



ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 41/08

LAVORI DI COSTRUZIONE DEL 3° MEGALOTTO DELLA S.S. 106 JONICA - CAT. B -
DALL'INNESTO CON LA S.S. 534 (km 365+150) A ROSETO CAPO SPULICO (km 400+000)

PROGETTO ESECUTIVO

IMPIANTI TECNOLOGICI

GALLERIA NIVOLO

Relazione di calcolo e dimensionamento dell'impianto di terra e verifica sull'impianto
di protezione da scariche atmosferiche

CONTRAENTE GENERALE:

Società di Progetto

SIRJO S.C.p.A.

Presidente:

Dott. Arch. Maria Elena Cuzzocrea

PROGETTAZIONE :



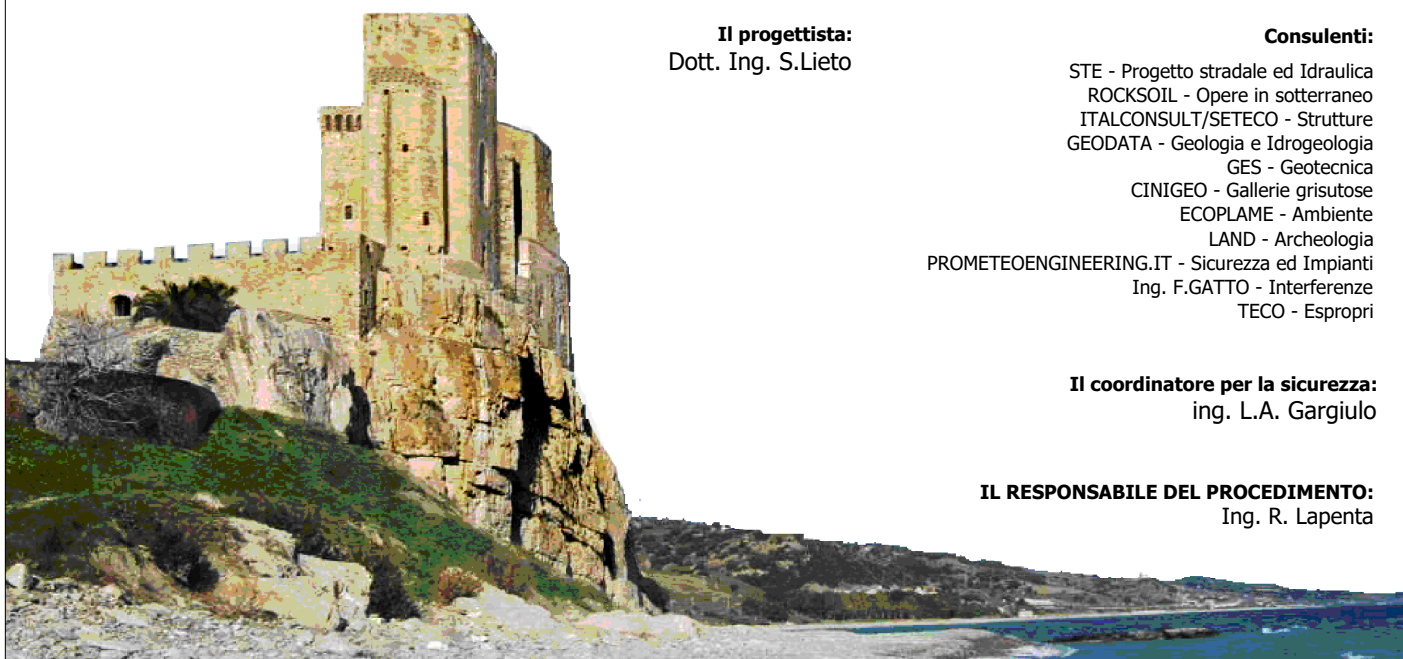
Il progettista:
Dott. Ing. S.Lieto

Consulenti:

- STE - Progetto stradale ed Idraulica
- ROCKSOIL - Opere in sotterraneo
- ITALCONSULT/SETECO - Strutture
- GEODATA - Geologia e Idrogeologia
- GES - Geotecnica
- CINIGEO - Gallerie grisutose
- ECOPLAME - Ambiente
- LAND - Archeologia
- PROMETEOENGINEERING.IT - Sicurezza ed Impianti
- Ing. F.GATTO - Interferenze
- TECO - Espropri

Il coordinatore per la sicurezza:
ing. L.A. Gargiulo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Ing. R. Lapenta



Rep.: P/19-01

Scala di rappresentazione: -:----

Codice Progetto:

Codice Elaborato:

L O 7 1 6 C

E 1 9 0 1

T 0 3 I M 4 0

I M P R E 0 4 A

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	15.04.2019	Emissione	Ing M. Mirabito	Ing M. Minunno	Ing A. Focaracci

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 1 di 18
--	--	----------------------------	------------------------

INDICE

1. PREMESSA	2
2. RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO TERRA	3
2.1. I Dispersori	5
2.2. Collettore di terra	5
2.3. Conduttore di terra	6
2.4. Conduttori di protezione	6
2.5. Collegamenti equipotenziali	8
2.6. Calcolo della resistenza di terra	9
3. ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE	17

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 2 di 18
--	--	----------------------------	------------------------

1. PREMESSA

Il presente documento intende illustrare procedimenti e risultati dei dimensionamenti dell'impianto di messa a terra della galleria e delle valutazioni sulla necessità di provvedere a un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche per la cabina elettrica in esterno.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 3 di 18
--	---	----------------------------	------------------------

2. RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO TERRA

L'impianto di terra sarà realizzato per proteggere il personale, addetto e non addetto alla gestione, da eventuali contatti indiretti con apparecchi sotto tensione .

L'impianto di dispersione terra è finalizzato al collegamento, ad un unico impianto disperdente, di tutte le parti metalliche conduttrici e accessibili dell'impianto elettrico (collegamento o messa a terra di protezione).

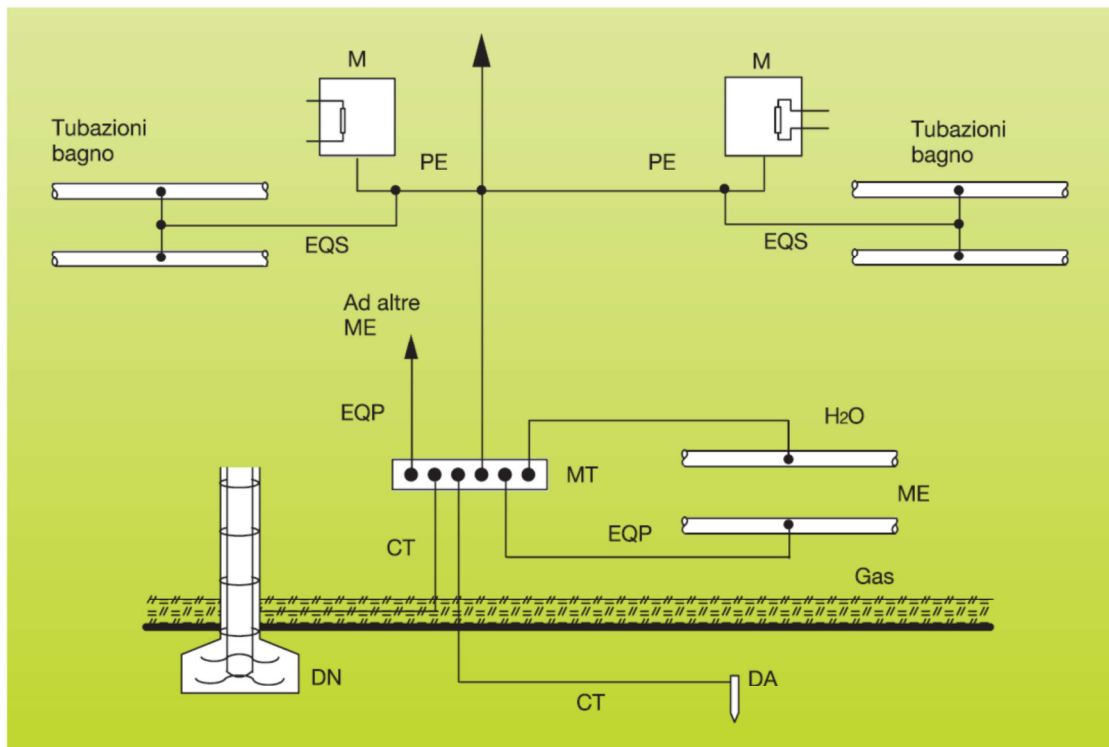
La messa a terra di protezione, coordinata con un adeguato dispositivo di protezione, ad esempio il relè differenziale, realizza il metodo di "protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione" che è il metodo correntemente utilizzato contro i contatti indiretti.

Scopo dell'impianto di terra è di convogliare verso terra la corrente di guasto, provocando l'intervento del dispositivo di protezione che provvede all'automatica interruzione della corrente di guasto, evitando il permanere di tensioni pericolose sulle masse.

Negli impianti di media tensione con cabina di trasformazione di proprietà dell'utente, il conduttore di protezione viene solitamente collegato al centro stella del secondario del trasformatore, affinché in presenza di un guasto su una massa del circuito di bassa tensione, la corrente si possa chiudere attraverso il conduttore di protezione, senza interessare il dispersore; quest'ultimo deve essere dimensionato in funzione di guasti che si possono verificare sul circuito di alimentazione di media tensione

Di seguito è rappresentata la struttura schematica dell'impianto di terra nel caso:

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 4 di 18
--	--	----------------------------	------------------------



Genericamente esso sarà realizzato con una serie di dispersori in acciaio zincato a caldo, infissi nel terreno, e con un cavo (conduttore di terra) per il collegamento tra l'impianto disperdente ed il collettore di terra. Il dettaglio della distribuzione dell'impianto di terra è prodotto nel disegno allegato: lo scopo finale è quello di costruire un efficiente sistema di dispersione tutto intorno al complesso.

A questa rete di protezione sono state collegate tutte le masse metalliche esistenti, le ringhiere esterne e le carcasse di tutti i macchinari presenti (motori, pompe di sollevamento per acque nere, autoclavi, etc.).

Fanno parte, infine, dell'impianto di terra uno o più collettori di terra costituiti da una barra in rame o, equivalentemente da una morsettiera di apposite dimensioni, situati nella cabina elettrica o in una cassetta separata in prossimità delle nicchie all'interno del tunnel .

A tali collettori di terra sono collegati i conduttori di protezione, il conduttore di terra, e i cavi che provvedono ai collegamenti equipotenziali.

Tutti i conduttori dell'impianto di terra, se costituiti da cavi isolati, devono essere facilmente identificabili mediante colorazione della guaina isolante (colore giallo-verde).

L'impianto di terra dovrà essere conforme alla norma 64-8 ed alle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro.


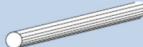

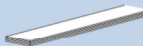
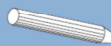
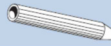
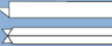
<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 5 di 18
--	--	----------------------------	------------------------

2.1. I Dispensori

Il dispersore del tipo a picchetto sarà costituito da un profilato del tipo a croce di acciaio zincato a caldo con 5 mm di spessore 50 mm di dimensione trasversale e della lunghezza complessiva di mt 1.50.

Ogni dispersore di tale tipo sarà infisso nel terreno ad una profondità di mt 0.50 ed sarà posto in un pozzetto del tipo ispezionabile in PVC di dimensioni, almeno, 40x40.

Tab. 8.1 - Requisiti dell'impianto di terra

Tipo	Figura	Materiale			
		Acciaio zincato a caldo		Rame	
		Spessore (mm)	Sezione (mm ²)	Spessore (mm)	Sezione (mm ²)
Piastra		3	–	3	–
Tondino		–	50	–	35
Conduttore cardato		–	50 ⁽¹⁾	–	35 ⁽¹⁾
Nastro		3	100	3	50
		Spessore (mm)	Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)	Diametro esterno (mm)
Picchetto massiccio		–	20	–	15 ⁽²⁾
Picchetto tubolare		2	40	3	30
Picchetto profilato		5	50 ⁽³⁾	5	50 ⁽³⁾

(1) Il diametro di ciascun filo deve essere inferiore a 1,8 mm.

(2) Per i soli dispersori a picchetto massiccio è prevista dalla normativa anche la realizzazione in acciaio rivestito di rame con diametro esterno minimo del dispersore di 15 mm.

(3) Dimensione trasversale del profilato (mm).

2.2. Collettore di terra

I collettori di terra sono costituiti da piastre in rame trattato o da una morsettiera di opportune dimensioni a cui sono stati imbullonati i conduttori di terra, i conduttori di protezione, i collegamenti equipotenziali principali e secondari.

I collettori di terra saranno sufficientemente robusti e saranno situati nelle posizioni indicate nella apposita tavola.

Tutti i collegamenti di cui sopra dovranno essere effettuati con opportuni dadi o viti di serraggio tra i conduttori ed i collettori di terra.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 6 di 18
--	--	----------------------------	------------------------

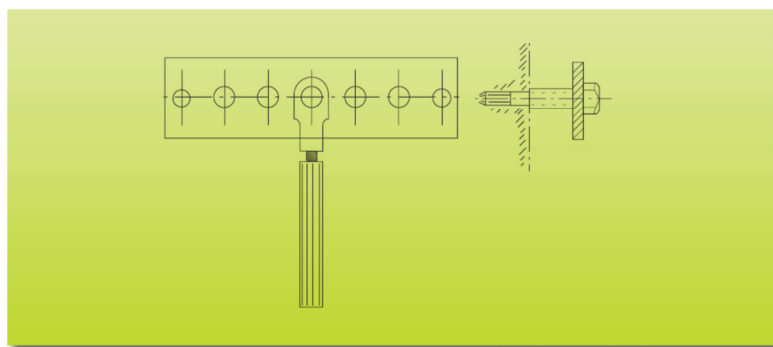


Fig. 8/4 - Esempio di collettore principale di terra

2.3. Conduttore di terra

Esso è costituito da un filo di rame isolato che collega i collettori di terra alla maglia di terra esistente attorno allo stabile.

Sarà del tipo N07V - K, avrà una sezione minima pari a 16 mm² (Norma 64-8) e sarà contrassegnato con il colore giallo- verde.

Tab. 8.2 - Sezioni minime dei conduttori di terra

	Rame [mm ²]	Acciaio zincato [mm ²]
Non protetto contro la corrosione	25	50
Protetto contro la corrosione, ma senza protezioni meccaniche	16	16
Protetto sia contro la corrosione sia meccanicamente	Si applica la Tab. 8.3	

2.4. Conduttori di protezione

Sono i conduttori che provvedono al collegamento tra le varie masse con il collettore principale di terra.

Essi possono essere anche comune a più utenze.

Sono stati posati conduttori di protezione del tipo N07V - K o anime giallo/verdi di cavi multipolari con la seguente sezione:

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 7 di 18
--	--	----------------------------	------------------------

Tab. 8.3 - Sezioni minime convenzionali dei conduttori di protezione

Sezione dei conduttori di fase S [mm ²]	Sezione minima del conduttore di protezione S_p [mm ²]
$S_f \leq 16$	$S_p = S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_p = S_f / 2$

Nota: quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura dei conduttori di fase, la sua sezione non deve essere minore di:
2,5 mm² se è protetto meccanicamente
4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.

Nel caso che il conduttore di protezione sia comune a più impianti utilizzatori si dovrà scegliere una sezione uguale alla più grande sezione delle utilizzazioni servite.

Codifica: LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	Data: 15.04.2019	Pag. 8 di 18
--	--	----------------------------	------------------------

2.5. Collegamenti equipotenziali

Tutte le masse metalliche presenti e già sopra identificate, così come i tubi della rete idrica e del gas, i serbatoi dell'acqua e le ringhiere, le strutture portanti in acciaio, la rubinetteria dei bagni, le docce esterne ed interne sono state collegate efficacemente a terra tramite dei collegamenti equipotenziali costituiti da cavi del tipo N07V-K di sezione minima di 6 mm² e colore giallo-verde.

I collegamenti equipotenziali secondari sono stati realizzati tramite cavi del tipo N07V-K 1x4 di colore giallo-verde.

Tab. 8.4 - Sezioni minime convenzionali dei conduttori equipotenziali

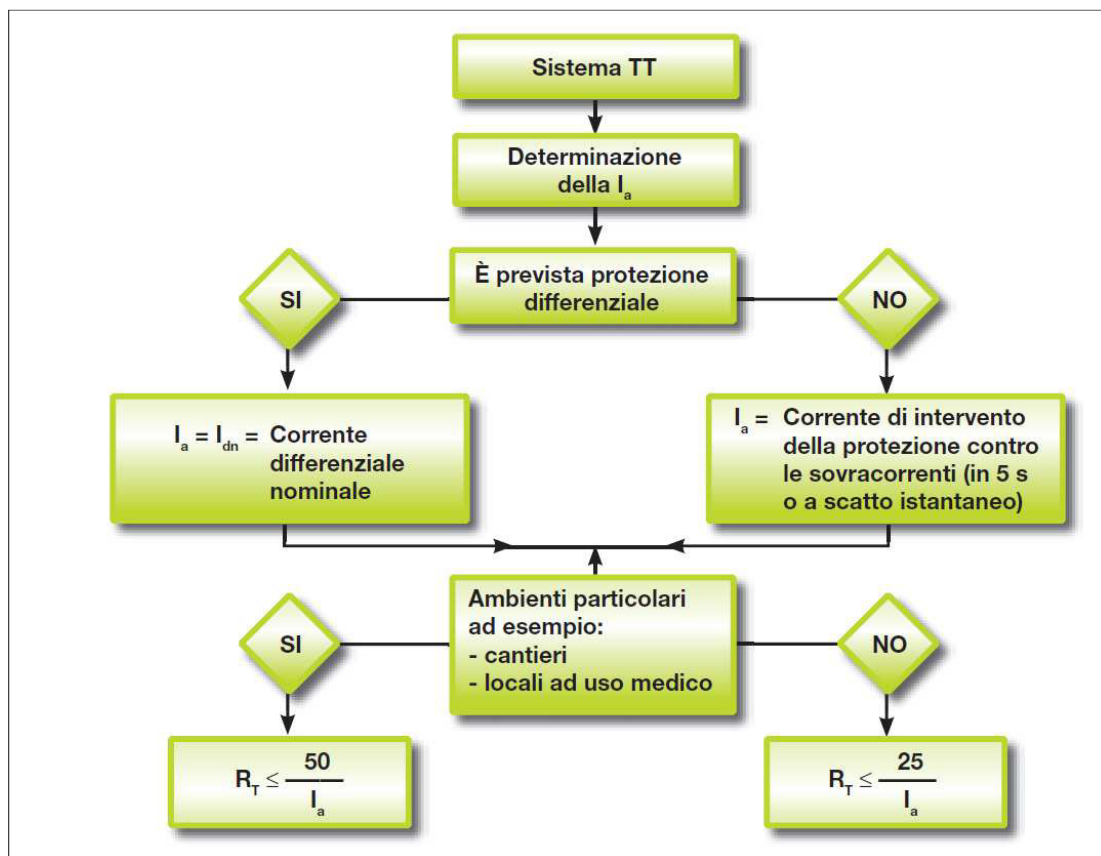
(1) S_{p1} = Sezione del conduttore di protezione, la più elevata tra quella dei conduttori di protezione dell'impianto (2) S_{p2} = Sezione del conduttore di protezione più piccolo collegato alle masse (3) S_{p3} = Sezione del corrispondente conduttore di protezione da cui deriva.	Conduttore equipotenziale principale	Conduttore equipotenziale supplementare
	$S_{eq} = \frac{S_{p1}^{(1)}}{2}$ - con un minimo di 6 mm ² - con un minimo di 25 mm ² se il conduttore è di rame o di altro materiale di pari conduttanza (o impedenza)	$S_{eq2} = S_{p2}^{(2)}$ se collega due masse

2.6. Calcolo della resistenza di terra

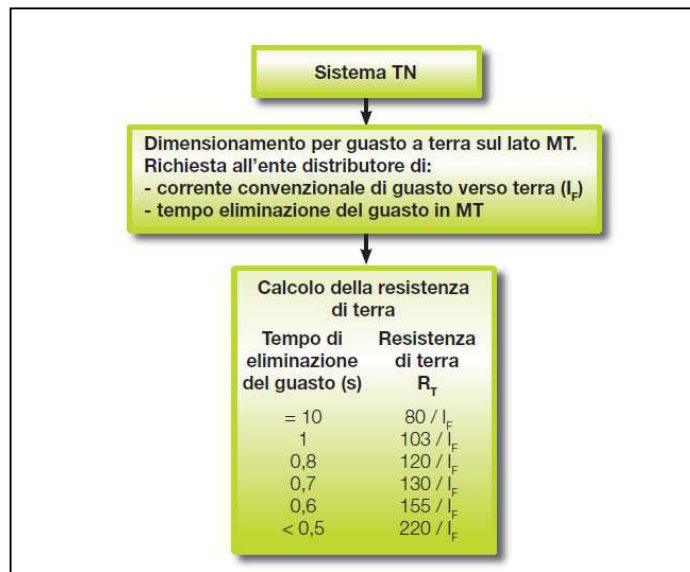
L'impianto di terra deve rispettare le prescrizioni delle norme CEI 64-8 e del decreto 547 sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Innanzitutto è necessario individuare il valore della resistenza di terra che può essere dedotto seguendo le indicazioni riportate al capitolo 2 della Guida CEI 64-12 ("Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario"). La Guida, in funzione del sistema di distribuzione TT o TN, sintetizza il processo di determinazione del valore della resistenza di terra che deve essere soddisfatto.

Di seguito sono rappresentati i diagrammi di flusso nel caso in cui la connessione sia in BT ed in MT:



A1. Diagramma di flusso per il calcolo della resistenza di terra per sistemi TT



A2. Diagramma di flusso per il calcolo della resistenza di terra per sistemi TN-S

Essendo il sistema di tipo TN-S deve essere verificata la condizione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

Z_s = Impedenza del circuito (anello) di guasto, che comprende la sorgente (generalmente il trasformatore), il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente [Ohm]

I_a = corrente che provoca l'intervento dell'interruttore automatico entro un tempo definito, che dipende dal tipo di circuito (di distribuzione o terminale) e dalla tensione nominale del sistema verso terra [A].

Nel caso dei circuiti di distribuzione la I_a è la corrente che provoca l'intervento dell'interruttore in un tempo di 5 s. Nel caso di circuiti terminali la I_a è la corrente che provoca l'intervento dell'interruttore nei tempi riportati nella seguente tabella:

Tensione di fase del sistema U_0 (V)	Tempo d'intervento massimo dell'interruttore (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 11 di 18
--	--	----------------------------	-------------------------

> 400

0,1

Nel caso in cui di interruttore differenziale, la I_a è la sua corrente differenziale nominale [A].

U_0 = tensione nominale del sistema verso terra (tensione fra fase e terra) [V]

Perché la protezione dai contatti indiretti sia garantita occorre che la corrente per guasto a massa I_g sia superiore alla soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico dell'interruttore:

$$I_g \geq I_m$$

In questo modo la corrente di guasto viene ad assumere le caratteristiche di una corrente di corto circuito fra conduttore di fase e conduttore di protezione e l'interruttore interviene in tempi inferiori a quelli riportati nella precedente tabella (intervento istantaneo dovuto allo sganciatore magnetico).

La corrente di guasto può essere calcolata con la stessa formula già usata per il calcolo della corrente di corto circuito minima:

$$I_g = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_F}{1,5 \cdot \rho \cdot L_c} \cdot \frac{1}{1 + m} \cdot K_x$$

dove:

- 0,8 = coefficiente che tiene conto del presumibile abbassamento della tensione per effetto del corto circuito
- U_0 = tensione del circuito di guasto = tensione di fase (tensione fra conduttore di fase e conduttore di protezione) [V]
- S_F = sezione del conduttore di fase [mm²]
- 1,5 = fattore che tiene conto dell'incremento della resistività del cavo dovuto all'aumento di temperatura durante il corto circuito
- ρ = resistività del conduttore a 20°C [per il rame 0,0178 Ohm mm²/m]
- L_c = lunghezza della condotta [m]
- $m = S_F/S_{PE}$ = rapporto fra le sezioni del conduttore di fase e del conduttore di protezione

Rispetto alla sezione del conduttore di fase, la sezione del conduttore di protezione può essere scelta nel modo indicato nella seguente tabella:

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 12 di 18
--	---	----------------------------	-------------------------

Sezione del conduttore di fase SF (mm ²)	Sezione del conduttore di protezione SPE (mm ²)
SF = 16	SPE = SF
16 < SF = 35	SPE = 16
SF > 35	SPE = SF/2

K_x = coefficiente che tiene conto della reattanza del cavo e che, a seconda della sezione del conduttore di fase, assume vari valori:

E quindi:

$$\frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_F}{1,5 \cdot \rho \cdot L_c} \cdot \frac{1}{1+m} \cdot K_x \geq I_m$$

Dalla relazione precedente si può ricavare la lunghezza massima della conduttura L_{MAX} che assicura la protezione dai contatti indiretti:

$$L_{MAX} = L_c \leq \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_F}{1,5 \cdot \rho \cdot I_m} \cdot \frac{1}{1+m} \cdot K_x$$

Se la condizione non è verificata si può agire in diverse direzioni:

- intervenendo sull'interruttore diminuendo la soglia d'intervento I_m dello sganciatore magnetico;
- intervenendo sulla conduttura aumentando la sezione dei cavi: prima quella SPE del conduttore di protezione (se inferiore a SF), quindi quella SF dei conduttori di fase;
- se i provvedimenti precedenti non permettono di assicurare la protezione dai contatti indiretti, bisogna ricorrere ad un interruttore differenziale: è, in genere, sufficiente adottarne uno a bassa sensibilità con I_{ΔN} = (1..3) A. Questa soluzione è particolarmente indicata per quei circuiti terminali che sono suscettibili di frequenti modifiche o che alimentano prese di corrente alle quali sono collegati cavi flessibili di cui non si conosce né la sezione, né la lunghezza.

Come protezioni contro i contatti indiretti, all'interno dei vari quadri elettrici, sui circuiti terminali, si sono utilizzati interruttori magnetotermici differenziali con sensibilità variabile, a seconda dei casi, da 30 mA a 500 mA.

L'utilizzo di dispositivi differenziali abbinati al sistema di distribuzione del tipo TN-S (che prevede la realizzazione di conduttori di protezione separati verso ogni massa) rende l'intero

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 13 di 18
--	---	----------------------------	-------------------------

sistema di rilevazione dei guasti più efficiente: infatti nel caso di un guasto verso massa, essendo il PE collegato al collettore di terra a cui è collegato anche il neutro (centro stella dei trasformatori), il guasto a terra si trasforma in un corto circuito tra fase e neutro. In tal caso l'anello di guasto deve garantire che fluisca nel circuito una corrente tanto elevata da fare intervenire il dispositivo di protezione (differenziale): per una corrente differenziale di 30 mA la resistenza dell'anello di guasto dovrebbe essere inferiore a circa 8 kOhm, valore ampiamente verificato nelle condizioni normali (anello di guasto dell'ordine dei mOhm).

Come detto il sistema di distribuzione dell'energia è del tipo TN-S con messa a terra del neutro in cabina e conduttori di protezione separata.

Il progetto la verifica e l'esecuzione dell'impianto di terra in prossimità della cabina elettrica, rispondono, inoltre, alle prescrizioni contenute nelle norme CEI 11-1 relative agli impianti elettrici con tensione superiore a 1000 V.

Nel progetto relativo all'impianto di terra del complesso si farà riferimento alla corrente IG definita come la corrente di guasto monofase a terra; ciò è stato ipotizzato vista la relativa facilità di acquisizione di tale dato direttamente all'ENEL ed al vantaggio in termini di sicurezza, che tale scelta comporta.

Le correnti di guasto a terra (IG) sulla MT sono interrotte in un tempo che dipende dalle caratteristiche del guasto e dal sistema di protezione previsto. L'impianto di terra deve essere dimensionato, in relazione ai tempi di intervento delle protezioni in MT, in modo che il valore della sua resistenza e la geometria del dispersore sia tale da permettere di contenere le tensioni di passo (UP) e di contatto (UC), sia all'interno sia all'esterno della cabina. L'andamento dei valori delle tensioni di contatto ammessi UC (V) (UTP secondo la nuova norma CEI 11-1) in funzione della durata del guasto tF (s) sono riportati nella curva di fig. 14.13 e riassunti nella tabella 14.2.

La curva rappresenta il valore della tensione che può essere applicata al corpo umano da mano nuda a piedi nudi, con un valore dell'impedenza del corpo umano avente una probabilità pari al 50 % di non essere superata dalla popolazione, con una curva corrente tempo che presenta la probabilità del 5% di provocare fibrillazione ventricolare e con nessuna resistenza addizionale.

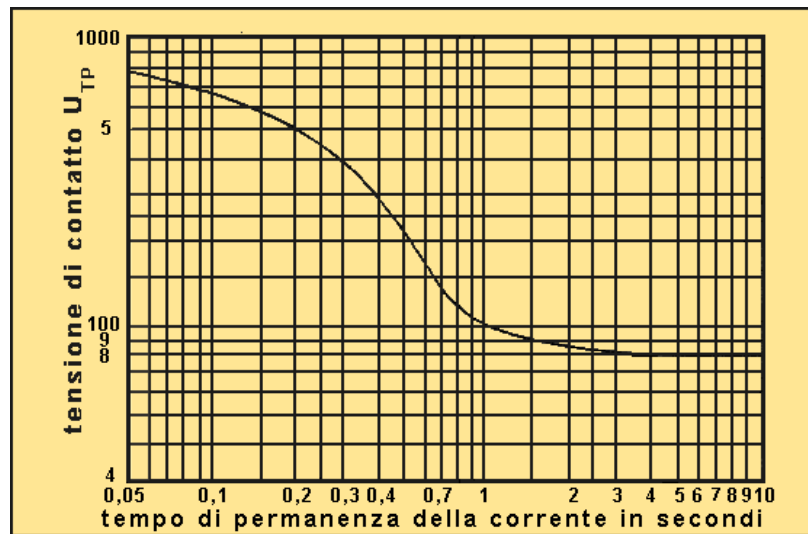


Fig.14.13 – Tensioni di contatto ammissibili U_{TP} (UC per la vecchia norma) per correnti di durata limitata.

Note:

- 1) - La curva rappresenta il valore della tensione che può essere applicata al corpo umano da mano nuda a piedi nudi, con un valore dell'impedenza del corpo umano avente una probabilità pari al 50 % di non essere superata dalla popolazione, con una curva corrente tempo che presenta la probabilità del 5% di provocare fibrillazione ventricolare e con nessuna resistenza addizionale.
- 2) - La curva è relativa a guasti a terra in impianti di alta tensione
- 3) - Se la durata della corrente è molto più lunga di quanto mostrato nel grafico, si può usare per U_{TP} un valore di 75 V

Durata del guasto (s)	Tensione di contatto ammissibile U _c (V) (U _{TP} secondo CEI 11-1)	
	Nuova norma CEI 11-1	Vecchia norma CEI 11-8
10	80	50
2	85	50
1	103	70
0,8	120	80
0,7	130	85
0,6	155	125
0,5	220	160
0,2	500	160
0,14	600	160
0,08	700	160
0,04	800	160

Tab.14. 2 - Tensioni di contatto ammissibili U_{TP} per correnti di durata limitata

<p>Codifica: LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX</p>	<p>GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE</p>	<p>Data: 15.04.2019</p>	<p>Pag. 15 di 18</p>
---	--	-----------------------------	--------------------------

Quando non è possibile limitare la tensione totale di terra entro i limiti fissati dalla Norma, soprattutto in caso di elevate correnti di guasto, la geometria del dispersore assume un'importanza fondamentale nel limitare le tensioni di passo e contatto. Un impianto di terra è tanto più efficiente quanto minore risulta la sua resistenza di terra e quanto più esso realizza un'elevata equipotenzialità sulla superficie del terreno. Le tensioni di passo e di contatto dipendono infatti, come abbiamo visto, dalla tensione totale di terra e dall'andamento dei potenziali che si stabiliscono sulla superficie calpestabile.

Il valore della tensione di passo si verifica in occasione della dispersione a terra della corrente di terra per la quale l'impianto è stato dimensionato.

I dati relativi alla corrente di guasto ed al tempo di estinzione sono stati richiesti all'ENEL e, rispettivamente, sono: $I_G=50$ A test $\gg 10$ sec.

Si è imposto che i valori della tensione di passo non superino i limiti ammessi dalla norma CEI 11-1 per un tempo di intervento del dispositivo di apertura pari a 10 sec : in tal caso otteniamo che la tensione di contatto UTP è pari a circa 75 V.

In definitiva la resistenza totale di terra dovrà presentare il seguente valore :

$$R_T \leq \frac{U_{TP}}{I_G} = \frac{75}{50} < 1.5 \Omega$$

Quindi si può imporre che la resistenza totale di terra non sia superiore a 1.50 Ω .

L' impianto di terra dovrà provvedere a che, a causa di questa corrente, non si generi su nessuna massa presente una tensione di passo maggiore 75V.

Affinché ciò si possa verificare, è stata prevista una rete di dispersione intorno al complesso. Essa è costituita da una corda in rame nudo di 50 mmq posata alla profondità di 0.5 m dal piano di campagna che connette tra di loro i picchetti del tipo descritto situati nelle posizioni indicate nell'apposito schema.

In considerazione della natura del terreno possiamo ritenere con buona approssimazione che la sua resistività non sia superiore a 150 Ω x m.

La resistenza di terra della rete magliata è pari a:

$$R_{Tm} = \frac{\rho_T}{4 * \pi^2 * R} \left[\ln \frac{8 * R}{d / 2} + \ln \frac{8 * R}{2 * s} \right]$$

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 16 di 18
--	---	----------------------------	-------------------------

dove ρ_T è la resistività del suolo R il raggio del dispersore e d il diametro della treccia di rame ed s la profondità di posa della treccia.

Tale resistenza stimata di terra risulta essere pari a circa 1Ω , qualora si ponga $\rho_T = 300 \Omega \cdot m$, $R = 260 m$, $s = 0.5 m$. Possiamo ritenere, quindi, soddisfacente ai fini della protezione da contatti indiretti la rete di terra predisposta nell'impianto ed indicato sulle planimetrie allegate alla relazione.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 17 di 18
--	--	----------------------------	-------------------------

3. ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

3.1. Premessa

Le analisi e valutazioni sulla necessità di proteggere i manufatti esterni da fenomeni di scariche atmosferiche sono state condotte in tutti i casi afferenti al progetto considerando, in via cautelativa, il valore di fulminazione più alto della zona. La scelta è stata effettuata perché la banca dati di questo fenomeno relativa al territorio nazionale è in fase di aggiornamento e nel recente passato è stato rilevato un innalzamento dei valori.

Quindi per tutte le gallerie presenti nel progetto di ammodernamento in nuova sede della S.S. N°. 106 "Jonica" nel tratto compreso tra l'innesto con la S.S. N°. 534 e l'abitato di Roseto Capo Spulico (denominato come "Megalotto 3" dal km 365+150 al km 400+000) le valutazioni di progetto sono basate sullo stesso valore di fulminazione.

<i>Codifica:</i> LO716C E 1901 T03 IM40 IMP RE04 A.DOCX	GALLERIA NIVOLO RELAZIONE DI CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TERRA E VERIFICA SULL'IMPIANTO DI PROTEZIONE DA SCARICHE ATMOSFERICHE	<i>Data:</i> 15.04.2019	<i>Pag.</i> 18 di 18
--	--	----------------------------	-------------------------

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

ANALISI E VALUTAZIONE DEI RISCHI

Struttura: GALLERIA NIVOLO

Committente: SIRIO S.C.p.A.

Indirizzo: \$Empty_INDIRIZZO\$ - TREBISACCE (CS)

\$Empty_LUOGOSTAMPA\$, 15/04/2019

Il Tecnico

(\$Empty_TECQUAL\$ \$Empty_TECNOME\$ \$Empty_TECCOGN\$)

\$Empty_TECRAGSOC\$
\$Empty_TECQUAL\$ \$Empty_TECCOGN\$ \$Empty_TECNOME\$
\$Empty_TECINDIR\$
\$Empty_TECMUNES\$ (\$Empty_TECPROV\$)
\$Empty_TECTEL\$ - \$Empty_TECFAX\$
\$Empty_TECEMAIL\$

DATI GENERALI

Committente

Nome Cognome	\$Empty_COMNOME\$ \$Empty_COMCOGNOME\$
Codice Fiscale	\$Empty_COMCF\$
P. IVA	
Data di nascita	\$Empty_COMDATANASCITA\$
Luogo di nascita	\$Empty_COMLUOGONASCITA\$
Indirizzo	\$Empty_COMIND\$
CAP - Comune	\$Empty_COMCAP\$ \$Empty_COMCOMUNE\$ (\$Empty_COMPROV\$)
Telefono	\$Empty_COMTEL\$
Fax	\$Empty_COMFAX\$
E-mail	\$Empty_COMEMAIL\$
Ruolo	\$Empty_B_RUOLCOM_RUOLO\$
Ragione Sociale	SIRIO S.C.p.A.
Codice Fiscale	\$Empty_B_RUOLCOM_CF\$
P. IVA	\$Empty_B_RUOLCOM_PIVA\$
Indirizzo	\$Empty_B_RUOLCOM_INDIR\$
CAP - Comune	\$Empty_B_RUOLCOM_CAP\$ ROMA (RM)
Telefono	\$Empty_B_RUOLCOM_TEL\$
Fax	\$Empty_B_RUOLCOM_FAX\$
E-mail	\$Empty_B_RUOLCOM_EMAIL\$

Tecnico

Ragione Sociale	\$Empty_TECRAGSOC\$
Nome Cognome	\$Empty_TECNOME\$ \$Empty_TECCOGN\$
Qualifica	\$Empty_TECQUAL\$
Codice Fiscale	\$Empty_TECCF\$
P. IVA	\$Empty_TECPIVA\$
Data di nascita	\$Empty_TECDATANASCITA\$
Luogo di nascita	\$Empty_TECLUOGONASCITA\$
Albo	\$Empty_TECALBO\$ \$Empty_TECALBOPROV\$
N° Iscrizione	\$Empty_TECALBONISCR\$
Indirizzo	\$Empty_TECINDIR\$
CAP - Comune	\$Empty_TECCAP\$ \$Empty_TECCOMUNE\$ (\$Empty_TECPROV\$)
Telefono	\$Empty_TECTEL\$
Fax	\$Empty_TECFAX\$
E-mail	\$Empty_TECEMAIL\$

ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

Normativa di riferimento

Gli impianti sono realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti e, in particolare, dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alla norma **CEI EN 62305-2** "Protezione contro il fulmine - Parte 2: Valutazione del rischio".

Definizioni

Fulmine su una struttura

Fulmine che colpisce una struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una struttura

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una struttura da proteggere da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Fulmine su una linea

Fulmine che colpisce una linea connessa alla struttura da proteggere.

Fulmine in prossimità di una linea

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una linea connessa alla struttura da proteggere, da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

Danni ad esseri viventi

Danni, inclusa la perdita della vita, causati ad uomini o animali per elettrocuzione provocata da tensioni di contatto e di passo generate dal fulmine.

LEMP

Impulso elettromagnetico del fulmine, tutti gli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine che possono generare impulsi e campi elettromagnetici mediante accoppiamento resistivo, induttivo e capacitivo

LPL

Livello di protezione, numero, associato ad un gruppo di valori dei parametri della corrente di fulmine, relativo alla probabilità che i correlati valori massimo e minimo di progetto non siano superati in natura.

Misure di protezione

Misure da adottare nella struttura da proteggere per ridurre il rischio.

LP

Protezione contro il fulmine, sistema completo usato per la protezione contro il fulmine delle strutture, dei loro impianti interni, del loro contenuto e delle persone, costituito in generale da un LPS e dalle SPM.

Z_s

Zona di una struttura, parte di una struttura con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un gruppo unico di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

S_L

sezione di una linea, parte di una linea con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un unico gruppo di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

LPS

Sistema di protezione contro il fulmine, impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura.

SPM

Misure di protezione contro il LEMP, misure usate per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP.

SPD

Limitatore di sovratensione, dispositivo che limita le sovratensioni e scarica le correnti impulsive; contiene almeno un componente non lineare.

Sistema di SPD

Gruppo di SPD adeguatamente scelto, coordinato ed installato per ridurre i guasti degli impianti elettrici ed elettronici.

Simboli e abbreviazioni

A_D	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
A_{DJ}	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
A_I	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
A_L	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
A_M	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
B	Struttura.
C_D	Coefficiente di posizione.
C_{DJ}	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
C_E	Coefficiente ambientale.
C_I	Coefficiente di installazione di una linea.
C_L	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
C_{LD}	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
C_{LI}	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
C_T	Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.
D1	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
D2	Danno materiale.
D3	Guasto di impianti elettrici ed elettronici.
K_{S1}	Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.
K_{S2}	Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.
K_{S3}	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
K_{S4}	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
L_F	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
L_O	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
L_T	Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione.
L1	Perdita di vite umane.
L2	Perdita di servizio pubblico.
L3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
L4	Perdita economica.
N_G	Densità di fulmini al suolo.
n_z	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
n_t	Numero totale di persone (o utenti serviti).
P	Probabilità di danno.
P_A	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura).
P_B	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura).
P_C	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura).
P_M	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura).
P_U	Probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa).
P_V	Probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa).
P_W	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla linea connessa).
P_X	Probabilità di danno nella struttura.
P_Z	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulm. in prossimità della linea connessa).
P_{EB}	Probabilità che riduce P _U e P _V dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tensione di tenuta degli apparati in presenza di EB (equipotenzializzazione al fulmine).
P_{SPD}	Probabilità che riduce P _C , P _M , P _W e P _Z , quando sia installato un sistema di SPD.
P_{TA}	Probabilità che riduce P ^A dipendente dalle misure di protezione contro le tensioni di contatto e di passo.
r_t	Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie.
r_f	Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio.

r_p	Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio.
R_T	Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere.
R_A	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla struttura).
R_B	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla struttura).
R_C	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. sulla struttura).
R_M	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità della struttura).
R_U	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla linea connessa).
R_V	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla linea connessa).
R_W	Componente di rischio (danno agli impianti – fulm. sulla linea connessa).
R_Z	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità di una linea).
R1	Rischio di perdita di vite umane nella struttura.
R2	Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura.
R3	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura.
R4	Rischio di perdita economica in una struttura.
S	Struttura.
S1	Sorgente di danno (fulm. sulla struttura).
S2	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura).
S3	Sorgente di danno (fulm. sulla linea).
S4	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della linea).
t_z	Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno).
w_m	Lato di maglia.

Valutazione del rischio fulminazione

La normativa CEI EN 62305-2 specifica una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione e, se necessario, individua le misure di protezione necessarie da realizzare per ridurre il rischio a valori non superiori a quello ritenuto tollerabile dalla norma.

Sorgente di rischio, S

La corrente di fulmine è la principale sorgente di danno. Le sorgenti sono distinte in base al punto d'impatto del fulmine.

- S1 Fulmine sulla struttura.
- S2 Fulmine in prossimità della struttura.
- S3 Fulmine su una linea.
- S4 Fulmine in prossimità di una linea.

Tipo di danno, D

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da proteggere. Nelle pratiche applicazioni della determinazione del rischio è utile distinguere tra i tre tipi principali di danno che possono manifestarsi come conseguenza di una fulminazione. Essi sono le seguenti:

- D1 Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
- D2 Danno materiale.
- D3 Guasto di impianti elettrici ed elettronici.

Tipo di perdita, L

Ciascun tipo di danno, solo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite conseguenti nell'oggetto da proteggere. Il tipo di perdita che può verificarsi dipende dalle caratteristiche dell'oggetto stesso ed al suo contenuto.

- L1 Perdita di vite umane (compreso danno permanente).
- L2 Perdita di servizio pubblico.
- L3 Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- L4 Perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua. Per ciascun tipo di perdita che può verificarsi in una struttura può essere valutato il relativo rischio.













- R₁ Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R₂ Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R₃ Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R₄ Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

Rischio tollerabile, R_T

La definizione dei valori di rischio tollerabili R_T riguardanti le perdite di valore sociale sono stabilite dalla norma CEI EN 62305-2 e di seguito riportati.

- Rischio tollerabile per perdita di vite umane o danni permanenti (R_T = 10⁻⁵ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico (R_T = 10⁻³ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile (R_T = 10⁻⁴ anni⁻¹).

Per ogni tipologia di rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄), nella tabella seguente sono riportate le sue componenti:

Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
R ₁	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R ₂	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R ₃	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R ₄	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

(2) Soltanto in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

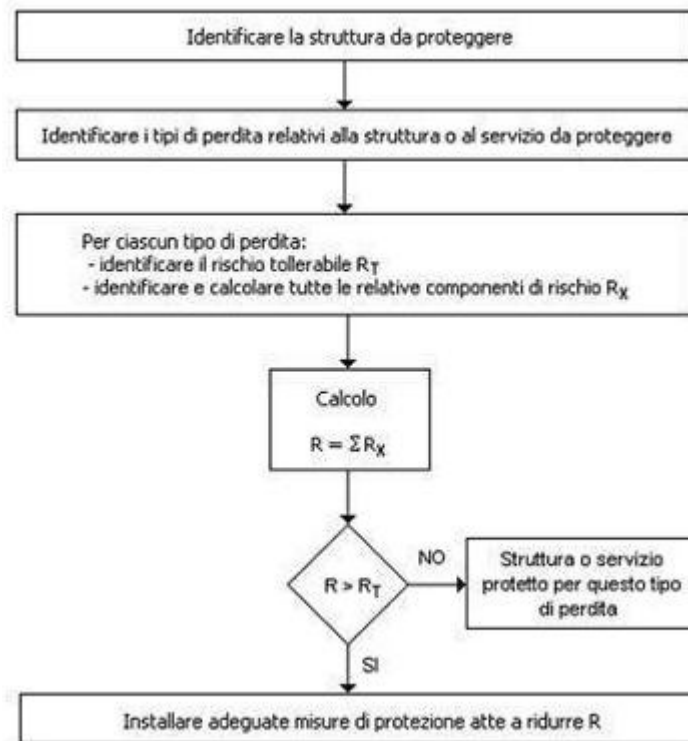
Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄) si deve provvedere a:

- determinare le componenti R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W e R_Z che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R_x;
- confrontare il rischio R_x con quello tollerabile R_T (tranne per R₄)

Per ciascun rischio devono essere effettuati i seguenti passi (vedi anche figura successiva):

- identificazione delle componenti R_x che contribuiscono al rischio;
- calcolo della componente di rischio identificata R_x;
- calcolo del rischio totale R;
- identificazione del rischio tollerabile R_T;
- confronto del rischio R con quello tollerabile R_T.



Se $R_x \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se $R_x > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere $R_x \leq R_T$ per tutti i rischi a cui è interessato l'oggetto.

Per il rischio R_x , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio R_x , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

Componenti di rischio

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno ed il tipo di danno, come si evince dalla precedente tabella.

Ciascuna delle componenti di rischio può essere calcolata mediante la seguente equazione generale:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

dove

N_x è il numero di eventi pericolosi [Allegato A, CEI EN 62305-2].

P_x è la probabilità di danno alla struttura [Allegato B, CEI EN 62305-2].

L_x è la perdita conseguente [Allegato C, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura), R_A

Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura);
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_A Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura) [§ B.2, CEI EN 62305-2].
- L_A Perdita per danno ad esseri viventi [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura), R_B

Componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono essere pericolose per l'ambiente. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_B Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.3, CEI EN 62305-2].
- L_B Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura), R_C

Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

dove:

- R_C Componente di rischio (guasto di apparati del servizio - fulmine sulla struttura);
- N_D Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_C Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.4.3, CEI EN 62305-2].
- L_C Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura), R_M

Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

dove:

- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura);
- N_M Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità della struttura [§ A.3, CEI EN 62305-2];
- P_M Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.5, CEI EN 62305-2];
- L_M Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso), R_U

Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono

verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_U = (N_L + N_{Dj}) \times P_U \times L_U$$

dove:

- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio);
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Dj} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2 della CEI EN 62305-2].
- P_U Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sul servizio connesso) [§ B.6, CEI EN 62305-2].
- L_U Perdita per danni ad esseri viventi (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso), R_V

Componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_V = (N_L + N_{Dj}) \times P_V \times L_V$$

dove:

- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_V Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.7, CEI EN 62305-2].
- L_V Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso), R_W

Componente relativa al guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_W = (N_L + N_{Dj}) \times P_W \times L_W$$

dove:

- R_W Componente di rischio (danno agli apparati - fulmine sul servizio connesso).
- N_L Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- N_{Da} Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- P_W Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN 62305-2].
- L_W Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso), R_Z

Componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di

strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$$

dove:

- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità del servizio).
- N_I Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- P_Z Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ B.9, CEI EN 62305-2].
- L_Z Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)

Il rischio di perdita di vite umane è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_Z^{(1)}$$

(1) Nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)

Il rischio di perdita di servizio pubblico è determinato dalla formula:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)

Il rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile è dato dalla formula:

$$R_3 = R_B + R_V$$

dove:

- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura)
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso)

Determinazione del rischio di perdita economica (R_4)

Il rischio di perdita economica è determinato secondo la formula:

$$R_4 = R_A^{(1)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(1)} + R_V + R_W + R_Z$$

(1) Solo in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

dove:

- R_A Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R_C Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R_M Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R_U Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R_W Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R_Z Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

Esito della valutazione

Una volta noti i valori di rischio per la struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

Caso 1 - Struttura autoprotetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R_T e non sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Autoprotetta".

Caso 2 - Struttura protetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R_T e sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

Caso 3 - Struttura NON protetta

Se almeno un rischio calcolato è superiore al rispettivo R_T devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	GALLERIA NIVOLO
Destinazione d'uso	altro
Indirizzo	
Comune	TREBISACCE (CS)
Cap	
N _G	4.00 fulmini/anno km²
Fonte dati	

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [C_D = 1]
Geometria della struttura	Struttura regolare: Lunghezza: 9.1 m Larghezza: 4.6 m Altezza: 3.5 m Altezza protrusione: 3.5 m Area raccolta della struttura isolata A_D: 675.92 m² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M: 799 098.16 m²
Schermatura	Assente K_{S1} = 1
LPS	Struttura non protetta con LPS [PB = 1.00]
N° persone totali nella struttura (L1)	n_T = 8
N° utenti serviti dalla struttura (L2)	n_T = 110

ZONE

Nella struttura sono presenti 2 zone.
I dettagli di ogni zona sono riportati nei seguenti paragrafi.

Zona Z1 - "ESTERNO"

Dati generali	
Denominazione	ESTERNO
Tipo di zona	Esterna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$rt = 10^{-2}$]
Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto	Nessuna [PTA = 1]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	4
Ore presenza/anno (t_z)	200
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-2}

Perdita inaccettabile di servizio pubblico (L2)	
N° utenti serviti dalla zona (n_z)	100
L_F	0.10
L_O	10^{-2}

Zona Z2 - "ZONA INTERNA"

Dati generali	
Denominazione	ZONA INTERNA
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$rt = 10^{-2}$]
Pericoli particolari	Nessuno [$hz = 1$]
Rischio d'incendio	Rischio d'incendio ordinario [$rf = 10^{-2}$]
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Misure di protezione manuali [$rp = 0.5$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	4
Ore presenza/anno (t_z)	100
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-2}
Perdita inaccettabile di servizio pubblico (L2)	
N° utenti serviti dalla zona (n_z)	10
L_F	0.10
L_O	10^{-2}

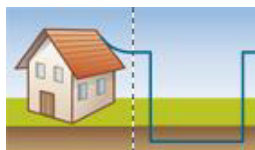
Legenda:

- L_T è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (danno D1) causato da un evento pericoloso.
- L_F è la percentuale media di vittime per danno materiale (danno D2) causato da un evento pericoloso.
- L_O è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (danno D3) causato da un evento pericoloso.

LINEE

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.

Linea L1 - "ALIMENTAZIONE ELETTRICA"



Dati generali	
Denominazione	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [Ce = 1.00]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Cartelli ammonitori [PTU = 0.10]
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PEB = 0.05]
Trasformatore AT/BT	Assente [C_T = 1]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	200 m
Schermatura cavi	Assente
Dispersore fittamente magliato	No

IMPIANTI

Nella struttura sono presenti 6 impianti interni.
I dettagli di ogni impianto sono riportati nei seguenti paragrafi.

Impianto I1 - "ILLUMINAZIONE PERMANENTE"

Dati generali	
Denominazione	ILLUMINAZIONE PERMANENTE
Linea collegata all'impianto	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Zone servite dall'impianto	ESTERNO; ZONA INTERNA
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

Impianto I2 - "ILLUMINAZIONE DI RINFORZO"

Dati generali	
Denominazione	ILLUMINAZIONE DI RINFORZO
Linea collegata all'impianto	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Zone servite dall'impianto	ESTERNO; ZONA INTERNA
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

Impianto I3 - "ALIMENTAZIONE ROTO PMF"

Dati generali	
Denominazione	ALIMENTAZIONE ROTO PMF
Linea collegata all'impianto	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Zone servite dall'impianto	ESTERNO; ZONA INTERNA
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

Impianto I4 - "ALIMENTAZIONE DOME"

Dati generali	
Denominazione	ALIMENTAZIONE DOME
Linea collegata all'impianto	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Zone servite dall'impianto	ESTERNO; ZONA INTERNA
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

Impianto I5 - "ALIMENTAZIONE SOS"

Dati generali	
Denominazione	ALIMENTAZIONE SOS
Linea collegata all'impianto	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Zone servite dall'impianto	ESTERNO; ZONA INTERNA
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

Impianto I6 - "ALIMENTAZIONE RACK DATI"

Dati generali	
Denominazione	ALIMENTAZIONE RACK DATI
Linea collegata all'impianto	ALIMENTAZIONE ELETTRICA
Zone servite dall'impianto	ESTERNO; ZONA INTERNA
Tensione di tenuta	1000
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PSPD = 0.03]

ESITO DELLA VALUTAZIONE

Perdite considerate e rischi tollerabili

Per la valutazione dei rischi sono state considerate le seguenti perdite:

L1 - Perdita di vite umane o danni permanenti













(Rischio tollerabile $R_T = 10^{-5}$)

L2 - Perdita di servizio pubblico













(Rischio tollerabile $R_T = 10^{-3}$)

Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x













Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{D3}$			N_I
Struttura	2.70×10^{-3}			3.20	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{D3}$			N_I
L1	-			-	1.60×10^{-2}			1.60

Valori di probabilità di perdita di vite umane, P_x













Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	P_A	P_B	P_C	P_M	P_U	P_V	P_W	P_Z
Z1	1	0	0	0	3×10^{-3}	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
- I1	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I2	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I3	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I4	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I5	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I6	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	3×10^{-3}	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
Z2	1	1	1	1.80×10^{-5}	3×10^{-3}	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
- I1	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I2	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I3	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I4	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I5	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-
- I6	-	-	1	3×10^{-6}	-	-	-	-

- L1	-	-	-	-	3×10^{-3}	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
------	---	---	---	---	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Ammontare delle perdite di vite umane, L_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	L_A	L_B	L_C	L_M	L_U	L_V	L_W	L_Z
Z1	1.14×10^{-6}	0	0	0	1.14×10^{-6}	0	0	0
Z2	5.71×10^{-7}	2.85×10^{-7}	0	0	5.71×10^{-7}	2.85×10^{-7}	0	0

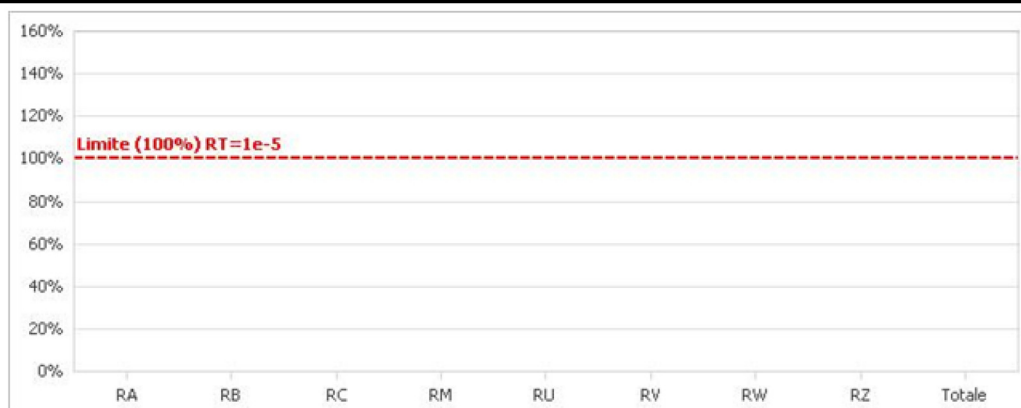
Componenti di rischio di perdita di vite umane, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1	3.09×10^{-9}	0			0	0		
Z2	1.54×10^{-9}	7.72×10^{-10}			2.74×10^{-11}	2.28×10^{-10}		
Totale	4.63×10^{-9}	7.72×10^{-10}			2.74×10^{-11}	2.28×10^{-10}		

Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$ ($R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura}$)	5.66×10^{-9}
--	-----------------------











Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

Grafico delle componenti di rischio













Valutazione del rischio di perdita inaccettabile di servizio pubblico R2






Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x







Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Eventi	N_D		N_M	$N_L + N_{DJ}$		N_I
Struttura	2.70×10^{-3}		3.20	-		-
Eventi	N_D		N_M	$N_L + N_{DJ}$		N_I
L1	-		-	1.60×10^{-2}		1.60

Valori di probabilità di perdita di servizio pubblico, P_x











Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Probabilità	P_B	P_C	P_M	P_V	P_W	P_Z
Z1	0	0	0	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
- I1	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I2	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I3	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I4	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I5	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I6	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- L1	-	-	-	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
Z2	1	1	1.80×10^{-5}	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}
- I1	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I2	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I3	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I4	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I5	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- I6	-	1	3×10^{-6}	-	-	-
- L1	-	-	-	5×10^{-2}	3×10^{-2}	3×10^{-2}

Ammontare delle perdite di servizio pubblico, L_x

Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						

						
Perdite	L_B	L_C	L_M	L_V	L_W	L_Z
Z1	0	9.09×10^{-3}	9.09×10^{-3}	0	9.09×10^{-3}	9.09×10^{-3}
Z2	4.55×10^{-5}	9.09×10^{-4}	9.09×10^{-4}	4.55×10^{-5}	9.09×10^{-4}	9.09×10^{-4}

Componenti di rischio di perdita di servizio pubblico, R_x

Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Rischio	R_B	R_C	R_M	R_V	R_W	R_Z
Z1	0	0	0	0	4.36×10^{-6}	4.36×10^{-4}
Z2	1.23×10^{-7}	2.46×10^{-6}	5.23×10^{-8}	3.64×10^{-8}	4.36×10^{-7}	4.36×10^{-5}
Totale	1.23×10^{-7}	2.46×10^{-6}	5.23×10^{-8}	3.64×10^{-8}	4.80×10^{-6}	4.80×10^{-4}

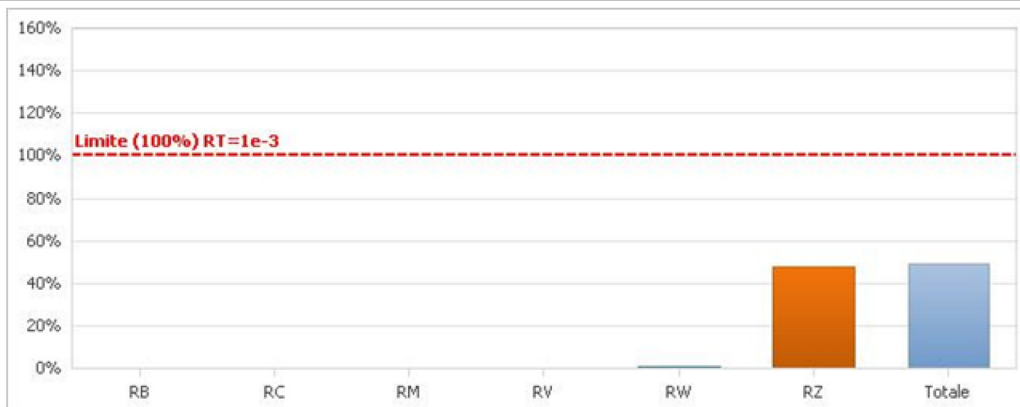
Rischio di perdita di servizio pubblico, $R_{2,Struttura}$

$(R_{2,Struttura} = R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$

4.87×10^{-4}

Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

Grafico delle componenti di rischio



CONCLUSIONI

Visti gli esiti delle verifiche effettuate, non è necessario realizzare alcun sistema di protezione contro i fulmini per la struttura in questione in quanto il rischio dovuto al fulmine è già al di sotto del limite tollerato.

Quindi la struttura è da considerarsi **PROTETTA**.

In forza della legge n° 186 del 01/03/1968 che individua nelle norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

SISTEMA DI SPD

Dati generali

Il livello di protezione utilizzato per il sistema di SPD è "Livello I": di seguito si riporta una tabella riepilogativa della sovracorrenti attese per le varie sorgenti di danno.

Sovracorrenti	Linee di energia	Linee di telecomunicazione
I_{S1} (kA)	10.000	10.000
I_{S2} (kA)	0.200	0.200
I_{S3} (kA)	10.000	2.000
I_{S4} (kA)	5.000	0.160

LPS	
LPS	Assente

Se la distanza tra l'LPS e gli impianti interni è inferiore alla distanza di sicurezza, gli impianti vanno collegati all'LPS tramite un SPD con $I_{imp} > I_{imp \text{ min}}$.

Linea "ALIMENTAZIONE ELETTRICA"

Caratteristiche linea	
Tipo sistema	TN
Tensione verso terra (V)	230
Numero conduttori attivi	4
K_e	0.25
I_F conduttori (kA)	0.00
U_c min (V)	253
$N_D + N_L$	0.019

SPD1 all'ingresso della linea nella struttura	
Marca	Generica
Modello	Generico
Connessioni (m)	0.5
Poli	Non indicato
Classe	Classe I
Funzionamento	A innesco
I_{imp} (kA)	10.0
I_n (kA)	
I_{max} (kA)	
U_c (V)	1 000
U_p (kV)	1.00
$U_{p/F}$ (kV)	1.2
SPD adatto	

ILLUMINAZIONE PERMANENTE: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m
Tensione indotta	Rilevante
Cablaggio	Conduttori attivi e PE nello stesso cavo
Schermatura	Nessuno
Lato (m)	
l_0 (m)	10.0
l_v (m)	2.0
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	0.01
$U_{p/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	

ILLUMINAZIONE DI RINFORZO: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m

Tensione indotta	Rilevante
Cablaggio	Conduttori attivi e PE nello stesso cavo
Schermatura	Nessuno
Lato (m)	
l_o (m)	10.0
l_v (m)	2.0
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	0.01
$U_{P/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	
ALIMENTAZIONE ROTO PMF: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m
Tensione indotta	Rilevante
Cablaggio	Conduttori attivi e PE nello stesso cavo
Schermatura	Nessuno
Lato (m)	
l_o (m)	10.0
l_v (m)	2.0
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	0.01
$U_{P/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	
ALIMENTAZIONE DOME: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m
Tensione indotta	Rilevante
Cablaggio	Conduttori attivi e PE nello stesso cavo
Schermatura	Nessuno
Lato (m)	
l_o (m)	10.0
l_v (m)	2.0
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	0.01
$U_{P/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	
ALIMENTAZIONE SOS: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m
Tensione indotta	Rilevante
Cablaggio	Conduttori attivi e PE nello stesso cavo
Schermatura	Nessuno
Lato (m)	

l _o (m)	10.0
l _v (m)	2.0
d (m)	
U _w (V)	1.0
U _i (kV)	0.01
U _{p/F} ≤ (U _w -U _i)/2	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	
ALIMENTAZIONE RACK DATI: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	> 10 m
Tensione indotta	Rilevante
Cablaggio	Conduttori attivi e PE nello stesso cavo
Schermatura	Nessuno
Lato (m)	
l _o (m)	10.0
l _v (m)	2.0
d (m)	
U _w (V)	1.0
U _i (kV)	0.01
U _{p/F} ≤ (U _w -U _i)/2	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	

Impianto "ILLUMINAZIONE PERMANENTE

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	Generica
Modello	Generico
Connessioni (m)	1.0
Poli	Non indicato
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I _{imp} (kA)	
I _n (kA)	10.0
I _{max} (kA)	10.00
U _c (V)	255
U _p (kV)	1.00
U _{p/F} (kV)	1.0
SPD adatto	
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
Tensione indotta	
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	

l _o (m)	
l _v (m)	
d (m)	
U _w (V)	1.0
U _i (kV)	
U _{p/F} ≤ U _w	Verificata
Apparecchiature protette	

Impianto "ILLUMINAZIONE DI RINFORZO

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	Generica
Modello	Generico
Conessioni (m)	1.0
Poli	Non indicato
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I _{imp} (kA)	
I _n (kA)	10.0
I _{max} (kA)	10.00
U _c (V)	255
U _p (kV)	1.00
U _{p/F} (kV)	1.0
SPD adatto	
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
Tensione indotta	
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	
l _o (m)	
l _v (m)	
d (m)	
U _w (V)	1.0
U _i (kV)	
U _{p/F} ≤ U _w	Verificata
Apparecchiature protette	

Impianto "ALIMENTAZIONE ROTO PMF

SPD2 nei quadri secondari	
---------------------------	--

Marca	Generica
Modello	Generico
Connessioni (m)	1.0
Poli	Non indicato
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I_{imp} (kA)	
I_n (kA)	10.0
I_{max} (kA)	10.00
U_c (V)	255
U_p (kV)	1.00
$U_{p/F}$ (kV)	1.0
SPD adatto	
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
Tensione indotta	
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	
l_o (m)	
l_v (m)	
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	
$U_{p/F} \leq U_w$	Verificata
Apparecchiature protette	

Impianto "ALIMENTAZIONE DOME

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	Generica
Modello	Generico
Connessioni (m)	1.0
Poli	Non indicato
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I_{imp} (kA)	
I_n (kA)	10.0
I_{max} (kA)	10.00
U_c (V)	255
U_p (kV)	1.00
$U_{p/F}$ (kV)	1.0
SPD adatto	

Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
Tensione indotta	
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	
l_0 (m)	
l_v (m)	
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	
$U_{P/F} \leq U_w$	Verificata
Apparecchiature protette	

Impianto "ALIMENTAZIONE SOS"

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	Generica
Modello	Generico
Conessioni (m)	1.0
Poli	Non indicato
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I_{imp} (kA)	
I_n (kA)	10.0
I_{max} (kA)	10.00
U_c (V)	255
U_p (kV)	1.00
$U_{P/F}$ (kV)	1.0
SPD adatto	
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
Tensione indotta	
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	
l_0 (m)	
l_v (m)	
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	
$U_{P/F} \leq U_w$	Verificata

Apparecchiature protette

Impianto "ALIMENTAZIONE RACK DATI

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	Generica
Modello	Generico
Connessioni (m)	1.0
Poli	Non indicato
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I_{imp} (kA)	
I_n (kA)	10.0
I_{max} (kA)	10.00
U_c (V)	255
U_p (kV)	1.00
$U_{p/F}$ (kV)	1.0
SPD adatto	
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
Tensione indotta	
Cablaggio	
Schermatura	
Lato (m)	
l_o (m)	
l_v (m)	
d (m)	
U_w (V)	1.0
U_i (kV)	
$U_{p/F} \leq U_w$	Verificata
Apparecchiature protette	

Verifiche SPD

Verifiche SPD ALIMENTAZIONE ELETTRICA (Linea di energia)

ALIMENTAZIONE ELETTRICA			
SPD1 all'ingresso della linea nella struttura			
Installare SPD di classe I	Classe I	✓	SPD adatto

$U_c \geq U_c \text{ min}$	$1\ 000 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_{\text{imp}} \geq I_{S3}$	$10.0 \geq 10.0$	✓	SPD adatto
$U_{P/F} \leq (U_W - U_i)/2$ (ILLUMINAZIONE PERMANENTE)	$1.2 \leq 0.5$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
$U_{P/F} \leq (U_W - U_i)/2$ (ILLUMINAZIONE DI RINFORZO)	$1.2 \leq 0.5$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
$U_{P/F} \leq (U_W - U_i)/2$ (ALIMENTAZIONE ROTO PMF)	$1.2 \leq 0.5$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
$U_{P/F} \leq (U_W - U_i)/2$ (ALIMENTAZIONE DOME)	$1.2 \leq 0.5$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
$U_{P/F} \leq (U_W - U_i)/2$ (ALIMENTAZIONE SOS)	$1.2 \leq 0.5$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
$U_{P/F} \leq (U_W - U_i)/2$ (ALIMENTAZIONE RACK DATI)	$1.2 \leq 0.5$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
ILLUMINAZIONE PERMANENTE			
SPD2 nei quadri secondari			
Installare SPD di classe I o II	Classe II	✓	SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.2$	✓	SPD adatto
$U_{P/F} \leq U_W$	$1.0 \leq 1.0$	✓	Apparecchiature protette
ILLUMINAZIONE DI RINFORZO			
SPD2 nei quadri secondari			
Installare SPD di classe I o II	Classe II	✓	SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.2$	✓	SPD adatto
$U_{P/F} \leq U_W$	$1.0 \leq 1.0$	✓	Apparecchiature protette
ALIMENTAZIONE ROTO PMF			
SPD2 nei quadri secondari			
Installare SPD di classe I o II	Classe II	✓	SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.2$	✓	SPD adatto
$U_{P/F} \leq U_W$	$1.0 \leq 1.0$	✓	Apparecchiature protette
ALIMENTAZIONE DOME			
SPD2 nei quadri secondari			
Installare SPD di classe I o II	Classe II	✓	SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.2$	✓	SPD adatto
$U_{P/F} \leq U_W$	$1.0 \leq 1.0$	✓	Apparecchiature protette
ALIMENTAZIONE SOS			
SPD2 nei quadri secondari			
Installare SPD di classe I o II	Classe II	✓	SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.2$	✓	SPD adatto
$U_{P/F} \leq U_W$	$1.0 \leq 1.0$	✓	Apparecchiature protette
ALIMENTAZIONE RACK DATI			

SPD2 nei quadri secondari			
Installare SPD di classe I o II	Classe II	✓	SPD adatto
$U_c \geq U_c \text{ min}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.2$	✓	SPD adatto
$U_{p/F} \leq U_w$	$1.0 \leq 1.0$	✓	Apparecchiature protette

INDICE

DATI GENERALI	2
Committente	2
Tecnico	2
ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE	3
Normativa di riferimento	3
Definizioni	3
Simboli e abbreviazioni	4
Valutazione del rischio fulminazione	5
Metodo di valutazione	6
Componenti di rischio	7
Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)	10
Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)	10
Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)	10
Determinazione del rischio di perdita economica (R4)	11
Esito della valutazione	11
STRUTTURA	12
ZONE	13
Zona Z1 - "ESTERNO"	13
Zona Z2 - "ZONA INTERNA"	14
LINEE	15
Linea L1 - "ALIMENTAZIONE ELETTRICA"	15
IMPIANTI	16
Impianto I1 - "ILLUMINAZIONE PERMANENTE"	16
Impianto I2 - "ILLUMINAZIONE DI RINFORZO"	17
Impianto I3 - "ALIMENTAZIONE ROTO PMF"	18
Impianto I4 - "ALIMENTAZIONE DOME"	19
Impianto I5 - "ALIMENTAZIONE SOS"	20
Impianto I6 - "ALIMENTAZIONE RACK DATI"	21
ESITO DELLA VALUTAZIONE	22
Perdite considerate e rischi tollerabili	22
Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1	22
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	22
Valori di probabilità di perdita di vite umane, PX	22
Ammontare delle perdite di vite umane, LX	23
Componenti di rischio di perdita di vite umane, RX	23
Grafico delle componenti di rischio	23
Valutazione del rischio di perdita inaccettabile di servizio pubblico R2	25
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	25
Valori di probabilità di perdita di servizio pubblico, PX	25
Ammontare delle perdite di servizio pubblico, LX	25
Componenti di rischio di perdita di servizio pubblico, RX	26
Grafico delle componenti di rischio	26
CONCLUSIONI	27
SISTEMA DI SPD	28
Dati generali	28
Linea "ALIMENTAZIONE ELETTRICA"	29
Impianto "ILLUMINAZIONE PERMANENTE"	31

Impianto "ILLUMINAZIONE DI RINFORZO	32
Impianto "ALIMENTAZIONE ROTO PMF	32
Impianto "ALIMENTAZIONE DOME	33
Impianto "ALIMENTAZIONE SOS	34
Impianto "ALIMENTAZIONE RACK DATI	34
Verifiche SPD	35
Verifiche SPD ALIMENTAZIONE ELETTRICA (Linea di energia)	35
INDICE	38