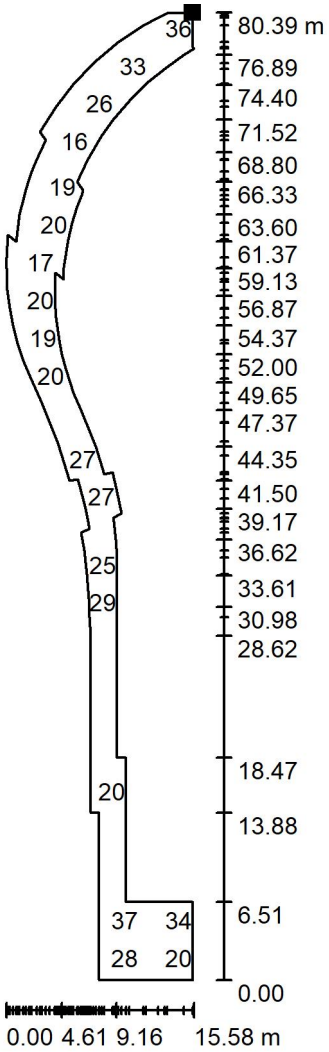


Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	0.50	42	0.035	0.012

Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

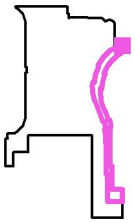
Area Esterna / Gradino 1 / Superficie 1 / Grafica dei valori (E)



Valori in Lux, Scala 1 : 629

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:
Punto contrassegnato:
(137.660 m, 101.595 m, 0.370 m)

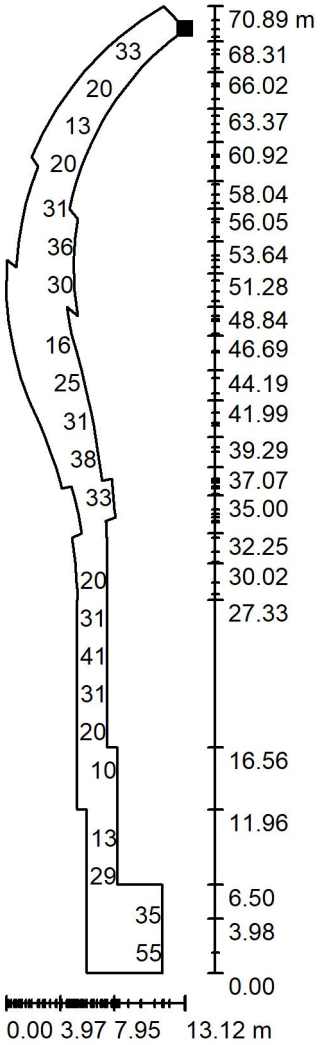


Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	0.20	46	0.009	0.004

Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

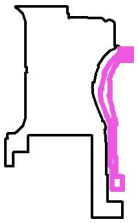
Area Esterna / Gradino 2 / Superficie 1 / Grafica dei valori (E)



Valori in Lux, Scala 1 : 555

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:
Punto contrassegnato:
(139.333 m, 96.910 m, 0.740 m)

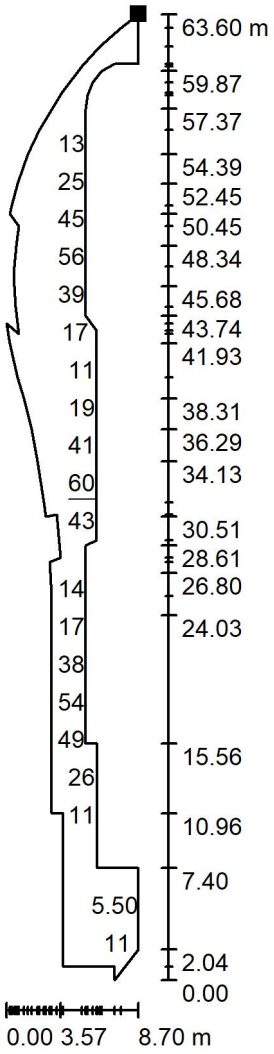


Reticolo: 128 x 128 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	0.18	56	0.007	0.003

Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

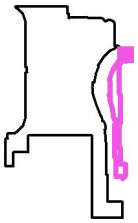
Area Esterna / Gradino 3 / Superficie 1 / Grafica dei valori (E)



Valori in Lux, Scala 1 : 498

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:
Punto contrassegnato:
(139.333 m, 96.910 m, 1.110 m)

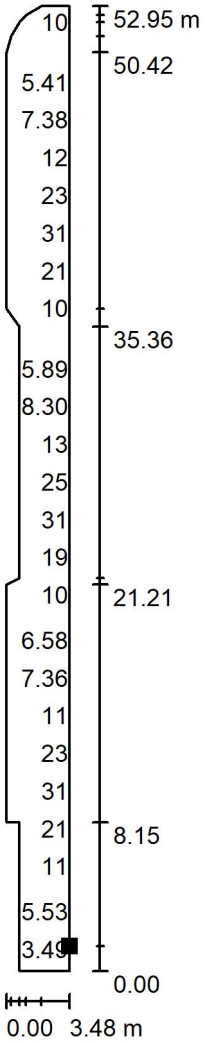


Reticolo: 128 x 64 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	1.64	60	0.063	0.027

Redattore Tekn&co S.r.l.
Telefono
Fax
e-Mail

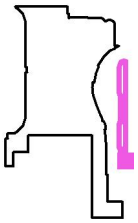
Area Esterna / Gradino 4 / Superficie 1 / Grafica dei valori (E)



Valori in Lux, Scala 1 : 415

Impossibile visualizzare tutti i valori calcolati.

Posizione della superficie nella scena esterna:
Punto contrassegnato:
(139.339 m, 42.071 m, 1.480 m)



Reticolo: 128 x 32 Punti

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
20	2.83	68	0.144	0.042