

PROTOCOLLO:		COMUNE: COSTA VOLPINO (BG)		
		COMMITTENTE: COMUNE DI COSTA VOLPINO Piazza Caduti di Nassiriya, 3 - 24062 - Costa Volpino (BG)		
		DENOMINAZIONE: LAVORI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE E MESSA IN SICUREZZA DEL COSTONE A MONTE DELLA VIA NAZIONALE E VIA MACALLE' Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU C.U.P.: B91B19001040003		
<div><div>Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU</div></div> <div><div>COMUNE DI COSTA VOLPINO</div></div>				
FASE: VARIANTE IN CORSO D'OPERA N.1		PROGETTO: IMPIANTI ELETTRICI		
ELABORATO: ALL02		OGGETTO: STATO DI PROGETTO RELAZIONE TECNICA CON RELAZIONE DI CALCOLO		
FILE:				
CODICE PROGETTO:	T659/20	REDATTO: MB	CONTROLLATO: MF	APPROVATO: GV
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE REVISIONE:		
Rev.00	LUGLIO 2024	EMISSIONE		
PROGETTISTA ARCHITETTONICO: tekn&co s.r.l.				
PROGETTISTA STRUTTURALE: tekn&co s.r.l.				
PROGETTISTA IMPIANTI MECCANICI:				
PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI:				
COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE:		<div><div><div>INGEGNERIA</div><div>ARCHITETTURA</div><div>SERVIZI</div></div><div>tekn&co</div></div> <div>DIRETTORE DEI LAVORI: tekn&co s.r.l. Via Val di Scalve, 100 - 24020 - Onore (BG) Tel 0346 73701 Fax 0346 76545 Mail info@tekn&co.eu Web www.tekn&co.eu Ing. Giuliano Visinoni</div> <div></div>		
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:				
MOD.7.2.1_REV.03				
SOCIETA' CERTIFICATA ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015 - ISO 45001:2018				
Questo documento non puo' essere copiato, riprodotto, diffuso o mostrato a terzi senza nostra autorizzazione scritta				

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	3
3.1	OGGETTO DI PROGETTAZIONE	3
3.2	LIMITI DEGLI IMPIANTI	4
4	LEGGI NORME E REGOLAMENTI	4
4.1	GENERALITÀ.....	4
4.2	LEGGI E NORME TECNICHE.....	4
5	CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DELLE STRADE	7
5.1	GENERALITÀ.....	7
5.2	CLASSIFICAZIONE STRADA E DETERMINAZIONE CATEGORIA ILLUMINOTECNICA	7
5.3	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO	8
5.4	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO.....	9
5.5	CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO	9
5.6	REQUISITI PRESTAZIONALI	12
5.7	CONCLUSIONI SU CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA	16
6	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA	17
6.1	GENERALITÀ.....	17
6.2	TERMINI E DEFINIZIONI.....	17
6.3	CONSIDERAZIONI PROGETTUALI.....	20
6.3.1	CLASSIFICAZIONE STRADA E TIPOLOGIA IMPIANTO GALLERIA	20
7	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI	22
7.1	GENERALITÀ.....	22
7.2	ALIMENTAZIONE	22
7.3	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	23
7.3.1	CALCOLI ILLUMINOTECNICI	23
7.3.2	CORPI ILLUMINANTI	23
7.3.3	CONSIDERAZIONI GENERALI.....	23
7.4	CRITERI DI PROTEZIONE.....	29
7.5	CRITERI DI COORDINAMENTO APPARECCHI DI PROTEZIONE	31
7.6	IMPIANTO DI TERRA	35
8	AVVERTENZE	36
9	ALLEGATI	36
	ALLEGATO 1 – RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ELETTRICI	
	ALLEGATO 2 – RELAZIONE DI CALCOLO CON VERIFICHE ILLUMINOTECNICHE	

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica intende illustrare la metodologia seguita nella progettazione degli impianti elettrici e descrivere le procedure di calcolo utilizzate per giungere a definire le caratteristiche dei vari elementi costituenti gli impianti di illuminazione previsti nell'ambito del progetto con denominazione "Lavori di consolidamento strutturale e messa in sicurezza del costone a monte della via Nazionale e via Macallé" a Costa Volpino (BG).

Le scelte delle strutture ed il dimensionamento degli impianti elettrici 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.

Il progetto è stato redatto sulla base delle informazioni che è stato possibile reperire allo stato attuale tramite gli uffici comunali e dei sopralluoghi delle aree.

2 DOCUMENTAZIONE 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 generale,
- Relazione tecnica di calcolo,
- Computo metrico estimativo,
- Elenco prezzi unitari,
- Capitolato speciale d'appalto,
- Elaborati grafici con dettagli
- Schemi unifilari quadri elettrici.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

3.1 OGGETTO DI PROGETTAZIONE

L'intervento prevede la realizzazione dei nuovi impianti elettrici a servizio del tratto di viabilità oggetto della riqualificazione tra Via Macallé e Via Nazionale a Costa Volpino (BG), composto da tre gallerie e tre tratti di strada che collegano appunto detti tunnel fino ad innestarsi con Via Nazionale per mezzo di un incrocio a raso.

L'intero segmento oggetto di intervento è costituito da una singola corsia con un unico senso di marcia.

Per meglio identificare dette zone si rimanda comunque agli elaborati grafici ed al progetto nel suo complesso.

In sintesi, le principali opere elettriche da realizzare sono:

- Impianti elettrici:
 - impianto di fornitura generale (quadro sottocontatore e linea generale) con relative vie cavi,
 - impianto di messa a terra,
 - quadri elettrici generali e di distribuzione,
 - nuove vie cavi e posa delle linee elettriche montanti,
 - impianto di illuminazione ordinaria e posa dei relativi corpi illuminanti.

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 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.

Sono espressamente esclusi dalla presente progettazione:

- i quadri e gli impianti elettrici di bordo macchina,
- apparecchiature di bordo macchina.

3.2 LIMITI DEGLI IMPIANTI

Gli impianti descritti si intendono forniti completi. I limiti della fornitura degli impianti oggetto di appalto sono:

- Il punto di fornitura dell'energia composto dalla morsettiera di consegna del contatore di energia dell'ente di distributore,
- Morsettiera degli apparecchi elettrici utilizzatori installati in modo fisso,
- Prese a spina,
- Apparecchi illuminanti.

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. Se non diversamente specificato, le norme si intendono all'ultima edizione disponibile al momento dell'emissione del presente progetto (varianti incluse).

4.2 LEGGI E 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).
- Legge Regionale Lombarda n. 31 del 05/10/2015 - Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso (in attesa del Regolamento di attuazione di cui all'Art. 11 comma 2 LR 31/2015 resta in vigore la LR 17/2000 e s.m.i.);
- Legge Regionale Lombarda n. 17 del 27/03/2000 - Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso (restano in vigore alcuni articoli nel periodo transitorio fino all'emanazione del Regolamento di attuazione di cui all'Art. 11 comma 2 LR 31/2015);
- Legge Regionale Lombarda n. 38 del 21/12/2004 - Modifiche e integrazioni alla L.R. 17/00 (restano in vigore alcuni articoli nel periodo transitorio fino all'emanazione del Regolamento di attuazione di cui all'Art. 11 comma 2 LR 31/2015);
- Decreto del Direttore Generale Regione Lombardia n. 7/6162 del 20/09/2001 - Criteri di applicazione della L.R. n. 17 del 27/03/01 (cessa di produrre effetti alla data di pubblicazione del Regolamento di attuazione di cui all'Art. 11 comma 2 LR 31/2015);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare del 17/10/2017 - Criteri ambientali minimi per l'acquisto di lampade a scarica ad alta intensità e moduli LED per illuminazione pubblica, per l'acquisto di apparecchi di illuminazione per illuminazione pubblica e per l'affidamento del servizio di progettazione di impianti di illuminazione pubblica (aggiornamento 2017);
- D.lgs. n. 285 del 30/04/1992 - Nuovo Codice della Strada;
- DPR n. 495 del 16/12/1992 - Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della strada;
- D.lgs. n. 360 del 10/09/1993 - Disposizioni correttive ed integrative del Codice della Strada - approvato con D.lgs. n. 285 del 30/04/1992;
- DPR n. 503 del 24/07/1996 - Norme sulla eliminazione delle barriere architettoniche;
- 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 11-4 - Norme tecniche per la costruzione di linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 - Impianti di produzione trasmissione e distribuzione energia elettrica. Linee in cavo
- 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 EN 61537 - Sistemi di canalizzazioni e accessori per cavi - Sistemi di passerelle porta cavi a fondo continuo e a traversini
- 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
- Guida CEI 64-19:2016-02 - Guida agli impianti di illuminazione esterna – variante V1;
- Norme CEI 34 - Apparecchiature di alimentazione ed apparecchi d'illuminazione in generale;
- Norma CEI 34-21 (CEI EN 60598-1) - Apparecchi di illuminazione. Parte I: Prescrizioni generali e prove;
- Norma CEI 34-33 (CEI EN 60598-2-3) - Apparecchi di illuminazione. Parte II: Prescrizioni particolari Apparecchi per illuminazione stradale;
- Norma UNI EN 40 - Pali per illuminazione pubblica;
- Norma UNI 10819 - Luce e illuminazione. Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Norma UNI 11356 - Luce e illuminazione – Caratterizzazione fotometrica degli apparecchi di illuminazione a LED;
- Norma UNI 11095 – Luce e illuminazione – Illuminazione delle gallerie stradali;
- Norma UNI 11142 - Luce e illuminazione – Fotometri portatili – Caratteristiche prestazionali;
- Norma UNI 11630 - Luce e illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico;
- Norma UNI 11248 - Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche;
- Norma UNI EN 12665 – Luce e illuminazione – Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici
- RT CEN/TR 13201-1 - Illuminazione stradale – Parte 1 Selezione delle classi di illuminazione;
- Norma UNI EN 13201-2:2016 - Illuminazione stradale – Parte 2 Requisiti prestazionali;
- Norma UNI EN 13201-3:2016 - Illuminazione stradale – Parte 3 Calcolo delle prestazioni;
- Norma UNI EN 13201-4:2016 - Illuminazione stradale – Parte 4 Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche;
- Norma UNI EN 13201-5:2016 - Illuminazione stradale – Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche;
- Norma CEI 64-20 – Impianti elettrici nelle gallerie stradali;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 – Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura

5 CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DELLE STRADE

5.1 GENERALITÀ

Per poter dimensionare correttamente l'impianto di illuminazione relativo alla parte di normale sede stradale del tratto di viabilità oggetto di intervento è necessario classificare la strada per poter ottenere la categoria illuminotecnica di progetto come prescritto dalla norma UNI EN 11248.

5.2 CLASSIFICAZIONE STRADA E DETERMINAZIONE CATEGORIA ILLUMINOTECNICA

Le categorie illuminotecniche sono conseguenti alla tipologia di strade presenti sul territorio comunale, individuata secondo i parametri del Codice della Strada (vedi successiva tabella), tenendo conto dei parametri aggiuntivi espressi dall'Ente proprietario (Comune, Provincia) che ne determina la categoria principalmente sulla base del flusso di traffico in corrispondenza delle ore del giorno e della notte.

La determinazione delle condizioni di illuminazione di una data zona della strada viene definita dalla norma UNI EN 11248 che fornisce le linee guida per la determinazione delle categorie illuminotecniche, prendendo come punto di riferimento i contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115 e i principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1.

La norma UNI 11248 prevede l'utilizzo di tre categorie illuminotecniche:

- di ingresso per l'analisi dei rischi: sulla base delle caratteristiche geometriche e funzionali (come previsto dal codice della strada), dei diversi tratti stradali con condizione omogenee dei parametri di influenza;
- di progetto: sulla base della valutazione dei parametri di influenza contenuti nell'analisi dei rischi;
- di esercizio: sulla base della modifica dei parametri di influenza nelle condizioni reali di utilizzo (ad esempio per la riduzione del flusso di veicoli circolanti in una determinata fascia oraria).

Si ricorda che la classificazione delle strade non è compito del progettista, ma deve essere comunicata dal Committente o dal gestore della strada, valutate le reali condizioni ed esigenze.

La "Classificazione delle strade" e la "Categoria illuminotecnica di ingresso" sono messe in corrispondenza dal Prospetto 1 delle Norme UNI 11248:2016.

Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
	Strade locali interzonali	50	M3
		30	C4/P2
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792¹⁰⁾.

2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).

3) Vedere punto 6.3.

4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".

5.3 CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI INGRESSO

La "categoria illuminotecnica di ingresso" discende direttamente dal "tipo della strada" e costituisce il livello non superabile dei livelli prestazionali di categoria.

In altre parole, non si dovrà ottenere, sul territorio, un'illuminazione con valori di luminanze/illuminamenti superiori a quelli derivabile dalla "categoria illuminotecnica di ingresso".

La categoria illuminotecnica "di ingresso" deve essere convalidata dell'Amministrazione Comunale, in quanto determina la corrispondenza tra le "tipologie di strada" e le "prestazioni illuminotecniche" delle strade stesse.

Assume quindi il significato di punto di partenza per la determinazione dei successivi livelli di categorie illuminotecniche: "di progetto" e "di esercizio".

5.4 CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

Per definire la "categoria illuminotecnica di progetto" saranno prese in considerazione i "parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale" ed i "parametri di influenza costanti nel lungo periodo" che porteranno, di regola, ad una diminuzione della categoria illuminotecnica "di ingresso".

Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto ^{1) 2)}	1
Segnaletica cospicua ³⁾ nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse. 2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità. 3) Riferimenti in CIE 137 ^[5] .	

5.5 CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO

La "categoria illuminotecnica di esercizio" è definita nell'ambito del progetto illuminotecnico, sviluppato attraverso uno strumento denominato "analisi dei rischi" e prendendo in considerazione le specifiche esigenze individuabili nelle "aree di calcolo" assunte a base del calcolo illuminotecnico.

Possibili casi di riduzione della categoria illuminotecnica di ingresso

Impianto	Riduzione adottata per la categoria illuminotecnica di progetto rispetto alla categoria di ingresso	Riduzione massima adottata per la categoria illuminotecnica di esercizio	Riduzione massima della categoria di esercizio rispetto alla categoria di ingresso
Normale	0	0	0
		1	1
		2	2
	1	0	1
		1	2
		2	3
	2	0	2
		1	3
Condizioni di traffico stabilmente minori rispetto alla portata di servizio massima	1 (flusso di traffico stabilmente minore del 50%)	0	1
		1	2
		2	3
	2 (flusso di traffico stabilmente minore del 25%)	0	2
		1	3
		(per altri parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale)	
Impianti adattivi FAI	0	0	0
		1	1
		2	2
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	3
	1	0	1
		1	2
		2	3
		3 (per flusso di traffico minore del 12,5%)	4
	2	0	2
		1	3
		2	4
		(per flusso di traffico minore del 12,5%)	

Prospetto 5 – Provvedimenti integrativi all'impianto di illuminazione: La tabella suggerisce l'adozione di provvedimenti integrativi intesi al miglioramento delle condizioni di sicurezza per gli utenti della strada.

Esempi di provvedimenti integrativi all'impianto di illuminazione

Condizione	Rimedio
Prevalenza di precipitazioni meteoriche	Ridurre l'altezza e l'interdistanza tra gli apparecchi di illuminazione e l'inclinazione massima delle emissioni luminose rispetto alla verticale in modo da evitare il rischio di riflessioni verso l'occhio dei conducenti degli autoveicoli
Riconoscimento dei passanti	Verificare che l'illuminamento verticale all'altezza del viso sia sufficiente
Luminosità ambientale elevata (ambiente urbano)	Adottare segnaletica stradale attiva e/o a riflessione catadiottrica di classe adeguata per mantenere la condizione di cospicuità
Intersezioni, svincoli, rotonde (in particolare se con traffico intenso e/o di elevata velocità)	
Curve pericolose in strade con elevata velocità degli autoveicoli	
Elevata probabilità di mancanza di alimentazione	
Elevati tassi di malfunzionamento	
Presenza di rallentatori di velocità	Illuminare gli attraversamenti pedonali con un impianto separato e segnarli adeguatamente
Attraversamenti pedonali in zone con flusso orario di traffico e/o velocità elevate	
Programma di manutenzione inadeguato	Ridurre il fattore di manutenzione inserito nel calcolo illuminotecnico

Prospetto 6: La tabella di seguito definisce il rapporto tra zone contigue (ad esempio: attraversamento pedonale, rotonde) e zone adiacenti (ad esempio: marciapiede adiacente alla strada), definendone la categoria illuminotecnica.

Comparazione di categorie illuminotecniche

Categoria illuminotecnica comparabile						
Condizione	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Se $Q_0 \leq 0,05 \text{ sr}^{-1}$	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Se $0,05 \text{ sr}^{-1} < Q_0 \leq 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Se $Q_0 > 0,08 \text{ sr}^{-1}$	C2	C3	C4	C5	C5	C5
			P1	P2	P3	P4
Nota Per il valore di Q_0 vedere punto 13 e l'appendice B.						

Prospetto 7: la tabella di seguito riporta le categorie EV, le quali si utilizzano quando si deve facilitare la visione delle superfici verticali, ad es. riconoscimento del viso, tipicamente nei centri storici, isole pedonali, zone sottoposte a videosorveglianza con riferimento particolare alla sicurezza dei pedoni e dei ciclisti.

Categorie illuminotecniche aggiuntive

Categoria illuminotecnica										
Categoria illuminotecnica individuata	C0	C1	C2	C3	C4	C5	-	-	-	
	-	-	-	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Categoria illuminotecnica aggiuntiva	-	EV3	EV4	EV5	-	-	-	-	-	

TIPI DI STRADE SECONDO CODICE STRADALE: La tabella aiuta a chiarire il servizio svolto dal “tipo di strada” e sua effettiva consistenza in ordine a: numero di carreggiate indipendenti, numero di corsie per senso di marcia, numero dei sensi di marcia, fornendo anche la “portata massima di servizio per corsia (veicoli/ora)”.

Caratteristiche riassuntive dei tipi di strada così come descritte nel prospetto 1 e definite da art. 2 del codice stradale e D.M. 5/11/2001, N° 6792^[10]

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	N° Minimo Carreggiate indipendenti	N° Minimo di Corsie per senso di marcia	N° di sensi di marcia	Portata max. di servizio per corsia (veicoli/ora)	Ulteriori requisiti minimi, caratteristiche e chiarimenti
A ₁	Autostrade extraurbane	2	2	2	1 100	
	Autostrade urbane	2	2	2	1 550	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	2	1	2	Da 650 a 1 350	Sono ricomprese le strade dedicate all'accesso alle autostrade prima delle stazioni (caselli autostradali). I valori minimo e massimo dipendono dal numero di corsie
	Strade di servizio alle autostrade urbane	2	1	2	Da 1 150 a 1 650	
B	Strade extraurbane principali	2	2	2	1 000	Tangenziali e superstrade
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2)	1	1	2	600	Strade tipo provinciali, regionali e statali Con banchine laterali transitabili
	Strade extraurbane secondarie	1	1	2		
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	1	1	2		
D	Strade urbane di scorrimento	2	2	2	950	Strade urbane di grandi dimensioni e di connessione alla rete “urbana di quartiere” o “extraurbana secondaria”
E	Strade urbane di quartiere	1	1	2	800	Proseguimento delle strade di tipo C “extraurbane secondarie” nella rete urbana Strade tipo provinciali, regionali e statali Con corsie di manovra e parcheggi esterni alla Carreggiata
			2	1		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2)	1	1	1 o 2	450	Strade in ambito extraurbano diverse da strade di tipo B e C quali strade comunali, vicinali, ecc.
F	Strade locali extraurbane	1	1	1 o 2		
F	Strade locali interzonali	1	1	1 o 2	800	Strade locali di connessione con la “rete secondaria” e di “scorrimento” di maggior rilievo in quanto attraversano il territorio collegando aree urbane confinanti o distanti in area urbane o extraurbane
F	Strade locali urbane	1	1	1 o 2	800	Strade locali diverse da strade di tipo D e E, quali strade residenziali, artigianali, centro cittadino, centro storico, ecc.

5.6 REQUISITI PRESTAZIONALI

I requisiti prestazionali sono quelli richiesti alle varie tipologie di strade (intendendo con questo termine sia le strade adibite al traffico solo veicolare, al traffico misto di veicoli più pedoni e ciclisti, a percorsi ciclopeditoni, ed anche le aree di sosta)

La norma alla quale attenersi è la UNI EN 13201-2 :2016 “Illuminazione stradale - parte2: Requisiti prestazionali”

La categoria illuminotecnica è definita da diversi requisiti fotometrici che tengono conto delle esigenze visive di determinati utenti della strada in certi tipi di zone della strada e ambienti. Le esigenze possono variare nei diversi periodi delle ore notturne ed anche nelle diverse stagioni.

Di seguito vengono riportate tabelle della UNI EN 13201-2:2016:

- **Categorie illuminotecniche M:** il sottostante Prospetto 1 riporta i “Requisiti per il traffico motorizzato” e sono quindi previste tenendo conto delle necessità dei conducenti di veicoli motorizzati su strade con velocità di marcia medio/alte.

Categorie illuminotecniche M

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato				Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	Asciutto			Bagnato	Asciutto	Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_o [minima]	$U_l^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$P_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_l) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{T1} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

- **Categorie illuminotecniche C:** sono individuate dal Prospetto 2 e riguardano i conducenti di veicoli motorizzati ed altri utenti della strada in "Zone di conflitto" come incroci, rotatorie, attraversamenti ciclopeditoni, sottopassi. Per la definizione delle categorie C è necessario fare riferimento alla tabella di comparazione delle categorie illuminotecniche di cui alla UN 11248:2016

Categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	\bar{E} [minimo mantenuto] lx	U_o [minimo]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

- **Categorie illuminotecniche P ed HS:** le categorie illuminotecniche P ed HS riguardano pedoni e ciclisti su marciapiedi, piste ciclabili, corsie di emergenza, parcheggi ed altre zone di strada adiacenti una via di traffico.

Categorie illuminotecniche P

Categoria	Illuminamento orizzontale		Requisito aggiuntivo se è necessario il riconoscimento facciale	
	\bar{E}^a [minimo mantenuto] lx	E_{min} [mantenuto] lx	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata		

a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non deve essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo di \bar{E} indicato per la categoria.

Categorie illuminotecniche HS

Categoria	Illuminamento emisferico	
	\bar{E}_{hs} [minimo mantenuto] lx	U_o [minimo]
HS1	5,00	0,15
HS2	2,50	0,15
HS3	1,00	0,15
HS4	Prestazione non determinata	Prestazione non determinata

- **Requisiti aggiuntivi:** le categorie SC di cui al Prospetto 5 sono categorie complementari per le aree pedonali ai fini del riconoscimento facciale e dell'aumento della sensazione di sicurezza e può comprendere tutta la zona della strada per la quale si ritiene di rilevante importanza

Categorie illuminotecniche SC

Illuminamento semicilindrico	
Categoria	$E_{sc,min}$ [mantenuto] lx
SC1	10,0
SC2	7,50
SC3	5,00
SC4	3,00
SC5	2,00
SC6	1,50
SC7	1,00
SC8	0,75
SC9	0,50

Categorie illuminotecniche EV

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	$E_{v,min}$ [mantenuto] lx
EV1	50
EV2	30
EV3	10,0
EV4	7,50
EV5	5,00
EV6	0,50

- **Categorie di intensità luminosa:** per i nuovi impianti è richiesto che i corpi illuminanti rispettino le prescrizioni riguardanti la categoria di intensità luminosa da definire in fase di progettazione.

Categorie di intensità luminosa

Categoria	Intensità luminosa ^{a)} massima in direzioni al di sotto della linea orizzontale in cd/klm del flusso di emissione dell'apparecchio di illuminazione			Altri requisiti
	a 70° e oltre ^{b)}	a 80° e oltre ^{b)}	a 90° e oltre ^{b)}	
G*1		200	50	Nessuno
G*2		150	30	Nessuno
G*3		100	20	Nessuno
G*4	500	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° ^{b)} pari a zero ^{c)}
G*5	350	100	10	Intensità luminose per angoli maggiori di 95° ^{b)} pari a zero ^{c)}
G*6	350	100	0 ^{c)}	Intensità luminose per angoli maggiori di 90° ^{b)} pari a zero ^{c)}
a) Le intensità luminose sono indicate per qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso. b) Qualsiasi direzione formante l'angolo specificato dalla verticale verso il basso, con l'apparecchio di illuminazione installato per l'uso. c) Le intensità luminose fino a 1 cd/klm possono essere considerate pari a zero.				

Nota 1 Per apparecchi di illuminazione muniti di lampade di flusso luminoso maggiore può essere necessario limitare anche le intensità luminose assolute.

Nota 2 G*1, G*2 e G*3 corrispondono ai concetti di "semi cut-off" e "cut-off" di uso tradizionale, con requisiti tuttavia modificati in funzione dell'uso prevalente delle sorgenti luminose e degli apparecchi di illuminazione. G*4, G*5 e G*6 corrispondono alla schermatura totale.

- **Illuminazione degli attraversamenti pedonali:** Con riferimento a quanto espresso dall'Appendice B delle Norme UNI EN 13201-2 si considera che gli attraversamenti pedonali costituiscono una rilevante situazione di conflitto tra pedoni e veicoli motorizzati, e che, nel caso di luminanza del manto stradale sufficientemente alta, richiedono che il sistema di illuminazione sia in grado di creare un buon contrasto negativo con il pedone, visibile come sagoma scura contro uno sfondo luminoso. Deve essere valutata la necessità di una specifica illuminazione dell'Area di attraversamento che è più estesa rispetto alle strisce, comprendente anche il tratto che precede e segue le strisce ed il tratto laterale - tipicamente il marciapiede- dove le persone sostano in attesa di attraversare.
- **Abbagliamento debilitante per le categorie C e P:** l'abbagliamento debilitante è conseguenza del flusso luminoso che proviene dai corpi illuminanti e che peggiora la visione per il conducente di veicoli a motore nei punti di conflitto e dei pedoni o ciclisti nei loro ambiti di utilizzo. L'appendice C della UNI EN 13201-2 indica i valori massimi di indice dell'abbagliamento debilitante (Fti%) in relazione alle categorie illuminotecniche C e P che non devono essere superati.

Valori massimi di f_{T1} per le categorie C

Categoria	f_{T1} [massimo] %
C0	15
C1	15
C2	15
C3	20
C4	20
C5	20

Valori massimi di f_{T1} per le categorie P

Categoria	f_{T1} [massimo] %
P1	20
P2	25
P3	25
P4	30
P5	30
P6	35
P7	Prestazione non determinata

5.7 CONCLUSIONI SU CLASSIFICAZIONE ILLUMINOTECNICA

La strada oggetto d'intervento può essere identificata principalmente nella tipologia seguente:

- VIA MACALLÉ FINO A INNESTO CON VIA NAZIONALE, e adiacenze:
 - Tipo di strada **F: Strade locali urbane con limite di velocità a 30 km/h**
 - a tale tipologia di strada corrisponde una **categoria illuminotecnica di ingresso M4**
 - la normativa prevede, in accordo ad alcune ipotesi e ad un'analisi di rischio, un possibile DECLASSAMENTO tra la categoria di ingresso e quella di progetto.
 - **per le strade oggetto di intervento, nessuna delle ipotesi previste dalla normativa sono applicabili pertanto NON si prevede alcun declassamento per la categoria di progetto rispetto a quella di ingresso**
 - per lo stesso principio, anche per quella di esercizio non si prevede alcun declassamento, quindi la **CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO è M4**
 - per la classificazione delle ZONE DI CONFLITTO si devono fare le seguenti premesse:
 - tipologia di pavimento stradale: C2 (asfalto)
 - Q0: coefficiente medio di luminanza = 0,07
 - S1: fattore di specularità = 0,97
 - in accordo alla norma, con le premesse di cui sopra, si definisce che le **ZONE DI CONFLITTO (attraversamenti pedonali, roatorie, ecc.) rientrano nella categoria illuminotecnica pari a C4.**

6 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA

6.1 GENERALITÀ

L'Italia presenta una elevata variabilità nella tipologia e conformazione delle gallerie stradali con un alto numero di gallerie, anche di notevole lunghezza. Il problema di definire corrette condizioni di illuminazione atte a contribuire, per quanto di pertinenza, alla sicurezza degli utenti della strada è quindi essenziale non solo ai fini della sicurezza del traffico ma anche nella riduzione del dispendio energetico e dell'impatto ambientale. A tal proposito il presente dimensionamento è stato eseguito seguendo i dettami della norma UNI 11095, l'impianto di illuminazione risultante è in grado di assicurare la "condizione di sicurezza", ovvero garantire all'utente della strada, la percezione di un oggetto, convenzionalmente assunto come riferimento, a una distanza tale da aver il tempo di evitarne l'urto, arrestando il veicolo.

La situazione più critica si presenta nelle ore diurne: se l'oggetto si trova nel tratto iniziale della galleria, l'utente della strada dovrebbe percepirlo quando è ancora al di fuori della galleria. Le condizioni di contrasto dell'oggetto rispetto allo sfondo devono essere tali da assicurarne la percezione anche in presenza dell'abbagliamento debilitante dovuto alla luminanza dell'ambiente circostante l'entrata della galleria. La luminanza del manto stradale nel tratto iniziale della galleria è quindi direttamente correlata con la luminanza dell'ambiente esterno alla sezione di ingresso della galleria. Una volta che l'utente è entrato nella galleria, la luminanza può decrescere ma con scostamento non superiore all'aumento di sensibilità dell'occhio dovuto all'adattamento a condizioni minori di luminanza ambientale.

Terminato questo transitorio, l'occhio è adattato a condizioni di visione notturna. Si possono pertanto usare i criteri tipici per l'illuminazione stradale notturna (UNI 11248), considerando che un incidente in galleria ha generalmente conseguenze più gravi di un analogo incidente su strada.

Di notte non esiste la luminanza dell'ambiente esterno alla galleria o questa è notevolmente ridotta rispetto al caso diurno, come può avvenire in ambito urbano. I criteri tipici per l'illuminazione stradale notturna (UNI 11248) sono generalmente sufficienti per imporre i requisiti illuminotecnici dell'impianto.

6.2 TERMINI E DEFINIZIONI

Per una maggiore comprensione delle considerazioni di progetto successive si vogliono di riportare di seguito i termini principali a cui si farà riferimento, per maggiori precisazioni fare riferimento alla norma UNI 11095.

Galleria consecutiva

Galleria la cui sezione di entrata si trova a una distanza dalla sezione di uscita della galleria precedente tale che alla distanza di progetto illuminotecnico della galleria consecutiva il conducente si trova ancora all'interno della galleria precedente.

Galleria con impianto normale

Galleria con impianto di illuminazione che soddisfa tutti i requisiti illuminotecnici indicati esplicitamente dalla normativa.

Galleria con impianto ridotto

Galleria nella quale, per peculiarità chiaramente specificate, di giorno le condizioni di sicurezza del traffico sono raggiunte con livelli di luminanza media trasversale nella zona di entrata ridotti rispetto a quelli previsti dalla presente norma per le gallerie con impianto normale.

La presente norma considera una riduzione del 50% rispetto ai requisiti previsti per una galleria con impianto normale ad eccezione dell'incremento di soglia che rimane uguale a quello previsto per la galleria con impianto normale.

Galleria con impianto assente

Galleria nella quale, per peculiarità chiaramente specificate, di giorno le condizioni di sicurezza del traffico sono raggiunte senza necessità di impianto di illuminazione.

Illuminazione permanente

Parte dell'illuminazione di una galleria, a luminanza media costante, che si estende dalla sezione di entrata alla sezione di uscita.

Illuminazione di rinforzo

Parte dell'illuminazione di una galleria che, per l'illuminazione diurna, integra l'illuminazione permanente, garantendo adeguate condizioni di percezione dell'oggetto di riferimento al variare delle condizioni di visione.

Illuminazione di riserva

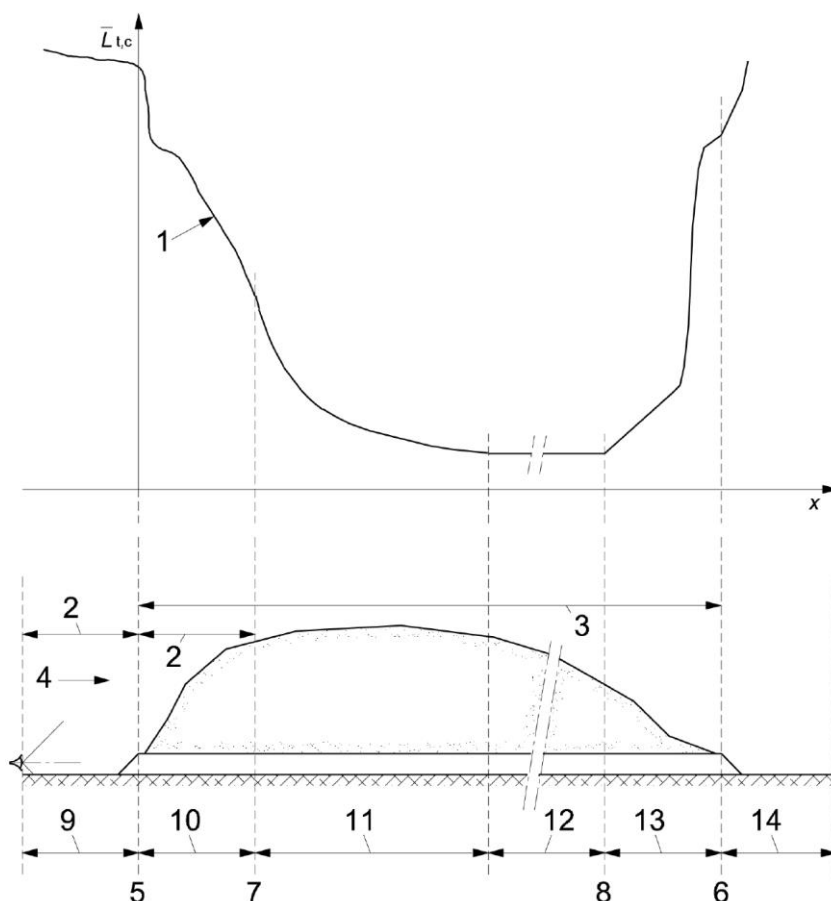
Illuminazione che persiste in caso di mancanza dell'alimentazione ordinaria, garantendo livelli di luminanza per l'intera lunghezza della galleria, indipendenti dalle prescrizioni qualitative dell'impianto e consentendo agli utenti che si trovano in galleria di poterne uscire in sicurezza, eventualmente a velocità ridotta.

Zone della galleria

La norma suddivide la galleria e i tratti di strada limitrofi nelle zone definite nel seguito e indicate per chiarezza nella figura 1.

Mentre la nomenclatura è normativa, il diagramma delle luminanze è informativo con il solo scopo di riportare graficamente i simboli usati per specificare le luminanze che intervengono nello studio delle condizioni di illuminazione diurna di una galleria.

figura	1	Zone della galleria per la prescrizione dei requisiti illuminotecnici durante le ore diurne e simboli utilizzati per le luminanze della carreggiata (disegno non in scala)
		Legenda
	1	Diagramma delle luminanze
	2	Distanza di progetto illuminotecnico
	3	Lunghezza galleria
	4	Senso di marcia
	5	Sezione di entrata
	6	Sezione di uscita
	7	Sezione di inizio della zona di transizione
	8	Sezione di inizio della zona di uscita
	9	Zona di accesso
	10	Zona di entrata
	11	Zona di transizione
	12	Zona interna
	13	Zona di uscita
	14	Zona immediatamente esterna
	$\bar{L}_{t,c}(x)$	Luminanza media trasversale della totalità delle corsie nel senso di marcia dell'osservatore (cd m^{-2})
	x	Distanza misurata dalla sezione di entrata verso coincidente con il senso di marcia (m)



Direzione di osservazione foveale

Direzione verso la quale è rivolto lo sguardo del conducente mentre attraversa una qualsiasi zona della galleria. Ai fini illuminotecnici, la direzione di osservazione foveale è convenzionalmente definita dal segmento che congiunge il centro degli occhi (punto di osservazione) del conducente con il centro (punto osservato) della faccia rivolta verso l'osservatore dell'oggetto di riferimento posto alla distanza di progetto illuminotecnico.

Galleria con uscita visibile

Galleria nella quale, alla distanza di progetto illuminotecnico dalla sezione di ingresso (inizio zona di accesso), la sezione di uscita è visibile, anche parzialmente.

Una galleria è classificata come galleria con uscita visibile quando, con l'oggetto di riferimento posto sulla sezione di uscita, almeno il 50 % del segmento:

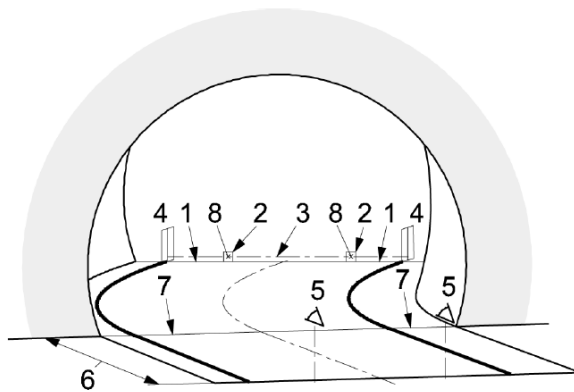
- passante per il centro della faccia perpendicolare alla direzione del traffico e rivolta verso l'osservatore dell'oggetto di riferimento,
- parallelo alla superficie della carreggiata nella stessa sezione,
- con estremi che incrociano i piani verticali tangenti alla mezzaripa delle linee di demarcazione della carreggiata,

risulta visibile dall'osservatore posto alla distanza $d_{p,max}$ prima della sezione di entrata (inizio della zona di accesso) e al centro di ogni corsia nel senso di marcia come da figura seguente.

Condizione geometrica per la verifica della possibilità di classificare la galleria come galleria con uscita visibile (figura non in scala)

Legenda

- 1 Intersezione della sezione di uscita con il piano della carreggiata
- 2 Oggetto di riferimento
- 3 Segmento passante per il centro della faccia perpendicolare alla direzione del traffico e rivolta verso l'osservatore dell'oggetto di riferimento e parallelo alla superficie della carreggiata
- 4 Piani di tangenza alle linee di demarcazione della carreggiata nella sezione di uscita
- 5 Osservatore su ciascuna corsia
- 6 Distanza di riferimento $d_{p,max}$
- 7 Intersezione della sezione di entrata con il piano della carreggiata
- 8 Centro della faccia perpendicolare alla direzione del traffico e rivolta verso l'osservatore dell'oggetto di riferimento



6.3 CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

Il tratto di viabilità oggetto dell'intervento presenta tre tratti di galleria distanziati fra loro.

Considerando di partire dalla zona di accesso in Via Macallé, abbiamo una prima galleria avente una lunghezza di circa 75m, dopo 50m di carreggiata scoperta ci si immette nella seconda galleria avente una lunghezza di circa 52m e, dopo un brevissimo stacco scoperto, si accede alla terza e ultima galleria. Quest'ultima galleria ha una lunghezza di circa 37 metri ed è costituita dalla struttura paramassi con apertura da un lato verso valle. Data la limitata distanza tra questa e la precedente risulta essere consecutiva alla precedente e porta alla rampa in leggera pendenza di accesso all'incrocio a raso con Via Nazionale.

6.3.1 CLASSIFICAZIONE STRADA E TIPOLOGIA IMPIANTO GALLERIA

Secondo le indicazioni della committenza, la classificazione della strada oggetto di intervento è la seguente (vedere figura 1 della UNI 11095):

"Tipo F, Strade locali urbane con limite di velocità a 30Km/h"

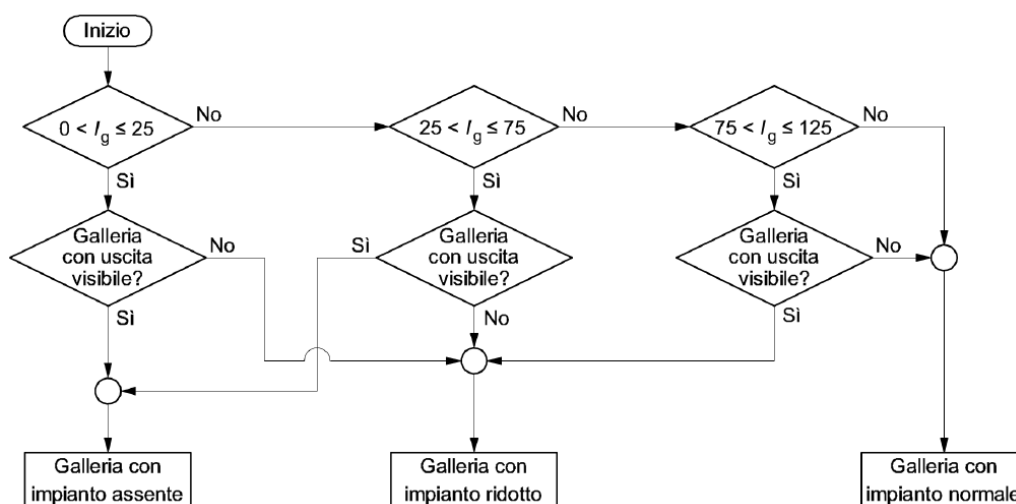
Pertanto il diagramma decisionale da tenere in considerazione seguendo i dettami del prospetto 1 presente nella norma UNI 11095 ai fini della scelta della tipologia di impianto da prevedere nelle gallerie è il III, riportato nella relativa seguente figura 4 della UNI 11095.

Classificazione delle strade e Individuazione del diagramma decisionale per il progetto dell'impianto di illuminazione

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità /km h ⁻¹	Diagramma decisionale di figura 2
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	I (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	I (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	II (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	II (unidirezionale) (bidirezionale) ¹⁾
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	III
	Strade extraurbane secondarie	50	III
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	II
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	III
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	III
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	Da 70 a 90	II
	Strade locali extraurbane	50	III
		30	III
	Strade locali urbane	50	III
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	III
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	III
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	Non pertinente
	Strade locali interzonali	50	III
		30	III
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ²⁾	Non dichiarato	Non pertinente
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792.
2) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N°151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".
*) Si adottano sempre le condizioni di riferimento di illuminazione.

figura 4

Diagramma decisionale per galleria rettilinea e con strada di accesso rettilinea con pendenza longitudinale costante (III)


Tutti e tre i tratti di galleria hanno una lunghezza compresa tra i 25m e i 75m e di conseguenza, avendo in tutti i casi una situazione di "galleria con uscita visibile", è possibile progettare l'impianto d'illuminazione tenendo come riferimento le specifiche definite in precedenza per una **"galleria con impianto assente"**.

Questa condizione ci permette di considerare quindi l'impianto di illuminazione interno alle gallerie come un normale impianto di illuminazione stradale, pertanto progettato secondo i dettami della UNI 11248.

7 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

7.1 GENERALITÀ

L'impianto elettrico oggetto di intervento è un impianto in bassa tensione monofase (230V - 50Hz) alimentato da apposito punto di consegna della Società distributrice locale.

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;

realizzare un impianto di illuminazione che garantisca la condizione di sicurezza del traffico

7.2 ALIMENTAZIONE

L'impianto elettrico oggetto di intervento è un impianto in bassa tensione monofase alimentato da apposito punto di consegna della Società distributrice con le seguenti caratteristiche principali:

- Tensione nominale concatenata: 230 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Potenza massima fornitura: ≤ 10 kW
- Corrente di cortocircuito fase-neutro alla rete: 6kA (CEI 0-21, art. 5.1.3)

L'impianto d'utenza ha origine con i morsetti di valle del contatore e consiste in:

- Cavo di collegamento (costituito da un solo conduttore per ciascuno dei morsetti del contatore),
- Dispositivo generale (DG) (eventualmente costituito da più DGL (massimo 3)).

Conformemente alla definizione di cavo di collegamento, la protezione di tale cavo contro le sovracorrenti è di responsabilità dell'Utente e può essere svolta dai dispositivi posti a valle del medesimo cavo (DG, ovvero DGL, in numero non superiore a tre). La protezione contro il cortocircuito del cavo può essere omessa se sono verificate contemporaneamente le condizioni di cui all'art. 473.2.2.1 della Norma CEI 64-8, in particolare, il cavo di collegamento:

- deve avere una lunghezza non superiore a 3m,
- deve essere installato in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito,
- non deve essere posto in vicinanza di materiale combustibile né in impianti situati in luoghi a maggior rischio in caso di incendio o con pericolo di esplosione.

Il dispositivo generale (DG) deve essere costituito da interruttore automatico onnipolare conforme alla Norma CEI EN 60898 oppure alla CEI EN 60947-2 se adatto al sezionamento. Il suddetto interruttore deve avere un potere di interruzione (o potere di cortocircuito) non inferiore ai valori di corrente di cortocircuito caratteristici della fornitura.

N.B.

La posizione del punto di consegna, e quindi il dimensionamento dell'impianto di alimentazione delle utenze terminali è stato ipotizzato come punto plausibile di installazione in base alle informazioni disponibili durante la stesura del presente progetto. Sarà cura della Direzione Lavori verificare l'effettiva posizione in conformità con il distributore locale e, se del caso, verificare i dimensionamenti.

7.3 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

Le scelte di marca e modello dei corpi illuminanti da impiegare sono state effettuate in accordo con la committenza in modo da omogeneizzarli, per quanto possibile, con le apparecchiature esistenti installate dalle precedenti riqualificazioni. I corpi illuminanti avranno caratteristiche costruttive rispondenti alle leggi e norme vigenti. Si rimanda agli altri elaborati di progetto ed in particolare agli elaborati grafici e computo metrico per il dettaglio dei modelli prescelti.

7.3.1 CALCOLI ILLUMINOTECNICI

In allegato alla presente relazione si riportano i calcoli illuminotecnici relativi ai tipici percorsi stradali che caratterizzano le zone oggetto di intervento e un tipico per l'illuminazione delle gallerie.

Tali calcoli illuminotecnici hanno lo scopo di individuare la potenza elettrica dei corpi illuminanti da installare nelle varie situazioni, in grado di soddisfare le luminanze/illuminamenti richiesti della categoria illuminotecnica di esercizio. Inoltre si possono desumere maggiori informazioni riguardanti:

- la tipologia e l'estensione delle zone di studio;
- la tipologia delle griglie utilizzate per i calcoli (rif. Norma UNI EN 13201-3);
- i parametri di caratterizzazione in riflessione della pavimentazione stradale nelle zone di studio.

7.3.2 CORPI ILLUMINANTI

Il recente decreto 27 Settembre 2017 (e s.m.i.) "Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, per l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica" definisce le prestazioni minime che debbono avere i corpi illuminanti.

Nel caso specifico, si assume che, ad integrazione di tali parametri, i corpi illuminanti debbano possedere anche le seguenti caratteristiche:

- Temperatura di colore: 4.000 K
- Protezione da sovratensioni: 10kV/10kA

I corpi illuminanti previsti dal progetto esecutivo sono:

- Illuminazione stradale su pali di sostegno per proiettori tipo ITALO 1 X, detta ditta AEC-illuminazione
- Illuminazione stradale a soffitto nelle gallerie con proiettori tipo T-LED3, detta ditta AEC-illuminazione

Le relative caratteristiche tecniche (potenza, ottica, ecc.) e le relative quantità sono riportate nei vari elaborati testuali (computo metrico, elenco prezzi, ecc.) e sugli elaborati grafici.

7.3.3 CONSIDERAZIONI GENERALI

7.3.3.1 REQUISITI PREVISTI PER IL RISPETTO DEI CAM 2017

Il 27 Settembre 2017 è stato approvato il DM "Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, per l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica".

I criteri ambientali minimi sono definiti come "indicazioni tecniche" di natura prevalentemente ambientale, collegate alle diverse fasi delle procedure di gara (oggetto dell'appalto, specifiche tecniche, criteri premianti della modalità di aggiudicazione all'offerta economicamente più vantaggiosa, condizioni di esecuzione dell'appalto).

Ai sensi degli art. 34 e 71 del D.lgs. n.50 del 18 aprile 2016 (Codice dei Contratti Pubblici) e delle successive modifiche introdotte dal D.lgs. n.56 del 19 aprile 2017, le Amministrazioni pubbliche sono tenute ad utilizzare per l'acquisto di apparecchi illuminanti almeno le specifiche tecniche e le clausole contrattuali definite nei CAM 2017.

Attenzione: non rientrano nelle specifiche tecniche definite nei CAM tutti gli altri materiali componenti l'impianto di illuminazione, ad eccezione degli apparecchi illuminanti, quali ad esempio: pali, strutture, giunzioni e tutti gli impianti di illuminazione di aree private e per l'illuminazione architettonica.

Si riportano di seguito i contenuti dei CAM che rappresentano il livello minimo delle prestazioni ambientali da raggiungere.

Art. 4.1.3.6 Efficienza luminosa e indice di posizionamento cromatico dei moduli

<i>Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico [lm/W]</i>	<i>Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico [lm/W]</i>
≥95	≥110

Inoltre, per evitare effetti cromatici indesiderati, nel caso di moduli a luce bianca ($R_a > 60$), i diodi utilizzati all'interno dello stesso modulo LED devono rispettare una o entrambe le seguenti specifiche:

- una variazione massima di cromaticità pari a $\Delta u_v \leq 0,0048$ misurata dal punto cromatico medio ponderato sul diagramma CIE 1976;
- una variazione massima pari o inferiore a un'ellisse di MacAdam a 5-step sul diagramma CIE 1931

Art. 4.1.3.7 Fattore di mantenimento del flusso luminoso e Tasso di guasto dei moduli LED

<i>Fattore di mantenimento del flusso luminoso:</i>	<i>Tasso di guasto (%):</i>
L80 per 60.000 h di funzionamento	B10 per 60.000 h di funzionamento

4.1.3.8 Rendimento degli alimentatori per moduli LED

Gli alimentatori per moduli LED devono avere le seguenti caratteristiche:

<i>Potenza nominale del modulo LED P [W]</i>	<i>Rendimento dell'alimentatore (%):</i>
$P \leq 10$	≤ 70
$10 < P \leq 25$	≤ 75
$25 < P \leq 50$	≤ 83
$50 < P \leq 60$	≤ 86
$60 < P \leq 100$	≤ 88
$100 \leq P$	≤ 90

Art. 4.1.3.11 Informazioni sui moduli LED

Nei casi in cui la fornitura è esclusivamente riferita ai Moduli LED ed è separata da una contestuale fornitura del relativo apparecchio di illuminazione, oltre a quelle già previste dai precedenti criteri, l'offerente deve fornire per i moduli LED le seguenti informazioni:

- dati tecnici essenziali (riferimento EN 62031): marca, modello, corrente tipica (o campo di variazione) di alimentazione (I), tensione (o campo di variazione) di alimentazione (V), frequenza, potenza (o campo di variazione) di alimentazione in ingresso, potenza nominale (W), indicazione della posizione

e relativa funzione o schema del circuito, valore di t_c (massima temperatura ammessa), tensione di lavoro massima, classificazione per rischio fotobiologico (se diverso da GR0 o GR1) ed eventuale distanza di soglia secondo le specifiche del IEC TR 62778;

- temperatura del modulo t_p ($^{\circ}\text{C}$), ovvero temperatura al punto t_p cui sono riferite tutte le prestazioni del modulo LED; punto di misurazione ovvero posizione ove misurare la temperatura t_p nominale sulla superficie dei moduli LED;
- flusso luminoso nominale emesso dal modulo LED (lm) in riferimento alla temperatura del modulo t_p ($^{\circ}\text{C}$) e alla corrente di alimentazione (I) del modulo previste dal progetto;
- efficienza luminosa (lm/W) iniziale del modulo LED alla temperatura t_p ($^{\circ}\text{C}$) e alla temperatura t_c ($^{\circ}\text{C}$);
- campo di variazione della temperatura ambiente prevista dal progetto (minima e massima);
- fattore di potenza per ogni valore di corrente previsto;
- criteri/normativa di riferimento per la determinazione del fattore di mantenimento del flusso a 60.000 h;
- criteri/normativa di riferimento per la determinazione del tasso di guasto a 60.000 h;
- indice di resa cromatica (R_a);
- nei casi in cui è fornito insieme al modulo, i parametri caratteristici dell'alimentatore elettronico (v. criterio 4.1.3.13);
- se i moduli sono dotati di ottica, rilievi fotometrici, sotto forma di documento elettronico (file) standard normalizzato (tipo "Eulumdat", IESNA 86, 91, 95 ecc.);
- se i moduli sono dotati di ottica, rapporti fotometrici redatti in conformità alla norma EN 13032 (più le eventuali parti seconde applicabili) emessi da un organismo di valutazione della conformità (laboratori accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente);
- dichiarazione del legale rappresentante o persona delegata per tale responsabilità dell'offerente che il rapporto di prova si riferisce a un campione tipico della fornitura e/o che indica le tolleranze di costruzione o di fornitura (da non confondere con l'incertezza di misura) per tutti i parametri considerati.

4.1.3.13 Informazioni relative a installazione, manutenzione e rimozione delle lampade a scarica ad alta intensità, dei moduli LED e degli alimentatori.

L'offerente deve fornire, per ogni tipo di lampada a scarica ad alta intensità/modulo LED, oltre a quanto richiesto da:

- Regolamento 245/2009 CE, allegato III punto 1.3 come modificato dal Regolamento (CE) N. 347/2012 (unicamente per lampade a scarica),
- Regolamento UE 1428/2015 del 25 agosto 2015 che modifica il regolamento (CE) n. 244/2009 della Commissione e il regolamento (CE) n. 245/2009 della Commissione che abroga la direttiva 2000/55/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e il regolamento (UE) n. 1194/2012 della Commissione
- Regolamento 1194/2012 UE, tabella 5 più Tabelle 1 e 2 e s. m. e i. (per sistemi LED direzionali),
- normativa specifica, quale EN 62717 (unicamente per moduli LED),

Almeno le seguenti informazioni:

- istruzioni per installazione ed uso corretti,
- istruzioni di manutenzione per assicurare che la lampada/il modulo LED conservi, per quanto possibile, le sue caratteristiche iniziali per tutta la durata di vita,
- istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento.

L'offerente deve fornire, per ogni tipo di alimentatore, anche le seguenti informazioni:

- istruzioni per installazione ed uso corretti,
- istruzioni di manutenzione,
- istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento.

4.1.3.14 Garanzia

Nel caso di moduli LED il periodo di garanzia deve essere di **5 anni** a partire dalla data di consegna all'Amministrazione, nelle condizioni di progetto, esclusi atti vandalici, danni accidentali o altre condizioni eventualmente definite nel contratto.

4.2.3.(2-3-4-5-6-7) Apparecchi per illuminazione (stradale, grandi aree, aree pedonali, aree verdi, centri storici)

Tali apparecchi devono avere, oltre alla Dichiarazione di conformità UE, almeno le seguenti caratteristiche:

Proprietà dell'apparecchio di illuminazione	Valori minimi					
	Stradali	Grandi aree	Aree pedonali	Aree verdi	Centri storici	Altri
IP vano ottico	IP65	IP55	IP55	IP55	IP55	IP55
IP vano cablaggi	IP55	IP55	IP55	IP55	IP43	IP55
Categoria di intensità luminosa	$\geq G^*2$	$\geq G^*2$	$\geq G^*2$	$\geq G^*3$	$\geq G^*2$	--
Resistenza agli urti (vano ottico)	IK06	IK06	IK07	IK07	--	--
Resistenza alle sovratensioni	4kV	4kV	4kV	4kV	4kV	4kV

4.2.3.8 Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione

Con riferimento alla tabella che segue, gli apparecchi d'illuminazione debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe C fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe B fino all'anno 2025 compreso e a quello della classe A, a partire dall'anno 2026. Gli apparecchi d'illuminazione impiegati nell'illuminazione stradale, di grandi aree, rotatorie e parcheggi debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2019 compreso, a quello della classe A+ fino all'anno 2021 compreso, a quello della classe A++ fino all'anno 2023 compreso a quello della classe A+++ a partire dall'anno 2024.

INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA	
Classe energetica apparecchi illuminanti	IPEA*
An+	$IPEA^* \geq 1,10 + (0,10 * n)$
A++	$1,30 \leq IPEA^* < 1,40$
A+	$1,20 \leq IPEA^* < 1,30$
A	$1,10 \leq IPEA^* < 1,20$
B	$1,00 \leq IPEA^* < 1,10$
C	$0,85 \leq IPEA^* < 1,00$
D	$0,70 \leq IPEA^* < 0,85$
E	$0,55 \leq IPEA^* < 0,70$
F	$0,40 \leq IPEA^* < 0,55$
G	$IPEA^* < 0,40$

Per le modalità di calcolo dell'indice IPEA* si veda il DM citato.

4.2.3.9 Flusso luminoso emesso direttamente dall'apparecchio di illuminazione verso l'emisfero superiore

Per quanto riguarda questo articolo si fa riferimento alla legge regionale 31 del 5 ottobre 2015, più stringente in termini prestazionali.

4.2.3.11 Sistema di regolazione del flusso luminoso

Se le condizioni di sicurezza dell'utente lo consentono, gli apparecchi di illuminazione debbono essere dotati di un sistema di regolazione del flusso luminoso conforme a quanto di seguito indicato:

il sistema di regolazione, ogniqualvolta possibile, deve:

- essere posto all'interno dell'apparecchio di illuminazione,
- funzionare in modo autonomo, senza l'utilizzo di cavi aggiuntivi lungo l'impianto di alimentazione;

i regolatori di flusso luminoso devono rispettare le seguenti caratteristiche (per tutti i regolatori di flusso luminoso): Classe di regolazione = A1 (Campo di regolazione, espresso come frazione del flusso luminoso nominale da 1,00 a minore di 0,50),

4.2.3.13 Informazioni/istruzioni relative agli apparecchi d'illuminazione a LED

L'offerente deve presentare per ogni tipo di apparecchio di illuminazione a LED, a seconda dei casi e secondo quanto specificato per ciascuna tipologia di apparecchio (Tipo A - apparecchi che utilizzano moduli LED per i quali la conformità con la EN 62717 è stata provata, Tipo B - apparecchi che utilizzano moduli LED per i quali la conformità con la EN 62717 non è stata provata), almeno le seguenti informazioni:

- per gli apparecchi di illuminazione del Tipo A, i dati tecnici relativi al modulo LED associato all'apparecchio di illuminazione secondo la documentazione fornita dal costruttore del modulo LED e/o del LED package (es. datasheet, rapporto di prova riferito al LM80): marca, modello, corrente tipica (o campo di variazione) di alimentazione (I), tensione (o campo di variazione) di alimentazione (V), frequenza, potenza (o campo di variazione) di alimentazione in ingresso, potenza nominale (W), indicazione della posizione e relativa funzione o schema del circuito, valore di t_c (massima temperatura ammessa), tensione di lavoro massima, eventuale classificazione per rischio fotobiologico, grado di protezione (IP), indicazione relativa a moduli non sostituibili o non sostituibili dall'utilizzatore finale. Per gli apparecchi di Tipo B non è dunque necessario fornire le specifiche informazioni relative al modulo a sè stante, ma i dati indicati precedentemente per il Tipo A saranno riferiti al modulo LED verificato nelle condizioni di funzionamento nell'apparecchio. La documentazione fornita dal costruttore dell'apparecchio di illuminazione potrà riferirsi a datasheet, rapporto di prova riferito al LM80, ecc. dei singoli package e sarà prodotta secondo i criteri di trasferibilità dei dati di cui alla EN 62722-2-1 e EN 62717;
- potenza nominale assorbita dall'apparecchio di illuminazione a LED (W), alla corrente di alimentazione (I) del modulo LED prevista dal progetto;
- flusso luminoso nominale emesso dall'apparecchio di illuminazione a LED (lm) a regime, alla temperatura ambiente considerata e alla corrente di alimentazione (I) del modulo LED previste dal progetto;
- efficienza luminosa (lm/W) iniziale dell'apparecchio di illuminazione a LED alla temperatura ambiente considerata e alla corrente di alimentazione (I) del modulo previste dal progetto;
- vita nominale del modulo LED associato, indicazione del mantenimento del flusso luminoso iniziale L_x e del tasso di guasto B_x (informazioni previste nei criteri precedenti);
- criteri/normativa di riferimento per la determinazione del fattore di mantenimento del flusso a 60.000 h (informazioni previste nei criteri precedenti);
- criteri/normativa di riferimento per la determinazione del tasso di guasto a 60.000 h (informazioni previste nei criteri precedenti); indice di resa cromatica (R_a);
- rapporti fotometrici redatti in conformità alla norma EN13032, più le eventuali parti seconde applicabili, emessi da un organismo di valutazione della conformità (laboratori) accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente;
- informazioni e parametri caratteristici dell'alimentatore elettronico dell'apparecchio di illuminazione (v. criterio 4.1.3.8);
- rilievi fotometrici degli apparecchi di illuminazione, sotto forma di documento elettronico (file) standard normalizzato (tipo "Eulumdat", IESNA 86, 91, 95 ecc.);

- identificazione del laboratorio che ha effettuato le misure, nominativo del responsabile tecnico e del responsabile di laboratorio che firma i rapporti di prova;
- istruzioni di manutenzione per assicurare che l'apparecchio di illuminazione a LED conservi, per quanto possibile, la sua qualità iniziale per tutta la durata di vita;
- istruzioni di installazione e uso corretto;
- istruzioni per l'uso corretto del sistema di regolazione del flusso luminoso;
- istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento;
- identificazione di componenti e parti di ricambio;
- foglio di istruzioni in formato digitale;
- istruzioni per la pulizia in funzione del fattore di mantenimento dell'apparecchio di illuminazione.

Altri criteri da rispettare

Oltre alle specifiche tecniche di base previste per le sorgenti luminose, gli alimentatori e gli apparecchi illuminanti, dovranno essere rispettati i seguenti ulteriori criteri:

- consegna di documento elettronico (file in linguaggio XML) di interscambio delle caratteristiche degli apparecchi di illuminazione (vedi 4.2.3.14 CAM);
- utilizzo di trattamenti superficiali con caratteristiche specifiche (vedi 4.2.3.15 CAM);
- garanzia (vedi 4.2.3.16 CAM)

I corpi illuminanti, le relative quantità e le caratteristiche tecniche sono desumibili dalla documentazione di progetto (computo metrico e capitolato tecnico e prestazionale)

7.3.3.2 PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER LA LIMITAZIONE DELLA DISPERSIONE DI LUCE VERSO L'ALTO

La Legge Regionale Lombardia n.31 del 05/10/2015 "Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso" prescrive che tutti gli impianti di illuminazione esterna devono garantire la "non dispersione di flusso luminoso verso l'alto", rimandando al successivo regolamento attuativo la definizione delle norme tecniche riguardanti ambiti specifici che precedentemente erano contenuti nell'Art.6 della Legge Regionale 17/2000.

Ad oggi la nuova L.R. 31/2015 risulta ancora sprovvista di regolamento attuativo, riportando in vigore l'Art.6 della L.R. 17/2000 e s.m.i., così come previsto dall'Art.11, comma 2, della L.R. 31/2015.

La L.R. 17/2000 (e successive modifiche ed integrazioni riportate nella L.R. 38/2004) contiene prescrizioni al fine di:

- ridurre l'inquinamento luminoso e i consumi energetici,
- ridurre i fenomeni dovuti all'abbagliamento,
- tutelare dall'inquinamento luminoso i siti degli osservatori astronomici professionali e non professionali di rilevanza regionale o provinciale, nonché delle loro zone circostanti,
- migliorare la qualità della vita e le condizioni di fruizione dei centri urbani e dei beni ambientali.

La L.R. 17/2000 richiede di fatto la progettazione e la costruzione di tutti gli impianti di illuminazione esterna "a norma antinquinamento luminoso", ovvero senza alcuna dispersione di flusso luminoso verso l'alto e a ridotto consumo energetico, salvo alcuni casi particolari riportati all'interno dell'Art.6.

Il presente progetto sarà in tal senso conforme alla normativa sopraesposta.

7.3.3.2.1 Distanziamento dalla carreggiata

La distanza minima dei sostegni e di ogni altra parte dell'impianto dai limiti della carreggiata fino ad un'altezza di 5 m sulla pavimentazione stradale, deve essere:

- per le strade urbane dotate di marciapiedi con cordonatura: 0,5 m;
- per le strade extraurbane e per quelle urbane prive di marciapiedi con cordonatura: 1,4 m.

L'altezza minima di una qualsiasi parte di impianto della carreggiata deve essere di 6 m.

Per carreggiata si intende la parte della strada normalmente destinata alla circolazione dei veicoli. Non fanno parte della carreggiata gli elementi che, seppur affiancati ad essa non sono destinati alla circolazione dei veicoli, come ad esempio: piste ciclabili, marciapiedi, banchine e piazzole di sosta.

Il comune in qualità di gestore della rete stradale può derogare dai distanziamenti minimi sopra citati, nei casi in cui il contesto urbanistico lo renda necessario o non sia possibile adottare altra soluzione.

7.4 CRITERI DI PROTEZIONE

7.4.1 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.

7.4.2 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 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 TT, la seguente condizione deve essere soddisfatta:

$$R_E \cdot I_{dn} \leq U_L$$

dove:

- U_L è la tensione di contatto limite convenzionale pari a 50 V_{ac}. Per gli impianti e parti di impianto per i quali si applica la corrispondente sezione della parte 7 della CEI 64-8 (sez 704, 705 e 710), il limite è pari a 25 V_{ac};
- I_{dn} è la corrente di intervento del dispositivo differenziale;
- R_E è la resistenza del dispersore in ohm.

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).

7.4.3 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 della 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:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

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.

7.4.4 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 mm^2 ,
- 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 condotta 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 condotta posta a valle.

7.4.5 PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

La protezione contro i fulmini non è necessaria, come previsto dall'art. 714.35.

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'inizio dell'impianto 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 e garantirne un sicuro serraggio.

7.5 CRITERI DI COORDINAMENTO APPARECCHI DI PROTEZIONE

7.5.1 COORDINAMENTO SELETTIVO TRA DISPOSITIVI DI PROTEZIONE DA SOVRACORRENTI

La soluzione normalmente adottata è quella del coordinamento selettivo delle protezioni di massima corrente che consente di isolare dal sistema la parte di impianto interessata dal guasto, facendo intervenire il solo interruttore situato immediatamente a monte di esso.

Al fine di realizzare un corretto coordinamento selettivo, si devono tener presente le seguenti regole fondamentali:

- allo scopo di ridurre gli effetti di tipo termico ed elettrodinamico e contenere i tempi di ritardo entro valori ragionevoli, il coordinamento selettivo non dovrebbe avvenire tra più di quattro interruttori in cascata;
- ciascun interruttore deve essere in grado di stabilire, supportare ed interrompere la massima corrente di cortocircuito nel punto dove è installato;
- per assicurarsi che gli interruttori di livello superiore non intervengano, mettendo fuori servizio anche parti di impianto non guaste, si devono adottare soglie di corrente di intervento (ed eventualmente di tempo di intervento) di valore crescente partendo dagli utilizzatori andando verso la sorgente di alimentazione;
- per assicurare la selettività, l'intervallo dei tempi di intervento dovrebbe essere approssimativamente di 0,1-0,2 s. Il tempo massimo di intervento non dovrebbe superare i 0,5 s.

La selettività tra due interruttori in cascata, può essere totale o parziale.

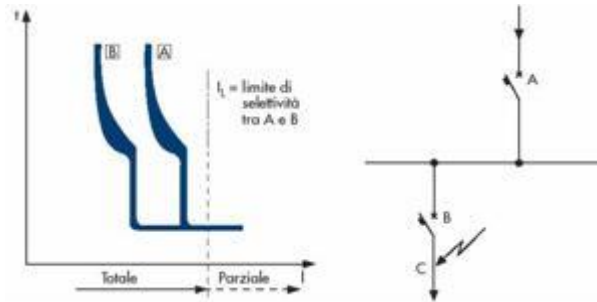
La soluzione normalmente adottata è quella del coordinamento selettivo delle protezioni di massima corrente che consente di isolare dal sistema la parte di impianto interessata dal guasto, facendo intervenire il solo interruttore situato immediatamente a monte di esso.

Al fine di realizzare un corretto coordinamento selettivo, si devono tener presente le seguenti regole fondamentali:

- allo scopo di ridurre gli effetti di tipo termico ed elettrodinamico e contenere i tempi di ritardo entro valori ragionevoli, il coordinamento selettivo non dovrebbe avvenire tra più di quattro interruttori in cascata;
- ciascun interruttore deve essere in grado di stabilire, supportare ed interrompere la massima corrente di cortocircuito nel punto dove è installato;

- per assicurarsi che gli interruttori di livello superiore non intervengano, mettendo fuori servizio anche parti di impianto non guaste, si devono adottare soglie di corrente di intervento (ed eventualmente di tempo di intervento) di valore crescente partendo dagli utilizzatori andando verso la sorgente di alimentazione;
- per assicurare la selettività, l'intervallo dei tempi di intervento dovrebbe essere approssimativamente di 0,1-0,2 s. Il tempo massimo di intervento non dovrebbe superare i 0,5 s.

La selettività tra due interruttori in cascata, può essere totale o parziale.



- **Selettività totale**
La selettività è totale se si apre solo l'interruttore B, per tutti i valori di corrente inferiori o uguali alla massima corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui è installato B.
- **Selettività parziale**
La selettività è parziale se si apre solo l'interruttore B per valori di corrente di cortocircuito in C inferiori al valore I_L oltre il quale si ha l'intervento simultaneo di A e B.

Le tipologie di selettività ottenibili sono:

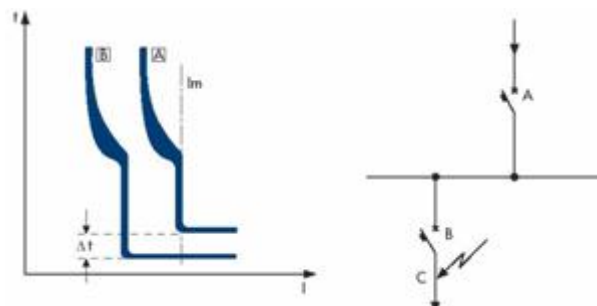
- cronometrica;
- amperometrica;
- di zona

7.5.1.1 SELETTIVITÀ CRONOMETRICA

Può essere ottenuta con l'impiego di sganciatori o relè muniti di dispositivi di ritardo intenzionale dell'intervento.

I ritardi vengono scelti con valori crescenti risalendo lungo l'impianto per garantire che l'intervento sia effettuato dall'interruttore immediatamente a monte del punto in cui si è verificato. L'interruttore A interviene con ritardo Δt rispetto all'interruttore B, nel caso che entrambi gli interruttori siano interessati a una corrente di guasto di valore superiore a I_m .

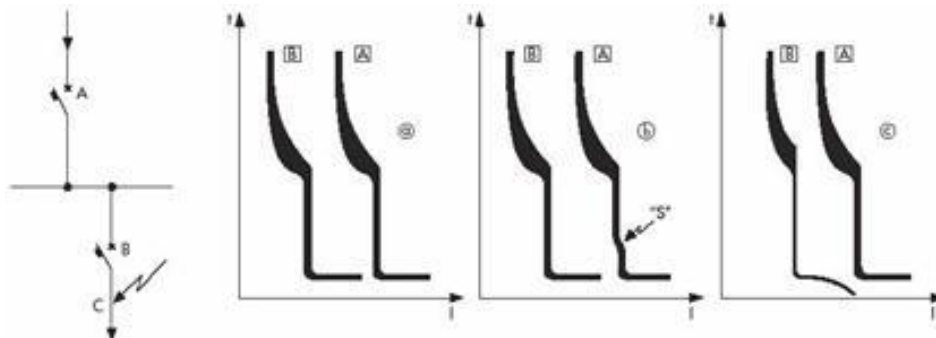
L'interruttore A, ovviamente, dovrà essere in grado di sopportare le sollecitazioni dinamiche e termiche durante il tempo di ritardo.



7.5.1.2 SELETTIVITÀ AMPEROMETRICA

Può essere ottenuta regolando la soglia di intervento istantaneo a valori di corrente diversi fra gli interruttori A e B e sfruttando la condizione favorevole del diverso valore assunto dalla corrente di cortocircuito in funzione della posizione in cui si manifesta il guasto a causa dell'impedenza dei cavi.

Per effetto della limitazione dovuta a questa impedenza in certi casi è possibile regolare l'intervento istantaneo dell'interruttore a monte del cavo ad un valore dell'intensità di corrente superiore a quello del massimo valore raggiungibile dalla corrente di guasto che percorre l'interruttore a valle, pur assicurando quasi completamente la protezione della parte di impianto compresa tra i due interruttori.



A seconda degli interruttori impiegati la selettività amperometrica può assumere condizioni diverse:

- a) con interruttori tradizionali con breve ritardo a monte e a valle: la selettività è tanto più efficace e sicura quanto più grande è la differenza tra la corrente nominale dell'interruttore posto a monte e quella dell'interruttore posto a valle.

Inoltre la selettività amperometrica generalmente risulta totale se la corrente di ctocto in C è inferiore alla corrente magnetica dell'intervento dell'interruttore A;

- b) con interruttori tradizionali con breve ritardo a monte e interruttori tradizionali a valle: selettività amperometrica, per valori di corrente di cto-cto elevati, può essere migliorata utilizzando interruttori a monte provvisti di relé muniti di breve ritardo (curva "S").

La selettività è totale se l'interruttore A non si apre.

La possibilità di avere interventi selettivi senza l'introduzione di ritardi intenzionali riduce le sollecitazioni termiche e dinamiche all'impianto in caso di guasto e frequentemente permette di sotto-dimensionare alcuni suoi componenti.

- c) con interruttori tradizionali a monte e interruttori limitatori a valle: usando interruttori limitatori a valle e, a monte di essi, interruttori tradizionali (dotati di potere d'interruzione adeguato con sganciatori di tipo istantaneo) è possibile ottenere selettività totale.

In questo caso la selettività dell'intervento si realizza grazie ai tempi di intervento estremamente ridotti dell'interruttore limitatore che riducono l'impulso di energia dovuto alla corrente di guasto a valori tanto bassi da non causare l'intervento dell'interruttore a monte.

Con questo principio è possibile realizzare la selettività totale anche tra interruttori limitatori di diverso calibro fino a quei valori di corrente che non provocano l'apertura transitoria dei contatti del limitatore a monte.

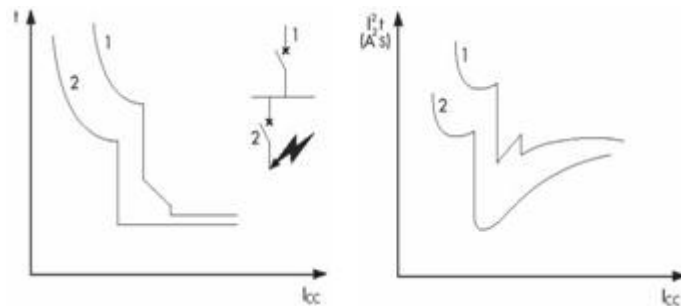
7.5.1.3 SELETTIVITÀ ENERGETICA

È un tipo di selettività alla quale si ricorre quando fra due interruttori non è possibile impostare un tempo di ritardo nell'intervento.

Questo sistema può consentire di ottenere un livello di selettività che va oltre il valore della soglia magnetica dell'interruttore a monte, impiegando un interruttore limitatore a valle.

Nel caso si abbia a monte un interruttore del tipo B ma con $I_{cw} \leq I_{cu}$, in funzione della limitazione effettuata dall'interruttore a valle possiamo ottenere un limite di selettività superiore al valore della soglia istantanea dell'interruttore a monte.

Per lo studio della selettività energetica non si confrontano le curve di intervento corrente/tempo dei componenti installati in serie ma le curve dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare dall'interruttore a valle e la curva dell'energia dell'interruttore a monte. Si ottiene la selettività energetica se le due curve non hanno punti di intersezione. L'effetto di limitazione dell'energia specifica passante è funzione del tipo di interruttore (meccanismo di apertura, contatti ecc.) mentre il livello energetico di non sgancio è legato alle caratteristiche di intervento dello sganciatore (soglia istantanea, tempo di intervento), nonché dalla soglia di repulsione dei contatti (apertura incondizionata).



Per poter realizzare in maniera ottimale una selettività energetica occorre pertanto impiegare:

- sganciatori istantanei con tempo di risposta legato alla corrente di cortocircuito e di taglia diversa;
- interruttori con una forte limitazione di corrente ed i contatti differenziati per taglia.

L'impiego di interruttori limitatori a valle permette inoltre una sensibile riduzione delle sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche alle quali è soggetto l'impianto e di contenere i ritardi intenzionali imposti agli interruttori installati a livello primario.

7.5.1.4 SELETTIVITÀ DI ZONA O "ACCELERATA"

L'adozione del coordinamento selettivo delle protezioni comporta per sua natura l'allungamento dei tempi di eliminazione dei guasti man mano che ci si avvicina alla sorgente dell'energia e quindi dove il valore della corrente di guasto è maggiore.

In impianti importanti, nei quali i livelli di distribuzione possono diventare molti, questi tempi potrebbero diventare inaccettabili sia per il valore elevato dell'energia specifica passante I^2t , sia per l'incompatibilità con i tempi di estinzione prescritti dall'Ente fornitore di energia.

In questi casi può essere necessario adottare un sistema di selettività di zona o "accelerata".

Questa tecnica, più sofisticata, consente di accorciare i tempi determinati dalla selettività cronometrica tradizionale pur mantenendo la selettività degli interventi.

Questo tipo di coordinamento si basa sulle seguenti operazioni:

- immediata individuazione dell'interruttore a cui compete l'eliminazione selettiva del guasto;
- abbreviazione del tempo di intervento di tale interruttore;
- mantenimento del coordinamento selettivo degli interruttori a monte.

Il principio su cui basarsi per determinare quale sia l'interruttore più vicino al guasto consiste nell'utilizzare la corrente di guasto come unico elemento di riferimento comune per i vari interruttori e creare un interscambio di informazioni in base alle quali determinare in modo praticamente istantaneo quale parte dell'impianto deve essere tempestivamente staccata dal sistema.

7.5.1.5 COORDINAMENTO SELETTIVO TRA DISPOSITIVI DIFFERENZIALI

Questo coordinamento è ottenuto tra due dispositivi differenziali in serie se vengono soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

- l'apparecchio a monte deve aver caratteristica di funzionamento ritardata (tipo S);

il rapporto tra la corrente differenziale nominale del dispositivo a monte e la corrente differenziale nominale del dispositivo a valle deve essere: ($I_{dnmonte} \geq 3 I_{dnvalle}$).

7.6 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di messa a terra sarà realizzato secondo la norma CEI 64-8 e la guida CEI 64-12, al fine di rendere equipotenziali le masse metalliche. All'interno dei quadri principali sarà presente il collettore di terra principale a cui si attesteranno tutti i conduttori di protezione e di equipotenziale, ognuno contraddistinto da apposita targhetta di riconoscimento. Il collettore principale di terra verrà connesso alla rete di terra generale.

L'impianto di terra verrà realizzato tramite:

- un dispersore intenzionale di terra realizzato mediante corda nuda in rame sez. minima 35mmq posata in intimo contatto col terreno o nel getto di fondazione,
- dispersori verticali "a picchetto" infissi nel terreno e collegati alla corda di rame.

Dal dispersore orizzontale, mediante conduttore di terra, si dovrà collegare il collettore principale di terra posto nel Quadro Generale (Q00).

Conduttori di protezione

Le sezioni dei conduttori di protezione saranno pari alle sezioni dei conduttori di fase; per sezioni superiori a 16mm² la sezione è pari alla metà del conduttore di fase con un minimo di 16 mm² e comunque in grado di soddisfare le condizioni stabilite dalle norme CEI 64-8.

Collegamenti equipotenziali principali

I collegamenti equipotenziali principali conetteranno tutte le masse estranee suscettibili di assumere potenziali pericolosi.

Collegamenti equipotenziali supplementari

I collegamenti equipotenziali supplementari saranno effettuati sulle tubazioni metalliche all'ingresso dei locali. Tali collegamenti sono realizzati con conduttori giallo-verde di sezione 2,5mm² se protetti, oppure 4mm² se installati direttamente sotto intonaco o sotto pavimento. Gli stessi saranno eseguiti con "collari" di materiale tale da evitare fenomeni corrosivi: ottone nichelato per tubazione in rame, oppure acciaio inox per tubazioni di acciaio zincato.

I conduttori equipotenziali saranno collegati al conduttore di equipotenziale posto nella cassetta di giunzione più vicina.

8 AVVERTENZE

Oltre alle prescrizioni indicate nel presente documento e nel capitolato tecnico dovranno essere considerate anche le seguenti note:

- gli apparecchi previsti nel progetto NON utilizzano lenti interposte tra la sorgente LED e lo schermo di protezione in vetro. Non saranno accettati come equivalenti i prodotti dotati di lenti diffusori in PMMA interposti tra la sorgente LED e lo schermo in vetro, a causa dell'elevato decadimento del livello di trasparenza del materiale PMMA nel corso degli anni.
- Nel caso in cui vengano proposti apparecchi illuminanti ritenuti equivalenti a quelli previsti nel presente progetto, dovrà essere dimostrata l'equivalenza del prodotto anche attraverso l'analisi dei risultati illuminotecnici, che dovranno essere forniti per ciascuna zona di studio, utilizzando gli stessi dati di calcolo previsti nel presente progetto.
- In caso di proposta equivalente resta onere dell'appaltatore procedere con la verifica relativa all'autorizzazione paesaggistica, che non potrà comunque portare ad un ritardo sul cronoprogramma allegato.

N.B.

Ogni eventuale riferimento a marche o prodotti specifici è stato fatto per eseguire le verifiche e per facilitare l'individuazione del prodotto desiderato; pertanto la scelta NON è in alcun modo vincolante e sono ammessi prodotti equivalenti (previa autorizzazione della D.L.).

9 ALLEGATI

Alla presente Relazione Tecnica si allega:

- Relazione di calcolo impianti elettrici con le verifiche di linee, protezioni, ecc,
- Relazione di calcolo con verifiche illuminotecniche.

Giugno 2024

Il progettista

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:

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

nella quale:

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

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

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

$$\begin{aligned} I_1 &= I_b e^{j0} = I_b \cos 0 + j I_b \sin 0 \\ I_2 &= I_b e^{j2\pi/3} = I_b \cos \frac{2\pi}{3} + j I_b \sin \frac{2\pi}{3} \\ I_3 &= I_b e^{j4\pi/3} = I_b \cos \frac{4\pi}{3} + j I_b \sin \frac{4\pi}{3} \end{aligned}$$

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

$$V_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

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

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 (P_d a valle).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \tan$$

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

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

$$\cos = \cos \arctan \frac{Q_n}{P_n}$$

Dimensionamento dei cavi

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

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

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

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

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;

conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. 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 software gestisce ulteriori tabelle, specifiche per alcuni paesi. L'elenco completo è disponibile nei Riferimenti normativi.

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

La portata minima del cavo viene calcolata come:

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

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

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

eventuale declassamento deciso dall'utente.

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

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

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

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

Integrale di Joule

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

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

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 sopracitati 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 conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

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

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

$$\begin{array}{ll}
 S_f \geq 16 \text{ mm}^2: & S_n = S_f \\
 16 \leq S_f < 35 \text{ mm}^2: & S_n = 16 \text{ mm}^2 \\
 S_f \geq 35 \text{ mm}^2: & S_n = S_f / 2
 \end{array}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il software 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:

$$\begin{array}{ll} S_f \geq 16 \text{ mm}^2: & S_{PE} = S_f \\ 16 > S_f \geq 35 \text{ mm}^2: & S_{PE} = 16 \text{ mm}^2 \\ S_f < 35 \text{ mm}^2: & S_{PE} = S_f / 2 \end{array}$$

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:

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

dove:

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

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3. Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm^2 rame o 16 mm^2 alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 o 16 mm^2 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 mm^2 , se in rame;
- 35 mm^2 , 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:

$$\begin{array}{l} T_{cavo} - T_{ambiente} = \frac{I_b^2}{I_z^2} \\ T_{cavo} - T_{ambiente} = \frac{I_n^2}{I_z^2} \end{array}$$

esprese in $^{\circ}\text{C}$.

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. Esso è pari a:

$$\alpha_{cavo} = T_z - T_{ambiente}$$

dove T_z è la massima temperatura di esercizio del cavo.

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:

$$c.d.t(ib) = \max_{i=1}^k \left| \sum_{f=R,S,T} Z_{fi} I_{fi} + Z_{ni} I_{ni} \right|$$

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:

$$c.d.t. I_b = k_{cdt} I_b \frac{L_c}{1000} R_{cavo} \cos \phi + X_{cavo} \sin \phi \frac{100}{V_n}$$

con:

$k_{cdt} = 2$ per sistemi monofase;

$k_{cdt} = 1.73$ per sistemi trifase.

I parametri R_{cavo} e X_{cavo} sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in Ω/km .

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

$$X_{cavo} = \frac{f}{50} X_{cavo}$$

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

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

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

Fornitura della rete

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

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 m :

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

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

50	I_{cctrif}		\cos_{cc}	0.2
20	I_{cctrif}	50	\cos_{cc}	0.25
10	I_{cctrif}	20	\cos_{cc}	0.3
6	I_{cctrif}	10	\cos_{cc}	0.5
4.5	I_{cctrif}	6	\cos_{cc}	0.7
3	I_{cctrif}	4.5	\cos_{cc}	0.8
1.5	I_{cctrif}	3	\cos_{cc}	0.9
I_{cctrif}	1.5		\cos_{cc}	0.95

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

$$R_d = Z_{cctrif} \cos_{cc}$$

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

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

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

Invertendo la formula:

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

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

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

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

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:

$$Z_{TK} = K_T \cdot Z_T$$

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

dove

$$x_T = \frac{X_T}{U_{rT}^2 / S_{rT}}$$

è la reattanza relativa del trasformatore e c_{max} 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

$$K_G = \frac{V_n}{U_{rG}} \cdot \frac{c_{max}}{1 + x_d'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

dove

$$x_d'' = \frac{X_d''}{U_{rG}^2 / S_{rG}}$$

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}).

Fattore di correzione per gruppi di produzione con 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

$$K_S = \frac{V_n^2}{U_{rG}^2} \cdot \frac{U_{rTLV}^2}{U_{rTHV}^2} \cdot \frac{c_{max}}{1 + |x_d'' - x_T| \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

Fattore di correzione per gruppi di produzione senza 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

$$K_{SO} = \frac{V_n}{U_{rG} \cdot (1 + p_G)} \cdot \frac{U_{rTLV}}{U_{rTHV}} \cdot (1 \pm p_T) \cdot \frac{c_{max}}{1 + x_d'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Dove:

p_T è la variazione di tensione del trasformatore tramite la presa a spina scelta. Nel software viene impostato il fattore $(1 - p_T)$, con $p_T = (|V_{02} - V_{n2}|) / V_{n2}$:

$U_{Gmax} = U_{rG} (1 + p_G)$, si considera $p_G = 0$

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

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 C_{max} ;
 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 m risulta:

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

dove T è 50 o 70 °C e $\alpha = 0.004$ 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:

$$\begin{aligned} R_{0cPE} &= R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE} \\ X_{0cPE} &= 3 \cdot X_{dc} \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} R_{0bN} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbN} \\ X_{0bN} &= 3 \cdot X_{db} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_{0bPE} &= R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE} \\ X_{0bPE} &= X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_d &= R_{dc} + R_{d-up} \\ X_d &= X_{dc} + X_{d-up} \\ R_{0N} &= R_{0cN} + R_{0N-up} \\ X_{0N} &= X_{0cN} + X_{0N-up} \\ R_{0PE} &= R_{0cPE} + R_{0PE-up} \\ X_{0PE} &= X_{0cPE} + X_{0PE-up} \end{aligned}$$

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

Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in m) 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:

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

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase I_{kmax} , fase neutro I_{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:

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

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

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

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

dove:

$$1.02 \cdot 0.98 e^{\frac{3 R_d}{X_d}}$$

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

Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 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 C_{min} , che può essere 0.95 se $C_{max} = 1.05$, oppure 0.90 se $C_{max} = 1.10$ (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore C_{min} è pari a 1;

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

la norma FD C15-500, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo; con protezione di tipo fusibile la temperatura è la media con la temperatura di fine guasto. Vedere Tableau 3 della norma per maggiori dettagli.

la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

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 Z_d la impedenza diretta della rete, con Z_i l'impedenza inversa, e con Z_0 l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito, Z_0 corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = j V_n \frac{Z_0 Z_i}{Z_d Z_i Z_d Z_0 Z_i Z_0}$$

e la corrente di picco:

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

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 sovracorrente, il cui valore deve provocare l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tabella 41A in funzione della tensione nominale U_0 o entro i 5s per garantire la protezione contro i contatti indiretti.

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:

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

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

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

- a) Le intersezioni sono due:
 $I_{ccmin} \leq I_{inters min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
 $I_{ccmax} \leq I_{inters max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 $I_{ccmin} \leq I_{inters min}$.
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 $I_{cc max} \leq I_{inters max}$.

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

Note:

La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti $K^2 S^2$ e la I_a dello stesso.

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

Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);

Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;

Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).

Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).

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

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

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

Protezione contro i contatti indiretti

Secondo la norma 64-8 par. 413, un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione per proteggere contro i contatti indiretti i circuiti e i componenti elettrici, in modo che, in caso di guasto, non possa persistere una tensione di contatto pericolosa per una persona.

E' definita la tensione di contatto limite convenzionale a 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata, oltre la quale esiste pericolo. Tuttavia, in alcune circostanze, è possibile superare tale valore purché la protezione intervenga entro 5 secondi o tempi definiti dalla norma, a seconda del sistema elettrico adottato.

Sistemi TN

Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione con conduttori di protezione che devono essere messi a terra in corrispondenza o in prossimità di ogni trasformatore o generatore di alimentazione.

La norma richiede che deve essere soddisfatta la condizione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

U_0 è la tensione nominale verso terra;

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, ed in Ampère corrisponde alla variabile $I_{k1}(ft)_{max}$;

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il software verifica che:

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_0}{Z_s}$$

Dove $I_{a.c.i.}$ è una variabile di Ampère (Corrente contatti indiretti I_a) utilizzata per il confronto con i valori di sgancio delle protezioni.

$I_{a.c.i.}$ normalmente è pari alla corrente di guasto a terra $I_{k1}(ft)_{min}$ calcolata dal software.

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove Z_E è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

$I_{a.c.i.}$ assume il valore di I_{50V} se quest'ultima è maggiore della $I_{k1}(ft)_{min}$, in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che porta le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Se richiesto dal progetto, è possibile imporre a ciascuna utenza il valore di $I_{a.c.i.}$ a I_{50V} o I_{25V} e assicurare di non superare mai le tensioni di contatto limite.

Per i sistemi TN-C, il software verifica la continuità del PEN e che non vi siano protezioni o sezionatori inseriti nel conduttore.

Sistemi TT

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Il punto neutro di ogni trasformatore o di ogni generatore deve essere collegato a terra, in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra R_E .

I dispositivi di protezione devono essere a corrente differenziale e deve essere soddisfatta la condizione:

$$R_E \cdot I_{dn} \leq U_L$$

dove:

R_E è la resistenza del dispersore dell'impianto di terra, al quale il software aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile Z_E ;

I_{dn} è la corrente nominale differenziale;

U_L è la tensione limite convenzionale (normalmente 50 V).

Il software verifica che:

$$I_{dn} \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_L}{Z_E}$$

Per completezza, quando il software possiede tutti gli elementi per calcolare la corrente di circolazione di un guasto a terra, ossia la $I_{k1(ft)} \min$, allora $I_{a.c.i.}$ è scelta tra la maggiore delle due correnti, similmente al sistema TN:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{U_L}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Ovviamente, per la normativa italiana, il dispositivo di protezione deve essere solo a corrente differenziale.

Sistemi IT

Nei sistemi IT le parti attive devono essere isolate da terra oppure essere collegate a terra attraverso un'impedenza di valore sufficientemente elevato.

Le masse devono essere messe a terra, e nel caso di un singolo guasto a terra, deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove:

R_E è la resistenza del dispersore, al quale il software aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile Z_E ;

I_d è la corrente del primo guasto a terra, che per il software sarà pari alla corrente di guasto a terra $I_{k1(ft)} \min$ nelle condizioni complessive di rete definite nel progetto.

Il software verifica che:

$$V_T = Z_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove V_T è la tensione della massa a guasto, una variabile di Ampère che per i sistemi IT è associata al primo guasto a terra.

La norma richiede l'interruzione automatica dell'alimentazione per un secondo guasto su di un conduttore attivo differente, ovviamente appartenente alla stessa area elettrica a valle della fornitura o di un trasformatore.

Viene indicata la formula che deve essere rispettata, che in generale è la seguente:

$$2 \cdot Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

U_0 è la tensione nominale verso terra;

Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente;

I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il coefficiente 2 indica che il secondo guasto può manifestarsi in un circuito differente, ed in più la norma suggerisce di considerare il caso più severo, comprendendo anche i guasti sul neutro.

Il software Ampère assolve a queste indicazioni potendo scegliere tra il metodo proposto dalla norma, oppure risolvendo il seguente algoritmo:

$$I_a \leq I_{a \text{ c.i.}} = \min_{s2} \frac{U_0}{(Z_{s1} + Z_{s2})}$$

dove:

Z_{s1} è l'impedenza dell'anello di guasto della utenza in considerazione;

Z_{s2} è l'impedenza dell'anello di guasto di una seconda utenza;

$I_a \text{ c.i.}$ è la minima corrente di guasto, calcolata permutando tutte le utenze $s2$ appartenenti alla stessa area elettrica di $s1$.

Il valore $\max(Z_{s1} + Z_{s2})$ è memorizzato nella variabile $ZIT \max$ di Ampère.

$I_a \text{ c.i.}$ normalmente è pari alla corrente di guasto a terra $I_{k(IT)} \min$ calcolata dal software.

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove Z_E è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

$I_a \text{ c.i.}$ assume il valore di I_{50V} se quest'ultima è maggiore della $I_{k(IT)} \min$, in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che portano le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a \text{ c.i.}} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{ZIT \max}\right)$$

Nota. Il software permette di applicare il punto 413.1.1.1 della CEI 64-8, e quindi validare a contatti indiretti una utenza che presenta, in caso di guasto, un valore di tensione inferiore alla tensione limite convenzionale.

In pratica, a differenza di quanto spiegato finora, le tarature delle protezioni possono essere superiori anche alla corrente $I_{50\%}$.

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 60909-4 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 IEC 61660-1 Ia Ed. 1997-06: Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations. Part 1: Calculation of short-circuit currents.

CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: 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 Ed. 2021: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.

IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.

IEC 60364-5-52 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 2020: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.

CEI UNEL 35024/1 2020: 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 UNEL 01433 1973: Portate di corrente per barre piatte lucide di rame elettrolitico a spigoli vivi in aria.

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.

FD C 15-500 Janvier 2020: Installations électriques à basse tension – Détermination des sections des conducteurs et choix des dispositifs de protection à l'aide de logiciels de calcul.

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;

ABNT NBR 16612, Segunda edição 2020: Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura Requisitos de desempenho;

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 IIa Ed. 2019-04: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

IEEE Std 1584-2018: IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations.

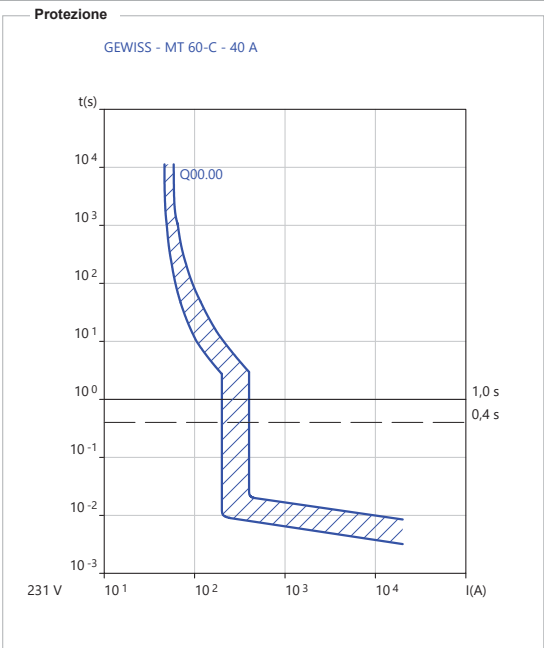
Utenza	
+Esterno.Q00-Q00.00	Generale quadro

Coord. Ib < Ins < Iz [A]					1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.00: Ins = 40 [A] (sgancio protezione termica)
Fase	Ib	<=	Ins	<=	Iz
	3,165		40		
Neutro	3,165		40		

Verifica contatti indiretti		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).
Ia c.i. [A]	Verificato	8,999
Tempo di interruzione [s]	1	
VT a Ia c.i. [V]	50	

Potere di interruzione [kA]			Sg. mag.<Imagmax [A]		
A transitorio inizio linea	Verificato		Sg. mag.	<	Imagmax
PdI >= Ikm max	/_Ikm max [°]		400		5641,257
20	5,998	60			

Caduta di tensione [%]			Correnti di guasto [kA]		
Tensione nominale [V]	231		A regime fondo linea, Picco a inizio linea		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco
0	0	4	Fase-N	5,998	5,641
					10,124
Cdt (In)	CdtT (In)		A transitorio fondo linea		
0	0		Ikv max	/_Ikv max [°]	
			5,998	n.c.	



Utenza	
+Esterno.Q00-Q00.01	SPD

Coord. Ib < Ins < Iz [A]					1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.00: Ins = 40 [A] (sgancio protezione termica)
Fase	Ib	<=	Ins	<=	Iz
	40		40		
Neutro	0		40		

Verifica contatti indiretti		Utenza di tipo SPD.
Ia c.i. [A]	Verificato	8,999
Tempo di interruzione [s]	1	
VT a Ia c.i. [V]	50	

Caduta di tensione [%]			Correnti di guasto [kA]		
Tensione nominale [V]	231		A regime fondo linea, Picco a inizio linea		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco
0	0	4	Fase-N	5,998	5,641
					10,124
Cdt (In)	CdtT (In)		A transitorio fondo linea		
0	0		Ikv max	/_Ikv max [°]	
			5,998	n.c.	



Utenza					
+Esterno.Q00-Q00.04			Sezione Galleria Paramassi		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]					
	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,45		26		1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 26 [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,45		26		Nota: Protezione da valle
Verifica contatti indiretti					
	Verificato		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).		
Ia c.i. [A]	0				
Tempo di interruzione [s]	1				
VT a Ia c.i. [V]	50				
Caduta di tensione [%]			Correnti di guasto [kA]		
Tensione nominale [V]			A regime fondo linea, Picco a inizio linea		
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco
0	0	4	Fase-N	5,998	5,641
					10,124
Cdt (In)	CdT (In)		A transitorio fondo linea		
0	0		Ikv max	I_ikv max [°]	
			5,998	n.c.	

Utenza									
+Esterno.Q00-Q00.05					Sezione Galleria 2				
Coord. Ib < Ins < Iz [A]									
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 26 [A] (sgancio protezione termica)			
Fase	0,9		26			Nota: Protezione da valle			
Neutro	0,9		26						
Verifica contatti indiretti									
	Verificato		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).						
Ia c.i. [A]	0								
Tempo di interruzione [s]	1								
VT a Ia c.i. [V]	50								
Caduta di tensione [%]					Correnti di guasto [kA]				
Tensione nominale [V]					A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max			Max	Min	Picco		
0	0	4			Fase-N	5,998	5,641	10,124	
Cdt (In)					A transitorio fondo linea				
0	0				Ikv max	/ _Ikv max [°]			
					5,998	n.c.			

Utenza									
+Esterno.Q00-Q00.06				Sezione illuminazione pubblica					
Coord. Ib < Ins < Iz [A]									
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 26 [A] (sgancio protezione termica)			
Fase	1,121		26			Nota: Protezione da valle			
Neutro	1,121		26						
Verifica contatti indiretti									
	Verificato		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).						
Ia c.i. [A]	0								
Tempo di interruzione [s]	1								
VT a Ia c.i. [V]	50								
Caduta di tensione [%]					Correnti di guasto [kA]				
Tensione nominale [V]					A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max			Max	Min	Picco		
0	0	4			Fase-N	5,998	5,641	10,124	
					A transitorio fondo linea				
Cdt (In)	CdT (In)				Ikv max	I_ikv max [°]			
0	0				5,998	n.c.			

Utenza											
+Esterno.Q00-Q00.07						Orologio Astronomico					
Coord. Ib < Ins < Iz [A]											
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.02: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)					
Fase	0,048		10								
Neutro	0,048		10								
Verifica contatti indiretti											
	Verificato		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).								
Ia c.i. [A]	0										
Tempo di interruzione [s]	0,4										
VT a Ia c.i. [V]	50										
Caduta di tensione [%]						Correnti di guasto [kA]					
Tensione nominale [V] 231						A regime fondo linea, Picco a inizio linea					
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max				Max	Min	Picco			
0	0	4				Fase-N 5,998	5,641	10,123			
Cdt (In) CdT (In)						A transitorio fondo linea					
0	0					Ikv max 5,998	I_ikv max [°] n.c.				

Utenza						Aux 230Vac	
+Esterno.Q00-Q00.08							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.02: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	0,096		10				
Neutro	0,096		10				
Verifica contatti indiretti							
			Verificato		Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).		
Ia c.i. [A]			0				
Tempo di interruzione [s]			0,4				
VT a Ia c.i. [V]			50				
Caduta di tensione [%]			Correnti di guasto [kA]				
Tensione nominale [V]			231		A regime fondo linea, Picco a inizio linea		
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max					
0	0	4					
Cdt (In)	CdT (In)						
0	0						
			Max			Min	Picco
			Fase-N			5,998	5,641
						10,123	
			A transitorio fondo linea				
			Ikv max		I_ikv max [°]		
			5,998		n.c.		

Utenza

+Esterno.Q00-Q00.09

Galleria 1 | Illuminazione permanente

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,563		16		
Neutro	0,563		16		

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.09: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Ia c.i. [A]	0
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	5,998
	59,999

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.	<	Verificato
160		5641,226

Caduta di tensione [%]

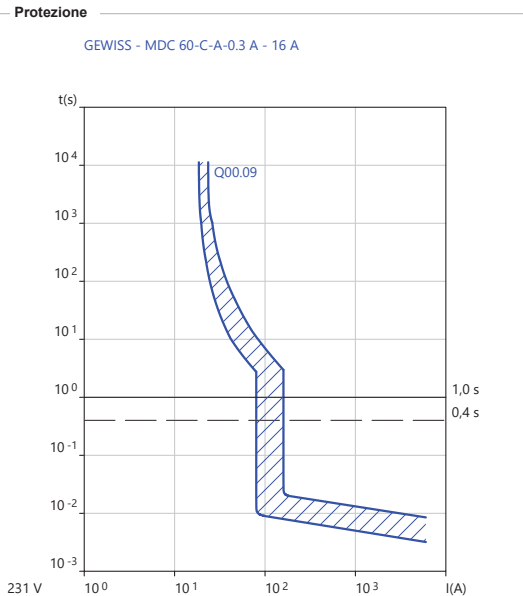
Tensione nominale [V]	231	
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max
0	0	4
Cdt (In)	CdT (In)	
0	0	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Max	Min	Picco	
Fase-N	5,998	5,641	10,123
A transitorio fondo linea			
Ikv max	/_IkV max [°]		
5,998	n.c.		

Protezione

GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 16 A



Utenza

+Esterno.Q00-Q00.10

Galleria 1 | Segnaletica (predisposizione)

Coord. lb < Ins < Iz [A]

lb	<=	Ins	<=	Iz
0		10		10
0		10		

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.10: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

la c.i. [A]

0

Tempo di interruzione [s]

1

VT a la c.i. [V]

50

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea

Verificato

Pdl	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]
6		5,998	59,999

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.

<

Imagmax

100		5641,226
-----	--	----------

Protezione

GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 10 A

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (lb)	CdtT (lb)	Cdt max
0	0	4
Cdt (ln)	CdtT (ln)	
0	0	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

Max	Min	Picco
5,998	5,641	10,123

Fase-N

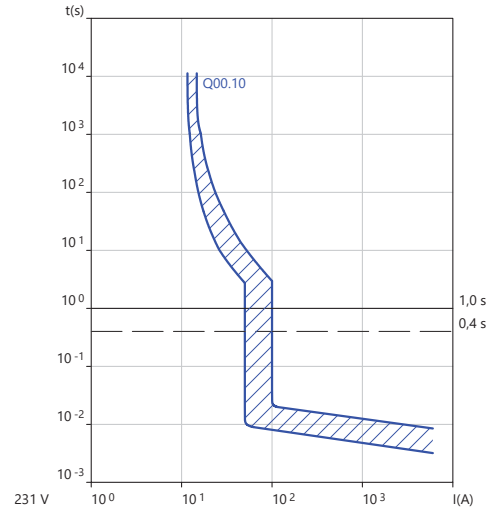
A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
5,998	n.c.

t(s)

Protezione

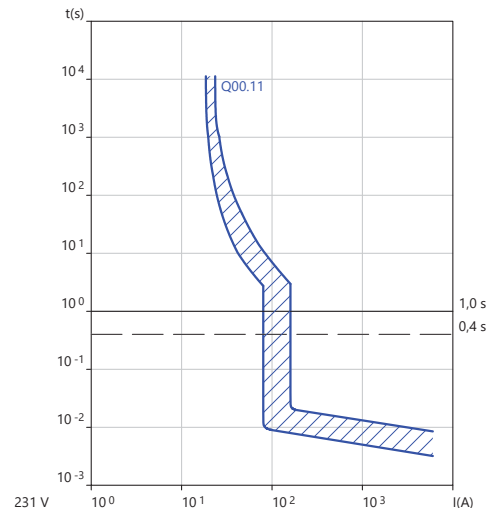
GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 10 A



Utenza				Galleria Paramassi Illuminazione permanente					
+Esterno.Q00-Q00.11									
Coord. lb < Ins < Iz [A]				1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)					
Fase	lb	<=	Ins	<=	Iz				
	0,45		16		16				
Neutro	0,45		16						
Verifica contatti indiretti				Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).					
la c.i. [A]				Verificato					
Tempo di interruzione [s]				1					
VT a la c.i. [V]				50					
Potere di interruzione [kA]				Sg. mag.<Imagmax [A]					
A transitorio inizio linea				Verificato					
Pdl	>=	Ikm max	/_Ikm max [°]	Sg. mag.	<	Imagmax			
6		5,998	59,999	160		5641,226			
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]					
Tensione nominale [V]				A regime fondo linea, Picco a inizio linea					
Cdt (lb)	CdtT (lb)	Cdt max		Max	Min	Picco			
0	0	4		Fase-N	5,998	5,641	10,123		
Cdt (ln)	CdtT (ln)			A transitorio fondo linea					
0	0			Ikv max	/_Ikv max [°]				
				5,998	n.c.				

Protezione

GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 16 A



Utenza

+Esterno.Q00-Q00.12

Galleria Paramassi | Segnaletica (predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0	10		
Neutro	0	10		

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.12: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Ia c.i. [A]

Tempo di interruzione [s]

VT a Ia c.i. [V]

Verificato

0

1

50

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea	Verificato
PdI >= Ikmax	/ Ikmax max [°]
6	5,998
	59,999

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.	<	Imagmax
100		5641,226

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	231
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)
0	0
	4
Cdt (In)	CdtT (In)
0	0

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Max	Min	Picco	
Fase-N	5,998	5,641	10,123
A transitorio fondo linea			
Ikmax	/ Ikmax max [°]		
5,998	n.c.		

Protezione

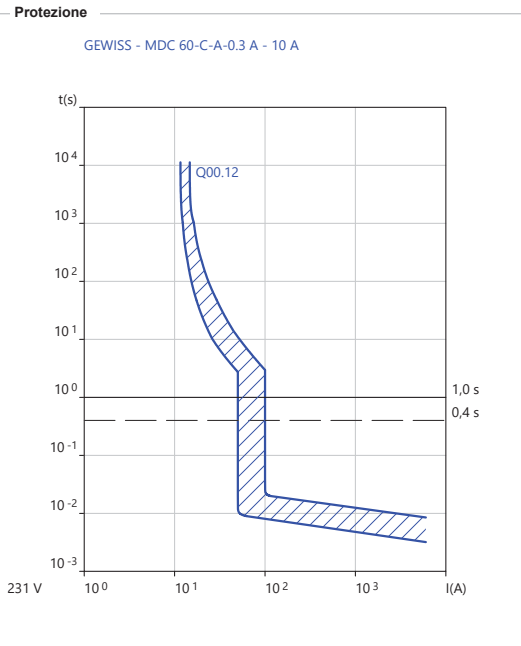
GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 10 A

t(s)

10⁴

10³

Q00.12



Utenza

+Esterno.Q00-Q00.13

Galleria 2 | Illuminazione permanente

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,9	16		
Neutro	0,9	16		

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Ia c.i. [A]

0

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 >= Ikmax

/ Ikmax max [°]

6

5,998

59,999

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.

<

Imagmax

Verificato

5641,226

160

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (Ib)

CdT (Ib)

0

0

4

Cdt (In)

CdT (In)

0

0

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

Max

Min

Picco

Fase-N

5,998

5,641

10,123

A transitorio fondo linea

Ikmax

/ Ikmax max [°]

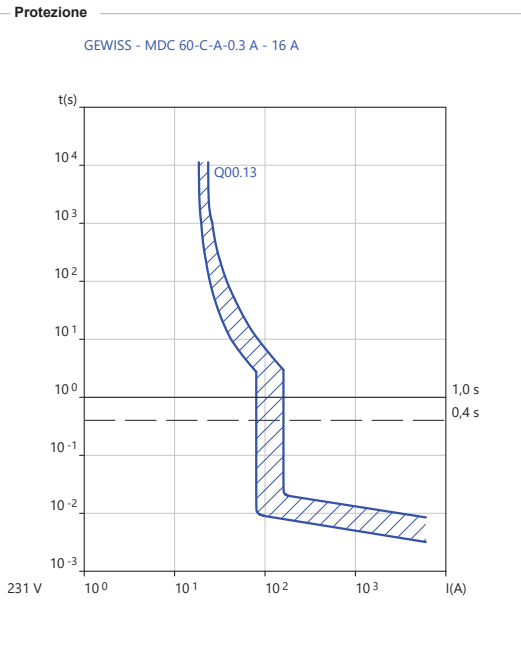
5,998

n.c.

Protezione

GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 16 A

t(s)



Utenza

+Esterno.Q00-Q00.14

Galleria 2 | Segnaletica (predisposizione)

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

Ib<=InsIz

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.14: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)

Fase010

Neutro010

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Ia c.i. [A]0

Tempo di interruzione [s]1

VT a Ia c.i. [V]50

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio lineaVerificato

PdI>=Ikm max/I_km max [°]5,99859,999

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag.<Imagmax5641,226

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]231

Cdt (Ib)CdtT (Ib)Cdt max004

Cdt (In)CdtT (In)00

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

Fase-NMaxMinPicco5,9985,64110,123

A transitorio fondo linea

Ikv max/I_kv max [°]5,998n.c.

Protezione

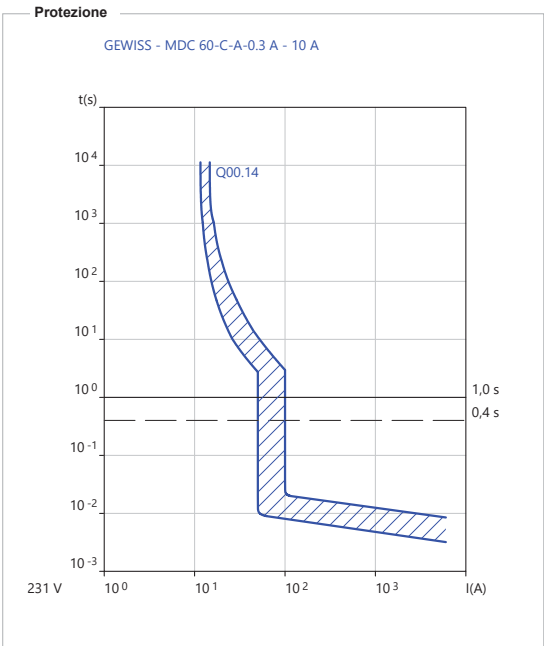
GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 10 A

t(s)

104

103

Q00.14



Utenza

+Esterno.Q00-Q00.15

Illuminazione pubblica | Circuiti illuminazione

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

Ib<=Ins<=Iz

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Fase

0,818

16

Neutro

0,818

16

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza in quadro (definita protetta ai contatti indiretti).

Ia c.i. [A]

0

Tempo di interruzione [s]

1

VT a Ia c.i. [V]

50

Potere di interruzione [kA]

A transitorio inizio linea

Verificato

PdI >= Ikm max / Ikm max [°]

6

5,998

59,999

Sg. mag.<Imagmax [A]

Sg. mag. < Imagmax

160

5641,226

Protezione

GEWISS - MDC 60-C-A-0.3 A - 16 A

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

CdT (Ib) CdT (Ib) CdT max

0

0

4

CdT (In) CdT (In)

0

0

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

Max Min Picco

Fase-N

5,998

5,641

10,123

A transitorio fondo linea

Ikv max / Ikv max [°]

5,998

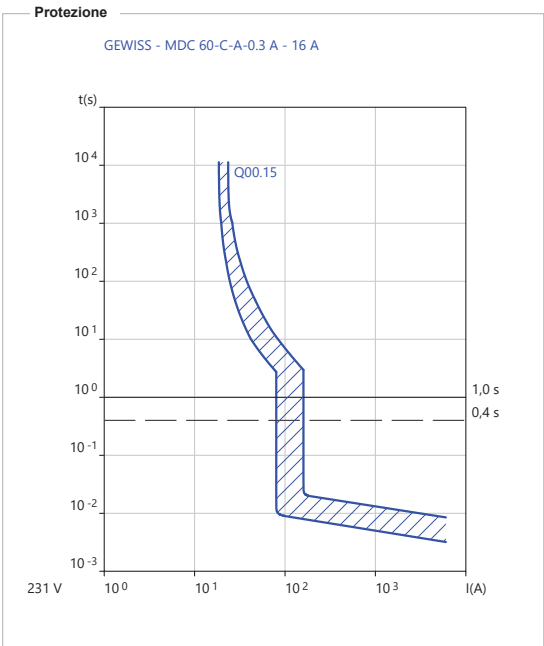
n.c.

t(s)

10⁴

10³

Q00.15





Utenza			
+Esterno.Q00-Q00.18		Galleria Paramassi Linea montante	
Coord. Ib < Ins < Iz [A]			
	Ib	<=	Ins <= Iz
Fase	0,45	16	39
Neutro	0,45	16	39
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)			
Verifica contatti indiretti			
	Verificato	Utenza con grado di protezione di classe II.	
Ia c.i. [A]	Classe II		
Tempo di interruzione [s]	1		
VT a Ia c.i. [V]	50		
Cavo			
Designazione	FG16OM16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1		
Formazione	2x4		
Lunghezza linea [m]	120		
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	32 <= 90
K²S²>P²t [A²s]			
	Verificato		
K²S² conduttore fase	3,272*10⁵		
K²S² neutro	3,272*10⁵		
Caduta di tensione [%]			
Tensione nominale [V]	231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	
0,246	0,246	10	
Cdt (In)	CdtT (In)		
10,052	10,489		
Correnti di guasto [kA]			
A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,192	0,096	10,123
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	I_ikv max [°]	
	0,192	n.c.	

Utenza			
+Esterno.Q00-Q00.19		Galleria 2 Linea montante	
Coord. Ib < Ins < Iz [A]			
	Ib	<=	Ins <= Iz
Fase	0,9	16	39
Neutro	0,9	16	39
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)			
Verifica contatti indiretti			
	Verificato	Utenza con grado di protezione di classe II.	
Ia c.i. [A]	Classe II		
Tempo di interruzione [s]	1		
VT a Ia c.i. [V]	50		
Cavo			
Designazione	FG16OM16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1		
Formazione	2x4		
Lunghezza linea [m]	145		
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	32 <= 90
K²S²>Pt [A²s]			
	Verificato		
K²S² conduttore fase	3,272*10⁵		
K²S² neutro	3,272*10⁵		
Caduta di tensione [%]			
Tensione nominale [V]	231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	
0,517	0,517	10	
Cdt (In)	CdtT (In)		
12,238	12,675		
Correnti di guasto [kA]			
A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,159	0,079	10,123
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/ _Ikv max [°]	
	0,159	n.c.	

Utenza						Illuminazione pubblica Linea faretti archi					
+Esterno.Q00-Q00.22											
Coord. Ib < Ins < Iz [A]						1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)					
	Ib	<=	Ins	<=	Iz						
Fase	0,303		10		30						
Neutro	0,303		10		30						
Verifica contatti indiretti											
Verificato						Utenza con grado di protezione di classe II.					
Classe II											
Ia c.i. [A]											
Tempo di interruzione [s]	1										
VT a Ia c.i. [V]	50										
Cavo											
Designazione	FG16OM16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1					Verificato					
Formazione	2x2.5					K²S² conduttore fase 1,278*10⁵					
Lunghezza linea [m]	135					K²S² neutro 1,278*10⁵					
Temperatura cavo a Ib [°C]	20	<=	20	<=	90						
Temperatura cavo a In [°C]	20	<=	28	<=	90						
Caduta di tensione [%]											
Tensione nominale [V] 231						Correnti di guasto [kA]					
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max				A regime fondo linea, Picco a inizio linea					
0,292	0,292	10				Max Min Picco					
Cdt (In)	CdtT (In)					Fase-N 0,107 0,053 10,123					
11,623	11,887					A transitorio fondo linea					
						IkV max I_ikV max [°]					
						0,107 n.c.					

Utenza						+Esterno.ES-ES.00						Proiettore 1						
Coord. Ib < Ins < Iz [A]																		
		Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)											
Fase		0,117		16		25												
Neutro		0,117		16		25												
Verifica contatti indiretti																		
		Verificato				Utenza non collegata ad una massa.												
Ia c.i. [A]		0																
Tempo di interruzione [s]		0,4																
VT a Ia c.i. [V]		50																
Cavo																		
Designazione		FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3																
Formazione		2x2.5																
Lunghezza linea [m]		10																
Temperatura cavo a Ib [°C]		30	<=	30	<=	90												
Temperatura cavo a In [°C]		30	<=	55	<=	90												
K²S²>Pt [A²s]																		
		Verificato																
K²S² conduttore fase		1,278*10 ⁵																
K²S² neutro		1,278*10 ⁵																
Caduta di tensione [%]																		
Tensione nominale [V]		231																
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max															
0,01		0,049	10,5															
Cdt (In)		CdtT (In)																
1,409		3,157																
Correnti di guasto [kA]																		
A regime fondo linea, Picco a inizio linea																		
		Max	Min		Picco													
Fase-N		0,612	0,311		0													
A transitorio fondo linea																		
		Ikv max	/ _Ikv max [°]															
		0,612	n.c.															

Utenza

+Esterno.ES-ES.01

Proiettore 2

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,117		16		25
Neutro	0,117		16		25

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza non collegata ad una massa.

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

Cavo

Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3
Formazione	2x2.5
Lunghezza linea [m]	10
Temperatura cavo a Ib [°C]	30 <= 30 <= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30 <= 55 <= 90

K²S²>Pt [A²s]

	Verificato
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵
K²S² neutro	1,278*10 ⁵

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]	231	
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max
0,01	0,087	10,5
Cdt (In)	CdtT (In)	
1,409	5,779	

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
	Max	Min	Picco
Fase-N	0,344	0,172	0
A transitorio fondo linea			
	Ikv max	/ _IkV max [°]	
	0,344	n.c.	

Utenza				
+Esterno.ES-ES.02		Proiettore 3		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,117	16		25
Neutro	0,117	16		25
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3			
Formazione	2x2.5			
Lunghezza linea [m]	10			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	55	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,139	0,069	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,139	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,01	0,151	10,5		
Cdt (In)	CdtT (In)			
1,409	14,521			

Utenza				
+Esterno.ES-ES.03		Proiettore 4		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,117	16		25
Neutro	0,117	16		25
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3			
Formazione	2x2.5			
Lunghezza linea [m]	10			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	55	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,148	0,074	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,148	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]		231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,01	0,368	10,5		
Cdt (In)	CdtT (In)			
1,409	13,646			

Utenza				
+Esterno.ES-ES.04		Proiettore 5		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,117	16		25
Neutro	0,117	16		25
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3			
Formazione	2x2.5			
Lunghezza linea [m]	10			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30 <= 30 <= 90			
Temperatura cavo a In [°C]	30 <= 55 <= 90			
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase		1,278*10 ⁵		
K²S² neutro		1,278*10 ⁵		
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,125	0,062	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,125	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]		231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,01	0,425	10,5		
Cdt (In)	CdtT (In)			
1,409	16,269			

Utenza

+Esterno.ES-ES.05

Proiettore 6

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

	Ib	<=	Ins	<=	Iz
Fase	0,117		16		25
Neutro	0,117		16		25

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza non collegata ad una massa.

Ia c.i. [A]

0

Tempo di interruzione [s]

0,4

VT a Ia c.i. [V]

50

Cavo

Designazione

FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3

Formazione

2x2.5

Lunghezza linea [m]

10

Temperatura cavo a Ib [°C]

30 <= 30 <= 90

Temperatura cavo a In [°C]

30 <= 55 <= 90

K²S²>Pt [A²s]

Verificato

K²S² conduttore fase

1,278*10⁵

K²S² neutro

1,278*10⁵

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (Ib)

CdtT (Ib)

Cdt max

0,01

0,451

10,5

Cdt (In)

CdtT (In)

1,409

18,017

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

	Max	Min	Picco
Fase-N	0,113	0,056	0

A transitorio fondo linea

Ikv max	/_Ikv max [°]
0,113	n.c.

Utenza				
+Esterno.ES-ES.06		Proiettore 7		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,117	16		25
Neutro	0,117	16		25
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.15: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16OR16 0.6/1 kV Cca-s3,d1,a3			
Formazione	2x2.5			
Lunghezza linea [m]	10			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	55	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,113	0,056	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,113	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,01	0,451	10,5		
Cdt (In)	CdtT (In)			
1,409	18,017			

Utenza				Proiettore 1			
+Esterno.ES-ES.07							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	0,03		10		19		
Neutro	0,03		10		19		
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000		0,233	10	Fase-N	0,162	0,081	0
Cdt (In)		CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147		7,807		Ikv max	/ _Ikv max [°]		
				0,162	n.c.		

Utenza				Proiettore 2			
+Esterno.ES-ES.08							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	0,03		10		19		
Neutro	0,03		10		19		
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000		0,245	10	Fase-N	0,153	0,076	0
Cdt (In)		CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147		8,248		IkV max	/ _IkV max [°]		
				0,153	n.c.		

Utenza				Proiettore 3			
+Esterno.ES-ES.09							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)		
Fase	0,03	10		19			
Neutro	0,03	10		19			
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V] 231				A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	Cdt (Ib)	Cdt max		Max	Min	Picco	
0,000	0,255	10		Fase-N	0,145	0,072	0
Cdt (In)	Cdt (In)			A transitorio fondo linea			
0,147	8,688			Ikv max	/ _Ikv max [°]		
				0,145	n.c.		

Utenza				Proiettore 4			
+Esterno.ES-ES.10							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=		Ins	<=	Iz	
Fase	0,03			10		19	
Neutro	0,03			10		19	
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)							
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000	0,265	10		Fase-N	0,139	0,069	0
Cdt (In)		CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147	9,128			IkV max	/ _IkV max [°]		
				0,139	n.c.		

Utenza				Proiettore 5			
+Esterno.ES-ES.11							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	0,03		10		19		
Neutro	0,03		10		19		
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000		0,273	10	Fase-N	0,132	0,066	0
Cdt (In)		CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147		9,568		Ikv max	/ _IkV max [°]		
				0,132	n.c.		

Utenza				Proiettore 6			
+Esterno.ES-ES.12							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	0,03		10		19		
Neutro	0,03		10		19		
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000		0,279	10	Fase-N	0,126	0,063	0
Cdt (In)		CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147		10,009			Ikv max	/ _Ikv max [°]	
					0,126	n.c.	

Utenza					Proiettore 7	
+Esterno.ES-ES.13						
Coord. Ib < Ins < Iz [A]						
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	
Fase	0,03		10		19	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,03		10		19	
Verifica contatti indiretti						
Verificato					Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0					
Tempo di interruzione [s]	0,4					
VT a Ia c.i. [V]	50					
Cavo			K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato		
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴		
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴		
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90	
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90	
Caduta di tensione [%]			Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V] 231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000	0,285	10	Fase-N 0,121	0,06	0	
Cdt (In)	CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147	10,449		Ikv max 0,121	/ _IkV max [°] n.c.		

Utenza					Proiettore 8	
+Esterno.ES-ES.14						
Coord. Ib < Ins < Iz [A]						
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	
Fase	0,03		10		19	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,03		10		19	
Verifica contatti indiretti						
Verificato					Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0					
Tempo di interruzione [s]	0,4					
VT a Ia c.i. [V]	50					
Cavo			K²S²>P _t [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato		
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10 ⁴		
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10 ⁴		
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90	
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90	
Caduta di tensione [%]			Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V] 231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000	0,289	10	Fase-N 0,116	0,058	0	
Cdt (In)	CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147	10,889		Ik _v max 0,116	I __ Ik _v max [°] n.c.		

Utenza				Proiettore 9			
+Esterno.ES-ES.15							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=	Ins	<=	Iz	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)	
Fase	0,03		10		19		
Neutro	0,03		10		19		
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)		CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,000	0,291	10		Fase-N	0,112	0,056	0
Cdt (In)		CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,147	11,329			Ikv max	/ _IkV max [°]		
				0,112	n.c.		

Utenza				Proiettore 10			
+Esterno.ES-ES.16							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]							
	Ib	<=		Ins	<=	Iz	
Fase	0,03			10		19	1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.16: Ins = 10 [A] (sgancio protezione termica)
Neutro	0,03			10		19	
Verifica contatti indiretti							
Verificato				Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]	0						
Tempo di interruzione [s]	0,4						
VT a Ia c.i. [V]	50						
Cavo				K²S²>Pt [A²s]			
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			Verificato			
Formazione	2x(1x1.5)			K²S² conduttore fase 4,601*10⁴			
Lunghezza linea [m]	1			K²S² neutro 4,601*10⁴			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<=	90		
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	47	<=	90		
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V]	231			A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		Max	Min	Picco	
0,000	0,293	10		Fase-N	0,108	0,054	0
Cdt (In)	CdtT (In)			A transitorio fondo linea			
0,147	11,77			IkV max	/ _IkV max [°]		
				0,108	n.c.		

Utenza				
+Galleria 1.G1-G1.00		Proiettore 1		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.09: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
	Verificato	Utenza non collegata ad una massa.		
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
	Verificato			
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	Cdt (Ib)	Cdt max		
0,001	0,109	10		
Cdt (In)	Cdt (In)			
0,141	3,2			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,604	0,307	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	I_ikv max [°]		
	0,604	n.c.		

Utenza				
+Galleria 1.G1-G1.01		Proiettore 2		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.09: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
	Verificato	Utenza non collegata ad una massa.		
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
	Verificato			
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	Cdt (Ib)	Cdt max		
0,001	0,133	10		
Cdt (In)	Cdt (In)			
0,141	4,074			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,481	0,243	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	I_ikv max [°]		
	0,481	n.c.		

Utenza						Proiettore 3					
+Galleria 1.G1-G1.02											
Coord. Ib < Ins < Iz [A]						1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.09: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)					
Fase	Ib	<=	Ins	<=	Iz						
	0,113		16		26						
Neutro	0,113		16		26						
Verifica contatti indiretti						Utenza non collegata ad una massa.					
						Verificato					
Ia c.i. [A]						0					
Tempo di interruzione [s]						0,4					
VT a Ia c.i. [V]						50					
Cavo						K²S²>P²t [A²s]					
Designazione FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1						Verificato					
Formazione 2x(1x2.5)						K²S² conduttore fase 1,278*10 ⁵					
Lunghezza linea [m] 1						K²S² neutro 1,278*10 ⁵					
Temperatura cavo a Ib [°C] 30 <= 30 <= 90											
Temperatura cavo a In [°C] 30 <= 53 <= 90											
Caduta di tensione [%]						Correnti di guasto [kA]					
Tensione nominale [V] 231						A regime fondo linea, Picco a inizio linea					
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max				Max	Min	Picco			
0,001	0,152	10				Fase-N 0,399	0,201	0			
Cdt (In)	CdT (In)					A transitorio fondo linea					
0,141	4,949					Ikv max	I_ikv max [°]				
						0,399	n.c.				

Utenza				Proiettore 4			
+Galleria 1.G1-G1.03							
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.09: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)			
Fase	Ib	<=	Ins	<=	Iz		
	0,113		16		26		
Neutro	0,113		16		26		
Verifica contatti indiretti				Utenza non collegata ad una massa.			
				Verificato			
Ia c.i. [A]				0			
Tempo di interruzione [s]				0,4			
VT a Ia c.i. [V]				50			
Cavo				K²S²>P²t [A²s]			
Designazione FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1				Verificato			
Formazione 2x(1x2.5)				K²S² conduttore fase 1,278*10 ⁵			
Lunghezza linea [m] 1				K²S² neutro 1,278*10 ⁵			
Temperatura cavo a Ib [°C] 30 <= 30 <= 90							
Temperatura cavo a In [°C] 30 <= 53 <= 90							
Caduta di tensione [%]				Correnti di guasto [kA]			
Tensione nominale [V] 231				A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	CdT (Ib)	Cdt max		Max	Min	Picco	
0,001	0,164	10		Fase-N 0,341	0,171	0	
Cdt (In)	CdT (In)			A transitorio fondo linea			
0,141	5,823			Ikv max	I_ikv max [°]		
				0,341	n.c.		

Utenza				
+Galleria 1.G1-G1.04		Proiettore 5		
Coord. Ib <= Ins <= Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.09: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,298	0,149	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,298	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	Cdt (Ib)	Cdt max		
0,001	0,17	10		
Cdt (In)	Cdt (In)			
0,141	6,697			

Utenza				
+Galleria Paramassi.GP-GP.00		Proiettore 1		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,264	0,132	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,264	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]		231		
Cdt (Ib)	Cdt (Ib)	Cdt max		
0,001	0,21	10		
Cdt (In)	Cdt (In)			
0,141	7,571			

Utenza

+Galleria Paramassi.GP-GP.01

Proiettore 2

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

Ib

<=

Ins

<=

Iz

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Fase

0,113

16

26

Neutro

0,113

16

26

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza non collegata ad una massa.

Ia c.i. [A]

0

Tempo di interruzione [s]

0,4

VT a Ia c.i. [V]

50

Cavo

Designazione

FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1

Formazione

2x(1x2.5)

Lunghezza linea [m]

1

Temperatura cavo a Ib [°C]

30 <= 30 <= 90

Temperatura cavo a In [°C]

30 <= 53 <= 90

K²S²>P²t [A²s]

Verificato

K²S² conduttore fase

1,278*10⁵

K²S² neutro

1,278*10⁵

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (Ib)

CdT (Ib)

Cdt max

0,001

0,229

10

Cdt (In)

CdT (In)

0,141

8,445

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

Max

Min

Picco

Fase-N

0,237

0,119

0

A transitorio fondo linea

Ikv max

/_Ikv max [°]

0,237

n.c.

Utenza

+Galleria Paramassi.GP-GP.02

Proiettore 3

Coord. Ib < Ins < Iz [A]

Ib<=Ins<=Iz

1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)

Fase

0,1131626

Neutro

0,1131626

Verifica contatti indiretti

Verificato

Utenza non collegata ad una massa.

Ia c.i. [A]

0

Tempo di interruzione [s]

0,4

VT a Ia c.i. [V]

50

Cavo

Designazione

FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1

Formazione

2x(1x2.5)

Lunghezza linea [m]

1

Temperatura cavo a Ib [°C]

30<=30<=90

Temperatura cavo a In [°C]

30<=53<=90

K²S²>Pt [A²s]

Verificato

K²S² conduttore fase1,278*10⁵

K²S² neutro1,278*10⁵

Caduta di tensione [%]

Tensione nominale [V]

231

Cdt (Ib)

CdtT (Ib)

Cdt max

0,001

0,241

10

Cdt (In)

CdtT (In)

0,141

9,319

Correnti di guasto [kA]

A regime fondo linea, Picco a inizio linea

Max

Min

Picco

Fase-N

0,216

0,108

0

A transitorio fondo linea

Ikv max

/_Ikv max [°]

0,216

n.c.

Utenza				
+Galleria Paramassi.GP-GP.03			Proiettore 4	
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.11: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
			Verificato	Utenza non collegata ad una massa.
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
			Verificato	
K²S² conduttore fase			1,278*10 ⁵	
K²S² neutro			1,278*10 ⁵	
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]		231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,247	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	10,193			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,197	0,098	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,197	n.c.		

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.00			Proiettore 1	
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
			Verificato	Utenza non collegata ad una massa.
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
			Verificato	
K²S² conduttore fase			1,278*10 ⁵	
K²S² neutro			1,278*10 ⁵	
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]		231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,345	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	6,26			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,318	0,159	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,318	n.c.		

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.01		Proiettore 2		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
	Verificato	Utenza non collegata ad una massa.		
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
	Verificato			
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,28	0,14	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	I_ikv max [°]		
	0,28	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,388	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	7,134			

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.02		Proiettore 3		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
	Verificato	Utenza non collegata ad una massa.		
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
	Verificato			
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,25	0,125	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,25	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	Cdt (Ib)	Cdt max		
0,001	0,425	10		
Cdt (In)	Cdt (In)			
0,141	8,008			

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.03		Proiettore 4		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,456	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	8,882			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,226	0,113	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,226	n.c.		

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.04		Proiettore 5		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,481	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	9,756			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,206	0,103	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,206	n.c.		

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.05		Proiettore 6		
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,189	0,094	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,189	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]		231		
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,499	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	10,63			

Utenza				
+Galleria 2.G2-G2.06			Proiettore 7	
Coord. Ib < Ins < Iz [A]				
	Ib	<=	Ins	<= Iz
Fase	0,113		16	26
Neutro	0,113		16	26
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)				
Verifica contatti indiretti				
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.	
Ia c.i. [A]	0			
Tempo di interruzione [s]	0,4			
VT a Ia c.i. [V]	50			
Cavo				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1			
Formazione	2x(1x2.5)			
Lunghezza linea [m]	1			
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<=	30	<= 90
Temperatura cavo a In [°C]	30	<=	53	<= 90
K²S²>Pt [A²s]				
		Verificato		
K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵			
K²S² neutro	1,278*10 ⁵			
Correnti di guasto [kA]				
A regime fondo linea, Picco a inizio linea				
	Max	Min	Picco	
Fase-N	0,175	0,087	0	
A transitorio fondo linea				
	Ikv max	/ _Ikv max [°]		
	0,175	n.c.		
Caduta di tensione [%]				
Tensione nominale [V]	231			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max		
0,001	0,511	10		
Cdt (In)	CdtT (In)			
0,141	11,504			

Utenza						
+Galleria 2.G2-G2.07		Proiettore 8				
Coord. Ib < Ins < Iz [A]						
Ib	<=	Ins	<=	Iz		
Fase	0,113	16		26		
Neutro	0,113	16		26		
1) Utenza +Esterno.Q00-Q00.13: Ins = 16 [A] (sgancio protezione termica)						
Verifica contatti indiretti						
		Verificato	Utenza non collegata ad una massa.			
Ia c.i. [A]		0				
Tempo di interruzione [s]		0,4				
VT a Ia c.i. [V]		50				
Cavo		K²S²>P²t [A²s]				
Designazione	FG16M16 0.6/1 kV Cca-s1b,d1,a1		Verificato			
Formazione	2x(1x2.5)		K²S² conduttore fase	1,278*10 ⁵		
Lunghezza linea [m]	1		K²S² neutro	1,278*10 ⁵		
Temperatura cavo a Ib [°C]	30	<= 30	<= 90			
Temperatura cavo a In [°C]	30	<= 53	<= 90			
Caduta di tensione [%]		Correnti di guasto [kA]				
Tensione nominale [V]	231		A regime fondo linea, Picco a inizio linea			
Cdt (Ib)	CdtT (Ib)	Cdt max	Max	Min	Picco	
0,001	0,518	10	Fase-N	0,163	0,081	0
Cdt (In)	CdtT (In)		A transitorio fondo linea			
0,141	12,378		Ikv max	I_ikv max [°]		
			0,163	n.c.		

ALLEGATO 2
RELAZIONE DI CALCOLO CON VERIFICHE
ILLUMINOTECNICHE

GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m

Impianto : interdistanza tipica 10m

Numero progetto : PR24-196-LDD-A0

Cliente :

Autore : Lighting Consultant - Leonardo Dei

Data : 29.02.2024

I seguenti valori si basano su calcoli esatti di lampade e punti luce tarati e sulla loro disposizione. Nella realtà potranno verificarsi differenze graduali. Resta escluso qualunque diritto di garanzia per i dati dei punti luce. Il produttore non si assume alcuna responsabilità per danni anche parziali derivanti all'utente o a terzi.

Questa clausola di esclusione della responsabilità è valida per qualsiasi motivo giuridico e comprende in particolare anche la responsabilità per il personale ausiliario.

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



RELUX®

Sommario

Copertina	1
Sommario	2
1 Dati punti luce	
1.1 AEC ILLUMINAZIONE SRL, T-LED3 2U12 SS-6W 4.33... (T-LED3 2U12 SS-...)	
1.1.1 Pagina dati	3
2 Tunnel	
2.1 Descrizione, Tunnel	
2.1.1 Dati del progetto	4
2.1.2 Elenco punti luce	6
2.1.3 Pianta	7
2.2 Risultati calcolo, Tunnel	
2.2.1 Panoramica dei risultati, Int.1	8
2.3 Risultati calcolo, Tunnel	
2.3.1 Tabella, Interno (E), Int.1	9
2.3.2 Tabella, Interno (L), Int.1, Beo.1	10
2.3.3 Tabella, Interno (E), Parete destra, Int.1	11
2.3.4 Tabella, Interno (L), Parete destra, Int.1, Beo.1	12
2.3.5 Tabella, Interno (E), Parete sinistra, Int.1	13
2.3.6 Tabella, Interno (L), Parete sinistra, Int.1, Beo.1	14

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



1 Dati punti luce

1.1 AEC ILLUMINAZIONE SRL, T-LED3 2U12 SS-6W 4.33... (T-LED3 2U12 SS-...)

1.1.1 Pagina dati

Marca: AEC ILLUMINAZIONE SRL

T-LED3 2U12 SS-6W 4.33-2M

T-LED3 2U12 SS-6W 4.33-2M

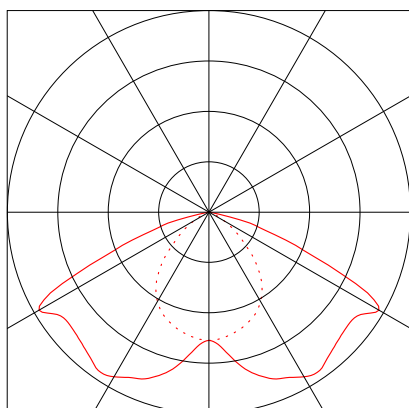
Dati punti luce

Rendimento punto luce : 100%
Rendimento punto luce : 133.46 lm/W
Classificazione : A40 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes : 45 82 99 100 100
UGR 4H 8H : 31.4 / 22.8
Potenza : 26 W
Flusso luminoso : 3470 lm

Sorgenti:

Quantità : 1
Nome : L-TLED3-2U12-4000-330-2
Temp. Di Colore : 4000
Flusso luminoso : 3470 lm
Resa cromatica : 70

Dimensioni : 340 mm x 390 mm x 130 mm



Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024

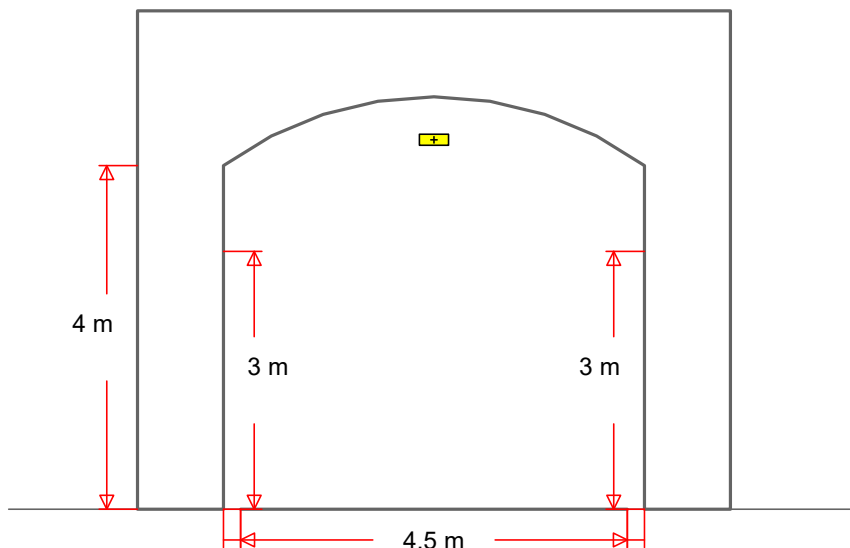


RELUX®

2 Tunnel

2.1 Descrizione, Tunnel

2.1.1 Dati del progetto



Geometria tunnel

Lunghezza del tunnel (reale) : 100 m
Lunghezza del tunnel (calcolata) : 100 m
Altezza del tunnel : 4 m

Larghezza della carreggiata : 4.5 m
Numero di corsie : 1
Rivestimento / materiale : CIE C2, $q_0 = 0.056$

Striscia di margine di sinistra : 0.2 m Striscia di margine di destra : 0.2 m

Altezza parete (destra) : 3 m Altezza parete (sinistra) : 3 m
Rivestimento / materiale : diffus 30% Rivestimento / materiale : diffus 30%

Impostazioni di calcolo

Velocità : 30 km/h
Lunghezza della corsia d'entrata : -- m
Luminanza area entrata : --- cd/m^2
Luminanza area interna : 2 cd/m^2

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2 Tunnel

2.1 Descrizione, Tunnel

2.1.1 Dati del progetto

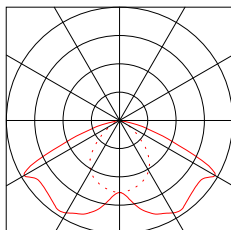
CDL in uso

1



AEC ILLUMINAZIONE SRL

Codice : T-LED3 2U12 SS-6W 4.33-2M
Nome punto luce : T-LED3 2U12 SS-6W 4.33-2M
Sorgenti : 1 x L-TLED3-2U12-4000-330-2M-70-25 26 W / 3470 lm
Fattore di manut. : 0.80



Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024

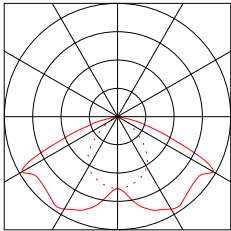


2.1 Descrizione, Tunnel

2.1.2 Elenco punti luce

Transito
CDL in uso

- 1
- AEC ILLUMINAZIONE SRL**
Codice : T-LED3 2U12 SS-6W 4.33-2M
Nome punto luce : T-LED3 2U12 SS-6W 4.33-2M
Sorgenti : 1 x L-TLED3-2U12-4000-330-2M-70-25 26 W / 3470 lm
Fattore di manut. : 0.80



Fila di armature stradali: Fila 1.1

Numero di punti luce: 11
Potenza del sistema (totale): 0.3kW (0.10 km)
Posizione di base: x=0.00m y=2.25m, z=4.30m
Distanza costante: 10.00m
Rotazione: z=0.0° C0=0.0° C90=0.0°
Frequenza di sfarfallamento (v=30 km/h): 0.8 Hz

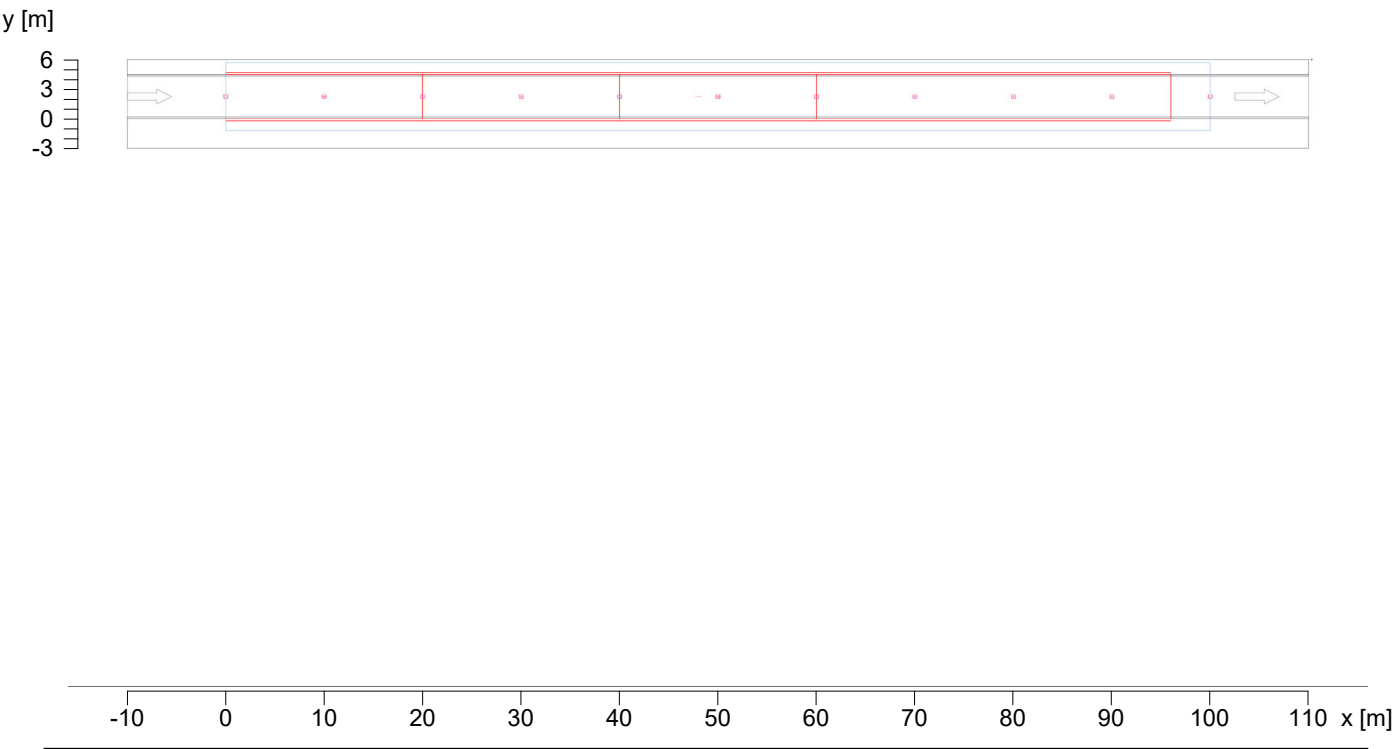
Nr.	Pos. X[m]	livello di pot.	gruppo	S1	Int.1
1	0.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
2	10.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
3	20.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
4	30.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
5	40.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
6	50.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
7	60.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
8	70.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
9	80.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
10	90.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%
11	100.00	26W / 3.47klm	2	100%	100%

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2.1 Descrizione, Tunnel

2.1.3 Pianta



Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2 Tunnel

2.2 Risultati calcolo, Tunnel

2.2.1 Panoramica dei risultati, Int.1

Passo di regolazione: Int.1

Adattamento

1: 0%

Transito

2: 100%

Interno, Corsia interna

Campo di misurazione: 40.00 m - 60.00 m Punti: nx = 10, ny = 3, nz = 3

Osservatore (coordinate iniziali) : x = -20.00 m; z = 1.50 m dx = 61.00 m (fisso)

y = 2.25 m

Carreggiata (CIE C2, q0 = 0.056)

\bar{L}_m : 2.01 cd/m²

U_o L_{min}/ \bar{L}_m : 0.80 0.5

U_l L_{l,min}/L_{l,max} : 0.84 0.7

f_{TI,max} Max. : 6 % 15

Parete sinistra (diffus 30%)

\bar{L}_m : 2.26 cd/m²

U_o L_{min}/ \bar{L}_m : 0.80

Parete destra (diffus 30%)

\bar{L}_m : 2.26 cd/m²

U_o L_{min}/ \bar{L}_m : 0.80

Illuminamento

Carreggiata

\bar{E}_m : 39.15 lx

U_o E_{min}/ \bar{E}_m : 0.77

Parete sinistra

\bar{E}_m : 23.64 lx

U_o E_{min}/ \bar{E}_m : 0.80

Parete destra

\bar{E}_m : 23.64 lx

U_o E_{min}/ \bar{E}_m : 0.80

qc: calcolo del grado di riflessione orientato all'ndietro.

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024

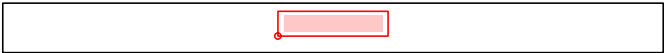


2 Tunnel

2.3 Risultati calcolo, Tunnel

2.3.1 Tabella, Interno (E), Int.1

[m]											
	3.75	39.2	37.4	(30.1)	37.4	39.2	39.2	37.4	(30.1)	37.4	39.2
	2.25	[51.7]	42.6	32	42.6	[51.7]	[51.7]	42.6	32	42.6	[51.7]
	0.75	39.2	37.4	(30.1)	37.4	39.2	39.2	37.4	(30.1)	37.4	39.2
		41.00	43.00	45.00	47.00	49.00	51.00	53.00	55.00	57.00	59.00
		Illuminamento [lx]									



Altezza del piano di riferimento		: 0.00 m
Illuminamento medio	\bar{E}_m	: 39.1 lx
Illuminamento minimo	E_{min}	: 30.1 lx
Illuminamento massimo	E_{max}	: 51.7 lx
Uniformità U_o	E_{min}/\bar{E}_m	: 1 : 1.3 (0.77)
Uniformità U_d	E_{min}/E_{max}	: 1 : 1.72 (0.58)

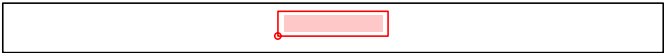
Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2.3 Risultati calcolo, Tunnel

2.3.2 Tabella, Interno (L), Int.1, Beo.1

[m]										
3.75	1.67	1.85	1.73	1.87	1.62	1.68	1.86	1.73	1.86	(1.61)
2.25	2.53	[2.77]	2.47	2.55	2.34	2.53	2.76	2.46	2.54	2.33
0.75	1.67	1.85	1.73	1.87	1.62	1.68	1.86	1.73	1.86	(1.61)
	41.00	43.00	45.00	47.00	49.00	51.00	53.00	55.00	57.00	59.00



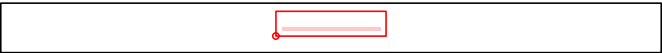
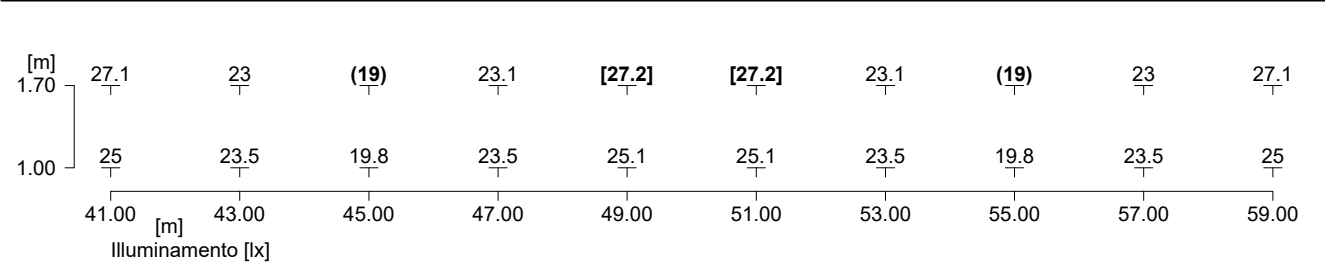
Posizione osservatore 1		: x = -20, y = 2.25, z = 1.5 (dx = 61.00)
Luminanza media	\bar{L}_m	: 2.01 cd/m ²
Luminanza minima	L_{min}	: 1.61 cd/m ²
Uniformità totale U_0	L_{min}/\bar{L}_m	: 0.8
Uniformità longitudinale U_l	$L_{l,min}/L_{l,max}$: 0.84
Aumento della soglia di percezione	$f_{TI,max}$: 6 %

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2.3 Risultati calcolo, Tunnel

2.3.3 Tabella, Interno (E), Parete destra, Int.1



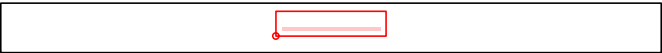
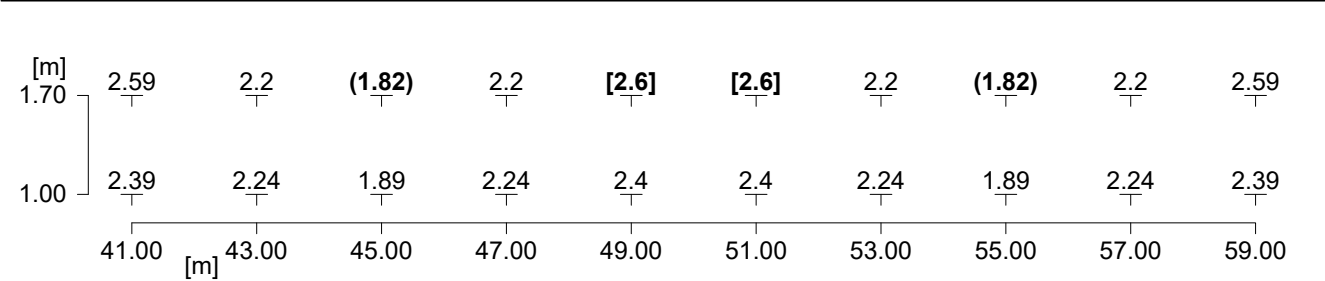
Illuminamento medio	E_m	: 23.6 lx
Illuminamento minimo	E_{min}	: 19 lx
Illuminamento massimo	E_{max}	: 27.2 lx
Uniformità U_o	E_{min}/\bar{E}_m	: 1 : 1.24 (0.8)
Uniformità U_d	E_{min}/E_{max}	: 1 : 1.43 (0.7)

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2.3 Risultati calcolo, Tunnel

2.3.4 Tabella, Interno (L), Parete destra, Int.1, Beo.1



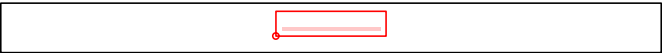
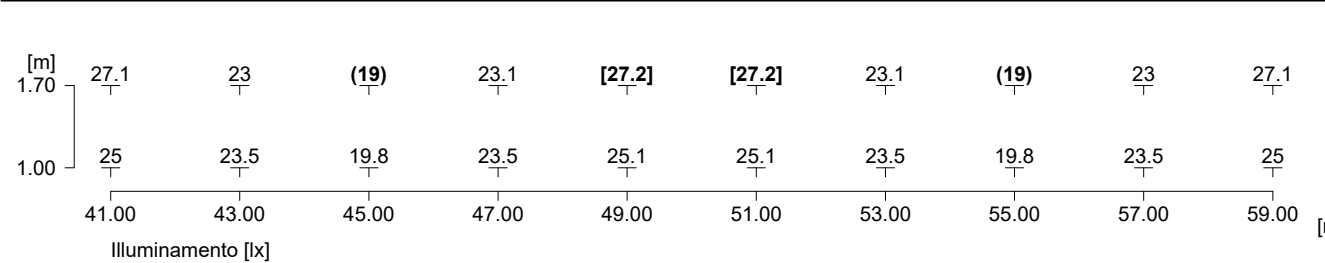
Luminanza media	\bar{L}_m	: 2.26 cd/m ²
Luminanza minima	L_{min}	: 1.82 cd/m ²
Uniformità totale U_0	L_{min}/\bar{L}_m	: 0.8
Uniformità longitudinale U_l	$L_{l,min}/L_{l,max}$: 0.7 (1.70m)

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024



2.3 Risultati calcolo, Tunnel

2.3.5 Tabella, Interno (E), Parete sinistra, Int.1



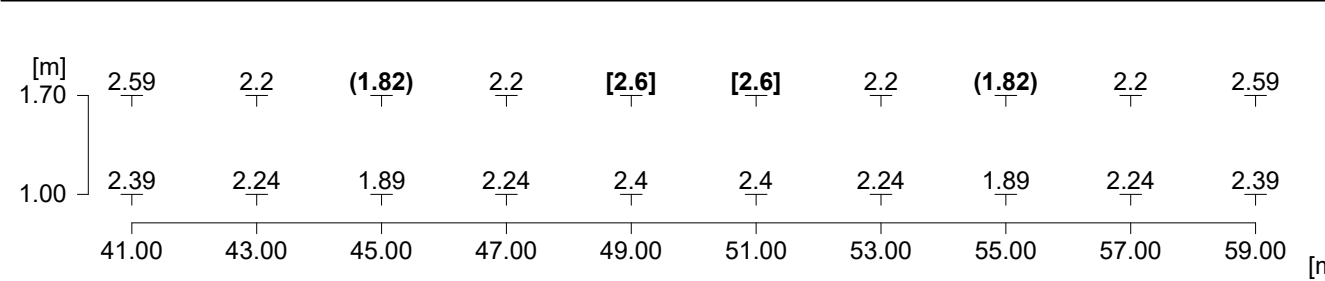
Illuminamento medio	E_m	: 23.6 lx
Illuminamento minimo	E_{min}	: 19 lx
Illuminamento massimo	E_{max}	: 27.2 lx
Uniformità U_o	E_{min}/\bar{E}_m	: 1 : 1.24 (0.8)
Uniformità U_d	E_{min}/E_{max}	: 1 : 1.43 (0.7)

Oggetto : GALLERIE COSTA VOLPINO - SEZIONE TIPICA 100m
Impianto : interdistanza tipica 10m
Numero progetto : PR24-196-LDD-A0
Data : 29.02.2024

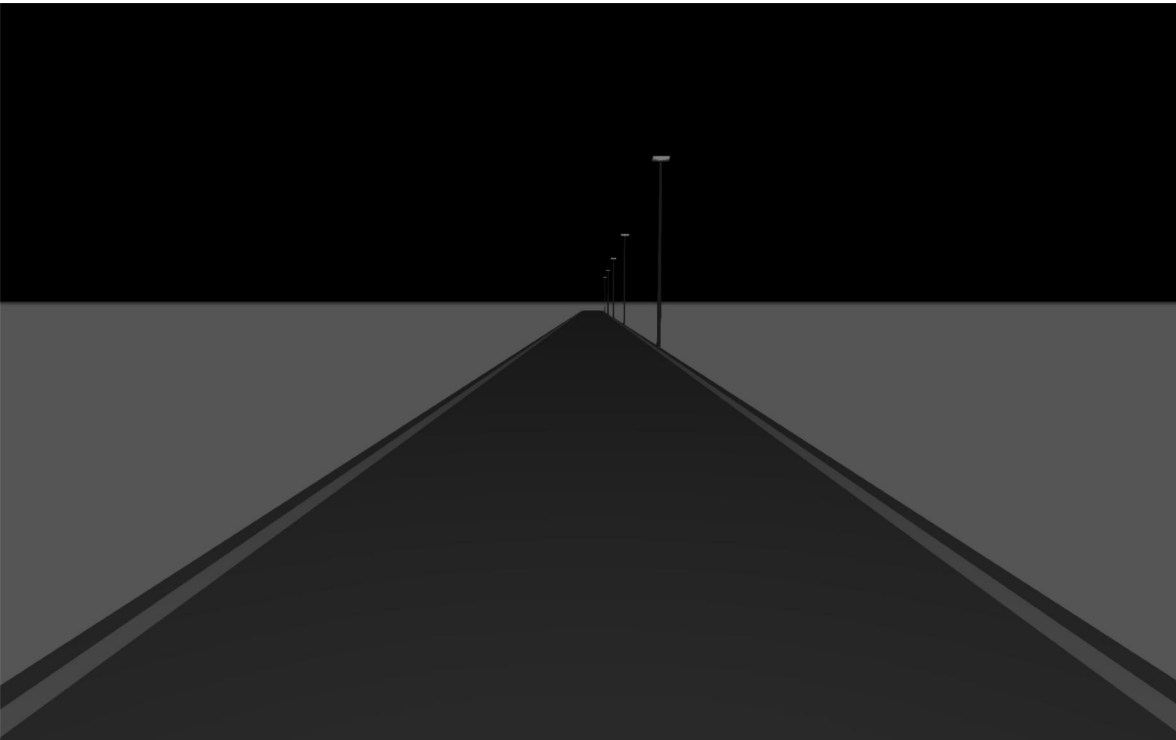


2.3 Risultati calcolo, Tunnel

2.3.6 Tabella, Interno (L), Parete sinistra, Int.1, Beo.1



Luminanza media	\bar{L}_m	: 2.26 cd/m ²
Luminanza minima	L_{min}	: 1.82 cd/m ²
Uniformità totale U_0	L_{min}/\bar{L}_m	: 0.8
Uniformità longitudinale U_l	$L_{l,min}/L_{l,max}$: 0.7 (1.70m)



GALLERIE COSTA VOLPINO

Illuminazione stradali tratti esterni

Contenuto

Copertina1

Contenuto2

Lista lampade3

Scheda prodotto

AEC ILLUMINAZIONE - ITALO 1 X 5P5 STU-S 4.140-1M (1x L-IT1X-5P5-4000-140-1M-70-25) 4

Tratto Tipico · Alternativa 1

Descrizione 5

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)6

Carreggiata 1 (M4) 10

Lista lampade

 Φ_{totale}

83380 lm

 P_{totale}

589.6 W

Efficienza

141.4 lm/W

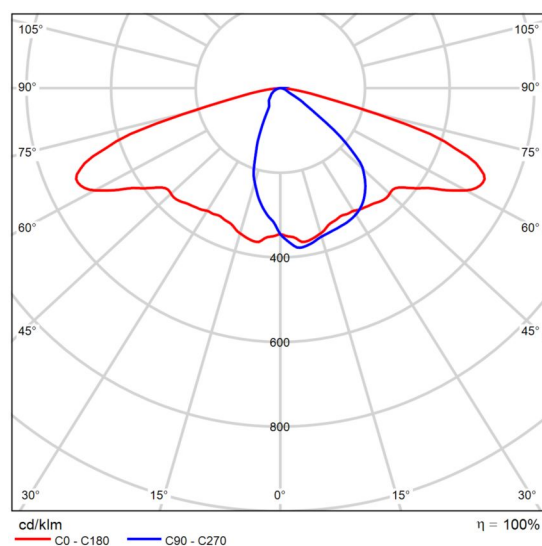
Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	Φ	Efficienza
22	AEC ILLUMINAZI ONE	22-028- 13_02	ITALO 1 X 5P5 STU-S 4.140-1M	26.8 W	3790 lm	141.4 lm/W

Scheda tecnica prodotto

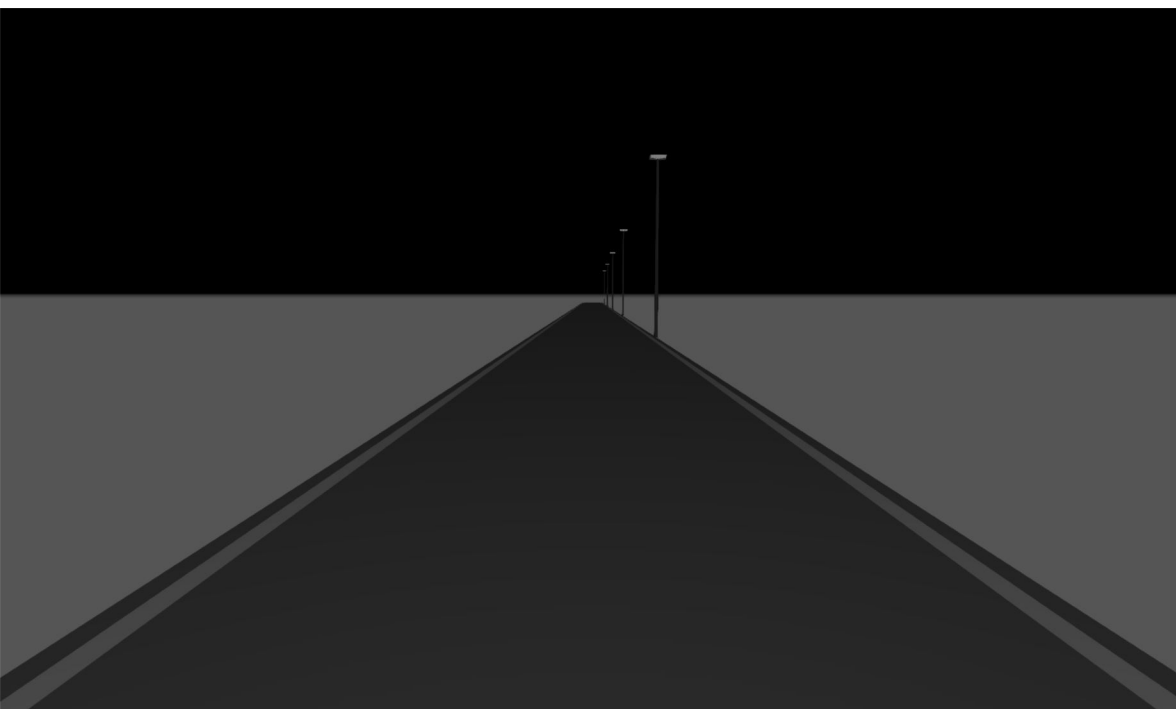
AEC ILLUMINAZIONE - ITALO 1 X 5P5 STU-S 4.140-1M



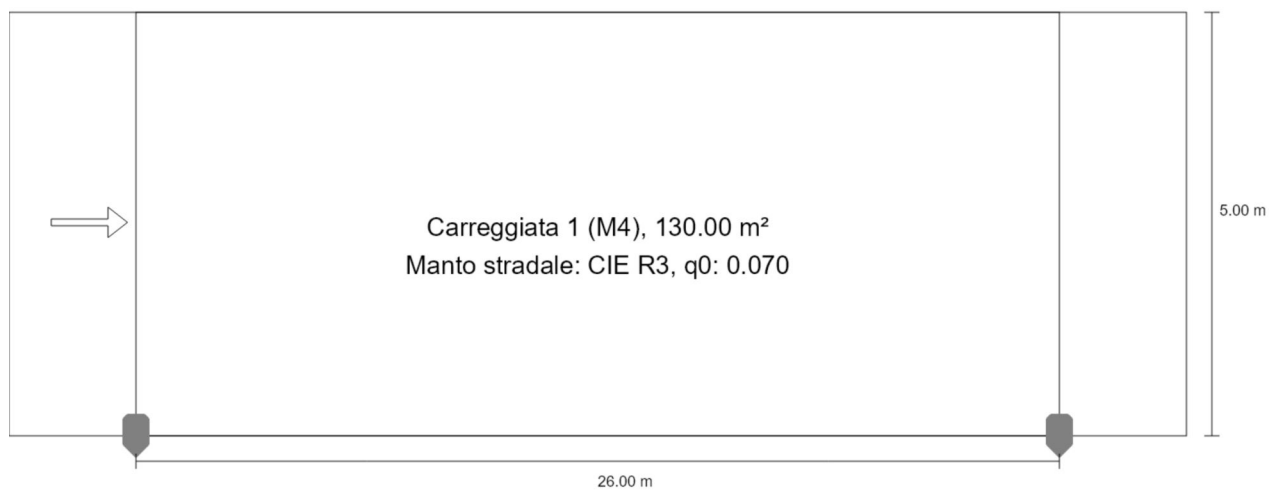
Articolo No.	22-028-13_02
P	26.8 W
$\Phi_{\text{Lampadina}}$	3790 lm
Φ_{Lampada}	3790 lm
η	100.00 %
Efficienza	141.4 lm/W
CCT	4000 K
CRI	70

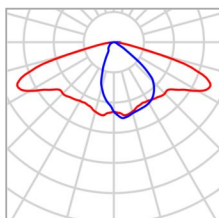


CDL polare



Descrizione

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

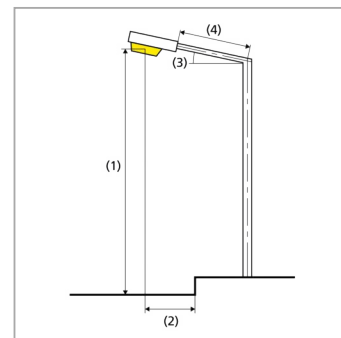
Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

Produttore	AEC ILLUMINAZIONE	P	26.8 W
Articolo No.	22-028-13_02	$\Phi_{\text{Lampadina}}$	3790 lm
Nome articolo	ITALO 1 X 5P5 STU-S 4.140-1M	Φ_{Lampada}	3790 lm
Dotazione	1x L-IT1X-5P5-4000- 140-1M-70-25	η	100.00 %

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

ITALO 1 X 5P5 STU-S 4.140-1M (su un lato sotto)

Distanza pali	26.000 m
(1) Altezza fuochi	6.800 m
(2) Distanza fuochi	0.000 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	0.000 m
Ore di esercizio annuali	4000 h: 100.0 %, 26.8 W
Potenza / percorso	1018.4 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminose Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	≥ 70°: 560 cd/klm ≥ 80°: 106 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Classe intensità luminose I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al flusso luminoso lampade.	G*2
Classe indici di abbagliamento	D.4
MF	0.80



Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

Risultati per i campi di valutazione

Per l'installazione è stato previsto un fattore di manutenzione di 0.80.

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Carreggiata 1 (M4)	L_m	0.82 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓
	U_l	0.85	≥ 0.60	✓
	TI	11 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}	0.35	≥ 0.30	✓

Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

	Unità	Calcolato	Consumo di energia
Tratto Tipico	D_p	0.018 W/lx*m ²	–
ITALO 1 X 5P5 STU-S 4.140-1M (su un lato sotto)	D_e	0.8 kWh/m ² anno	107.2 kWh/anno

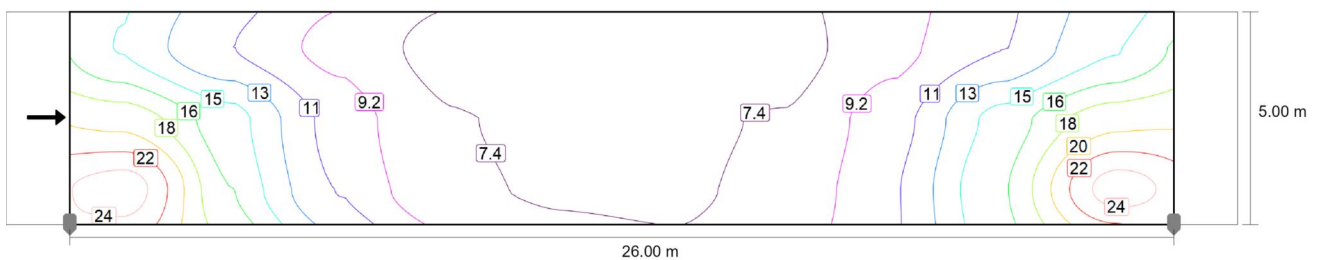
Carreggiata 1 (M4)

Risultati per campo di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Carreggiata 1 (M4)	L_m	0.82 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓
	U_l	0.85	≥ 0.60	✓
	TI	11 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}	0.35	≥ 0.30	✓

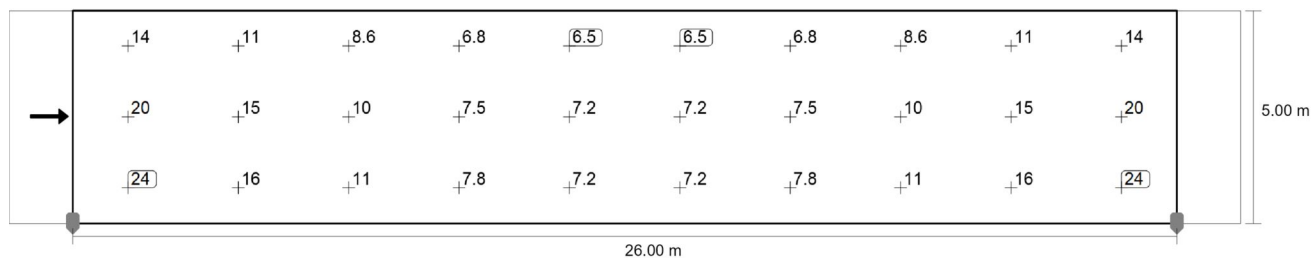
Risultati per osservatore

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Osservatore 1 Posizione: -60.000 m, 2.500 m, 1.500 m	L_m	0.82 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.58	≥ 0.40	✓
	U_l	0.85	≥ 0.60	✓
	TI	11 %	≤ 15 %	✓



Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Curve isolux)

Carreggiata 1 (M4)

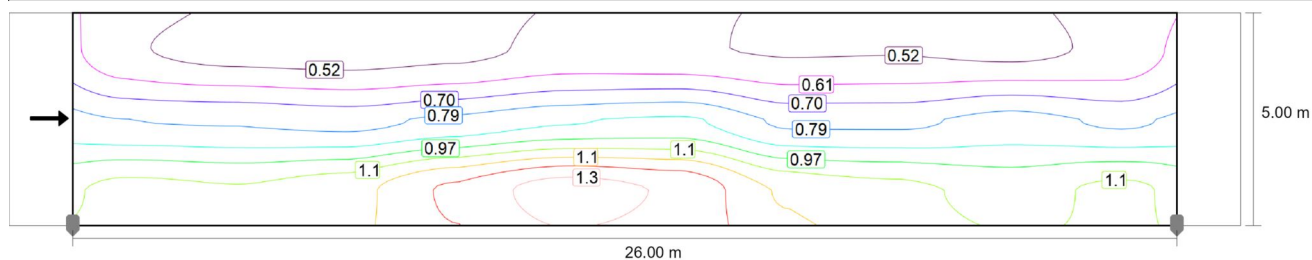


Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Raster dei valori)

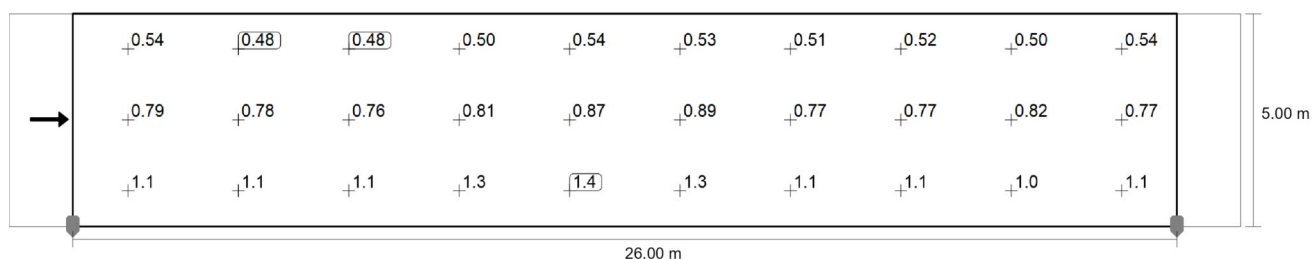
m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
4.167	14.48	10.99	8.64	6.77	6.50	6.50	6.77	8.64	10.99	14.48
2.500	19.50	15.29	10.27	7.49	7.23	7.23	7.49	10.27	15.29	19.50
0.833	24.50	16.38	10.89	7.78	7.23	7.23	7.78	10.89	16.38	24.50

Valore di manutenzione illuminamento orizzontale [lx] (Tabella valori)

	E_m	E_{min}	E_{max}	$U_o (g_1)$	g_2
Valore di manutenzione illuminamento orizzontale	11.6 lx	6.50 lx	24.5 lx	0.56	0.27



Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m^2] (Curve isolux)



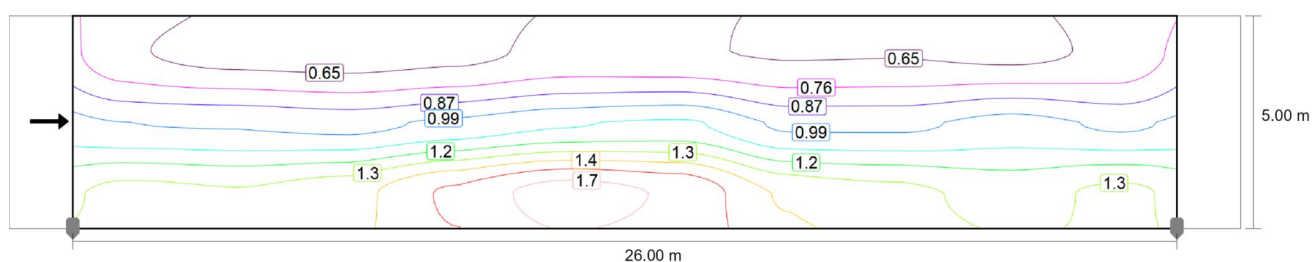
Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m^2] (Raster dei valori)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
4.167	0.54	0.48	0.48	0.50	0.54	0.53	0.51	0.52	0.50	0.54
2.500	0.79	0.78	0.76	0.81	0.87	0.89	0.77	0.77	0.82	0.77
0.833	1.08	1.07	1.11	1.25	1.37	1.32	1.14	1.08	1.03	1.08

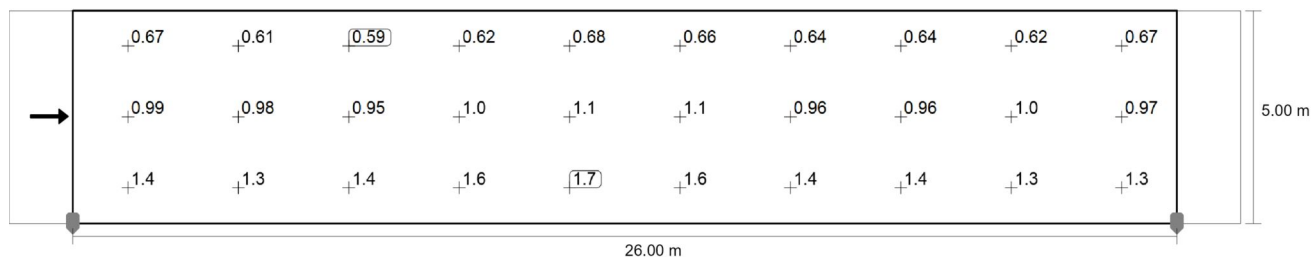
Carreggiata 1 (M4)

Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta [cd/m^2] (Tabella valori)

	L_m	L_{\min}	L_{\max}	$U_o (g_1)$	g_2
Osservatore 1: Valore di manutenzione luminanza con carreggiata asciutta	0.82 cd/m^2	0.48 cd/m^2	1.37 cd/m^2	0.58	0.35



Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m^2] (Curve isolux)

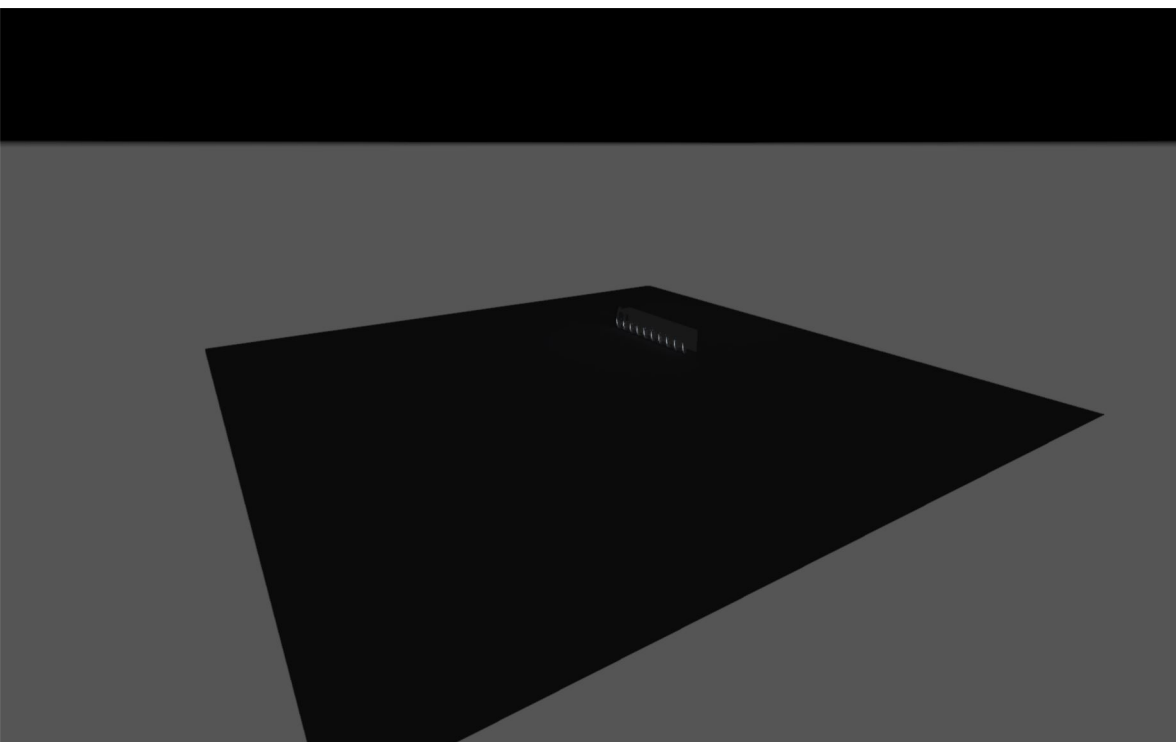


Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m^2] (Raster dei valori)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
4.167	0.67	0.61	0.59	0.62	0.68	0.66	0.64	0.64	0.62	0.67
2.500	0.99	0.98	0.95	1.01	1.09	1.12	0.96	0.96	1.03	0.97
0.833	1.35	1.33	1.39	1.57	1.71	1.64	1.42	1.36	1.29	1.34

Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione [cd/m^2] (Tabella valori)

	L_m	L_{\min}	L_{\max}	$U_o (g_1)$	g_2
Osservatore 1: Luminanza per nuova installazione	1.03 cd/m^2	0.59 cd/m^2	1.71 cd/m^2	0.58	0.35

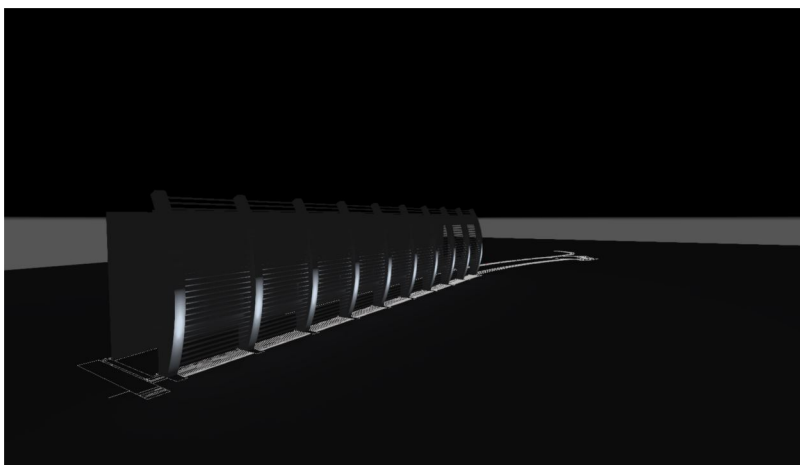


GALLERIE COSTA VOLPINO

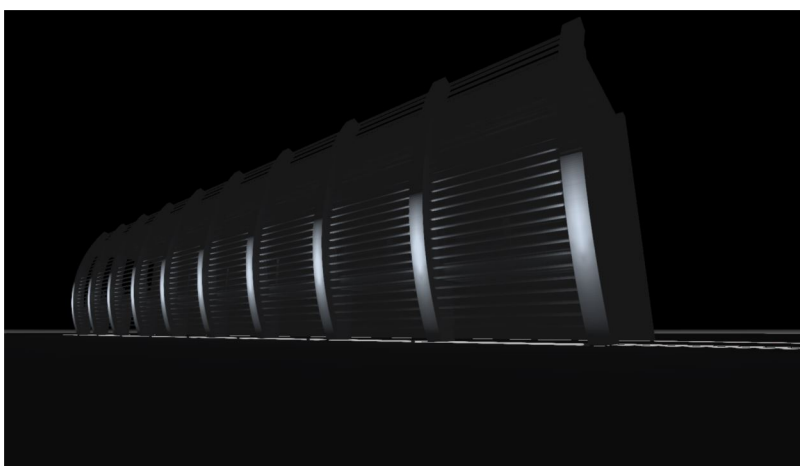
Illuminazione architettonale archi strutturali galleria paramassi

Immagini

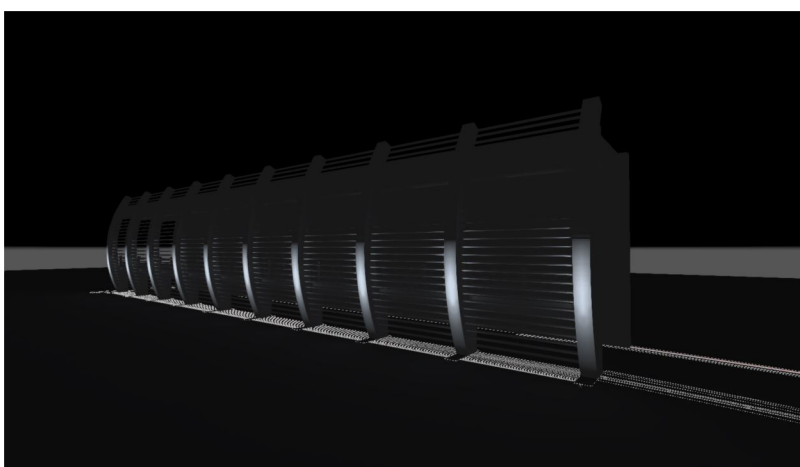
Vista 1



Vista 2

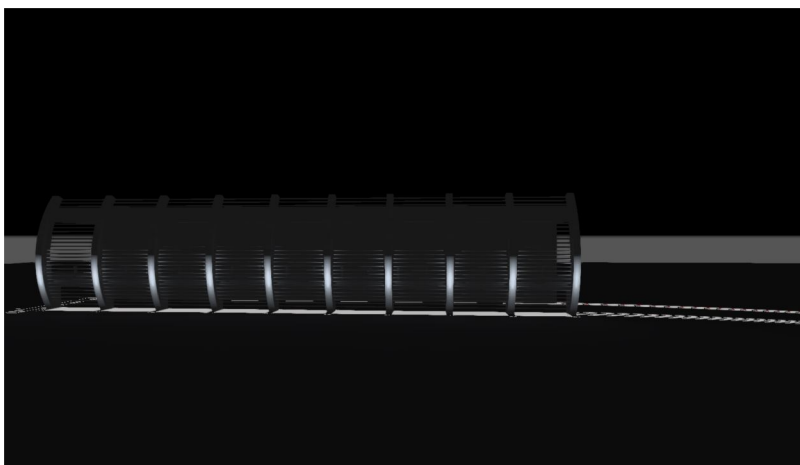


Vista 3



Immagini

Vista 4



Lista lampade

 Φ_{totale}

5570 lm

 P_{totale}

70.0 W

Efficienza

79.6 lm/W

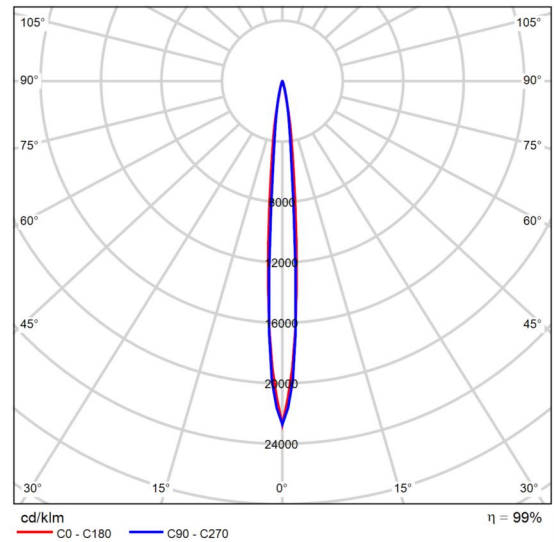
Pz.	Produttore	Articolo No.	Nome articolo	P	Φ	Efficienza
10	Performance in Lighting	3107283	TYK+ 10 7W 840 C/I - Anthracite grey	7.0 W	557 lm	79.6 lm/W

Scheda tecnica prodotto

Performance in Lighting - TYK+ 10 7W 840 C/I - Anthracite grey



Articolo No.	3107283
P	7.0 W
Φ _{Lampadina}	560 lm
Φ _{Lampada}	557 lm
η	99.46 %
Efficienza	79.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



CDL polare

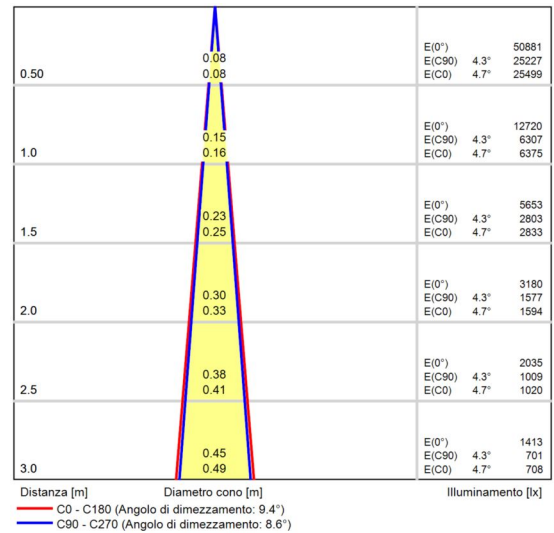
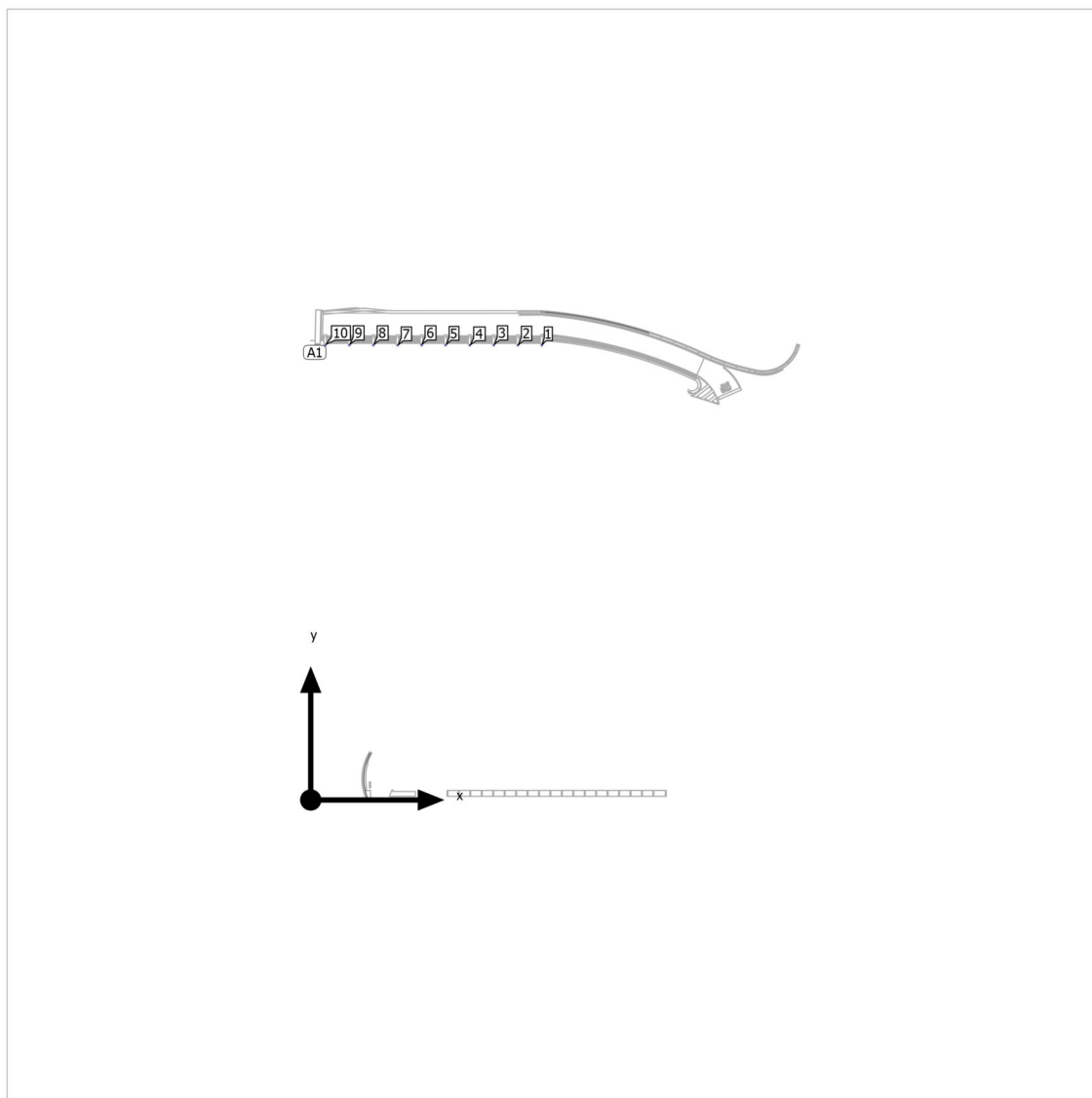


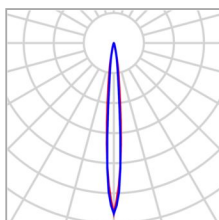
Diagramma conico

Area 1

Disposizione lampade

Area 1

Disposizione lampade



Produttore	Performance in Lighting
Articolo No.	3107283
Nome articolo	TYK+ 10 7W 840 C/I - Anthracite grey
Dotazione	1x LED

P	7.0 W
Φ_{Lampada}	557 lm

10 x Performance in Lighting TYK+ 10 7W 840 C/I - Anthracite grey

Tipo	Disposizione in fila	X	Y	Altezza di montaggio	Lampada
1ª lampada (X/Y/Z)	43.226 m / 84.958 m / 0.000 m	43.226 m	84.958 m	0.000 m	1
direzione X	10 Pz., Centro - centro, Distanze disuguali	38.726 m	84.958 m	0.000 m	2
		34.226 m	84.958 m	0.000 m	3
		29.726 m	84.958 m	0.000 m	4
Disposizione	A1	25.226 m	84.958 m	0.000 m	5
		20.756 m	84.958 m	0.000 m	6
		16.236 m	84.958 m	0.000 m	7
		11.726 m	84.958 m	0.000 m	8
		7.226 m	84.958 m	0.000 m	9
		2.716 m	84.958 m	0.000 m	10