



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI

DIREZIONE GENERALE DEI LAVORI PUBBLICI
SERVIZIO DEL GENIO CIVILE DI ORISTANO

**Interventi straordinari per gli adempimenti sulla sicurezza nei luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08, nell'immobile in uso al CFVA (Corpo Forestale e Vigilanza Ambientale), sito in Oristano Via Curreli n.6, Oristano (cod. 220).
- CUP: E15E20004000002. - PROGETTO ESECUTIVO -**

CALCOLO DELLE PROBABILITA' DI FULMINAZIONE



Mario Bosu
29.09.2026
08:45:55
GMT+01:00



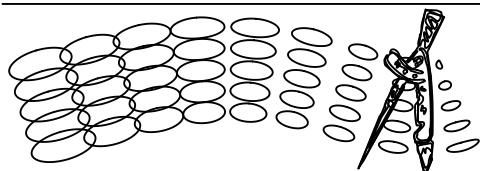
GIANNI PORCU
Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di
Oristano
Ingegnere
28.09.2026
23:13:38
GMT+02:00

I PROGETTISTI

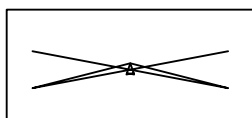
Ing. Mario Bosu
Ing. Gianni Porcu
Arch. Jr. Carlo Orrù

IL R. U. P.

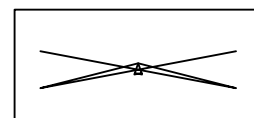
Ing. Stefano Piga



Studio Tecnico Associato degli ingegneri Porcu-Sechi
www.porcusechi.it



STUDIO TECNICO ING. MARIO BOSU
C.so Umberto I, n° 1/b - Ghilarza (OR) - 09074 - 347/70.25.286
bosum@tiscali.it -- mario.bosu@ingpec.eu



30/07/2026

RE05

SCALA : _#_

REV. 03

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

ANALISI E VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINI

Struttura: Autoparco forestale

Committente: Genio Civile di Oristano

Indirizzo: via G. Curreli - Oristano (OR)

Oristano, 06/07/2026

Il Tecnico
(Ing. Mario Bosu)

PREMESSA

Il presente calcolo di probabilità di fulminazione è relativo al seguente intervento:

Interventi straordinari per gli adempimenti sulla sicurezza nei luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08, nell'immobile in uso al CFVA (Corpo Forestale e Vigilanza Ambientale), Via Curreli n.6, Oristano (cod. 220). –

CIG: B8A29CA504A - CUP: E15E20004000002 -

COMMITTENTE

Regione Autonoma della Sardegna - Servizio Genio Civile di Oristano

Il Tecnico

(Ing. Mario Bosu)

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alle seguenti norme:

CEI EN IEC 62305-1:2025 "Protezione contro i fulmini - Parte 1: Principi generali"

CEI EN IEC 62305-2:2025 "Protezione contro i fulmini - Parte 2: Valutazione del rischio"

CEI EN IEC 62305-3:2025 "Protezione contro i fulmini - Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"

CEI EN IEC 62305-4:2025 "Protezione contro i fulmini - Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"

DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Struttura da proteggere

Qualsiasi luogo, impianto o edificio idoneo a contenere persone, animali, materiali o impianti.

Struttura con rischio di esplosione

Strutture con aree pericolose classificate in conformità alla Norma IEC 60079-10-1 e IEC 60079-10-2 o materiali solidi esplosivi

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.

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.

Danni ad esseri viventi

Danni, inclusi decessi, ad esseri viventi a seguito di fulmini.

Danni fisici

Danni ad una struttura (o al suo contenuto) causati dagli effetti meccanici, termici, chimici o esplosivi del fulmine.

Guasto degli impianti interni

Danni agli impianti elettrici ed elettronici dovuti a LEMP.

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 o la frequenza di danno.

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_{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.
D_{1D}	Danno ad esseri viventi per fulminazione diretta della persona.
D_{1T}	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione causata da accoppiamento resistivo ed induttivo.
D₂	Danni a causa di scintille pericolose che possono innescare incendi o esplosioni.
D₃	Danno da sovratensioni causate da tutte le sorgenti di danno.
F	Frequenza di danno
F_C	Frequenza di danno a seguito di fulminazione diretta della struttura (sorgente di danno S ₁)
F_M	Frequenza di danno a seguito di fulminazione indiretta della struttura (sorgente di danno S ₂)
F_T	Frequenza di danno tollerabile
F_W	Frequenza di danno a seguito di fulminazione diretta di una linea (sorgente di danno S ₃)
F_Z	Frequenza di danno a seguito di fulminazione indiretta di una linea (sorgente di danno S ₄)
k	Fattore di correlazione tra N _G e N _{SG}
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.
L_X	Percentuale media tipica delle perdite conseguenti ad un danno
L₁	Percentuale media tipica delle perdite per lesioni ad esseri umani.
L₂	Percentuale media tipica delle perdite per danni fisici alla struttura e al suo contenuto (incendio e/o esplosione).
L₃	Percentuale media tipica delle perdite per guasto degli impianti elettrici ed elettronici.
L_{AD}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni dovute alla fulminazione diretta della persona (sorgente di danno S ₁)
L_{AT}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a seguito di elettrocuzione causata da accoppiamento resistivo ed induttivo (sorgente di danno S ₁)

L_{B1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a seguito di danni fisici subiti dalla struttura (incendio ed esplosione – sorgente di danno S ₁)
L_{B2}	Percentuale media tipica di perdite per danni fisici alla struttura (incendio ed esplosione – sorgente di danno S ₁)
L_{BT}	Percentuale media tipica di perdite totali per danni fisici della struttura incluso il danno ambientale (sorgente di danno S ₁)
L_{C1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni (sorgente di danno S ₁)
L_{C2}	Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni (sorgente di danno S ₁)
L_D	Percentuale media tipica di vittime a causa di lesioni per fulminazione diretta della persona rispetto al numero totale di persone esposte nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso
L_E	Percentuale media tipica di perdite all'esterno della struttura rispetto alla massima perdita nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso
L_{F1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a seguito di incendio o esplosione rispetto al numero totale di persone presenti nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.
L_{F2}	Percentuale media tipica di perdite per incendio ed esplosione in relazione alla massima perdita possibile nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.
L_{M1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni (sorgente di danno S ₂)
L_{M2}	Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni (sorgente di danno S ₂)
L_{O1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni rispetto al numero totale di persone esposte nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.
L_{O2}	Percentuale media tipica di danni fisici a causa di un guasto agli impianti interni rispetto alla massima perdita possibile nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso
L_T	Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione per tensioni di passo e contatto rispetto al numero totale di persone nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.
L_{UT}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione a causa di accoppiamento resistivo e induttivo (sorgente di danno S ₃)
L_{V1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di danni fisici alla struttura (incendio o esplosione – sorgente di danno S ₃)
L_{V2}	Percentuale media tipica di perdite causate da danni fisici alla struttura (incendio o esplosione – sorgente di danno S ₃)
L_{VT}	Percentuale media tipica di perdite totali causate da danni fisici alla struttura incluso il danno ambientale (sorgente di danno S ₃)
L_{W1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni (sorgente di danno S ₃)
L_{W2}	Percentuale media tipica di perdite causate dal guasto degli impianti interni (sorgente di danno S ₃)
L_{Z1}	Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni (sorgente di danno S ₄)
L_{Z2}	Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni (sorgente di danno S ₄)
N_x	Numero di eventi pericolosi per anno
N_D	Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine sulla struttura (sorgente di danno S ₁)
N_M	Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine vicino alla struttura (sorgente di danno S ₂)
N_{DJ}	Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine sulla struttura adiacente collegata alla linea (sorgente di danno S ₃)
N_L	Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine sulla linea (sorgente di danno S ₃)
N_I	Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine vicino alla linea (sorgente di danno S ₄)
N_G	Densità di fulmini al suolo per anno.
N_{SG}	Densità di punti d'impatto di fulmini al suolo per anno

P_X	Probabilità di danno.
P_{AD}	Probabilità che un fulmine sulla struttura colpisca una persona.
P_{am}	Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi lesioni ad esseri viventi per tensioni di passo e contatto
P_{AT}	Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi tensioni di passo e contatto pericolose
P_B	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura – S ₁).
P_C	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine sulla struttura – S ₁).
P_e	Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso
P_{EB}	Probabilità che si possa generare una scintilla tra elementi conduttivi elettricamente isolati nonostante la protezione tramite EB (equipotenzializzazione al fulmine).
P_{LD}	Probabilità che riduce P _U , P _V e P _W dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tenuta all'impulso delle apparecchiature (fulmine sulla linea – S ₃)
P_{LPS}	Probabilità che dipende dal livello di protezione (LPL) dell'impianto di protezione dai fulmini (LPS)
P_M	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura – S ₄)
P_{MS}	Probabilità che riduce P _M dipendente dalla schermatura, dal cablaggio e dalla tenuta all'impulso delle apparecchiature.
P_O	Fattore di probabilità dipendente dalla posizione di una persona nell'area esposta
P_P	Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso
P_Q	Probabilità che il valore della carica associata alla corrente che scorre attraverso il dispositivo di protezione da sovratensione (SPD) superi il valore tollerato dall'SPD stesso
P_S	Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi scintille pericolose
P_{SPD}	Probabilità che un'apparecchiatura venga danneggiata nonostante la presenza di un sistema coordinato di SPD.
P_{TWS}	Probabilità che il sistema di allerta temporali (TWS) non rilevi un evento correlato ai fulmini nell'area prestabilita
P_U	Probabilità di lesioni ad esseri umani per elettrocuzione (fulmine sulla linea connessa - S ₃).
P_V	Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sulla linea connessa - S ₃).
P_W	Probabilità di guasto agli impianti interni (fulmine sulla linea connessa - S ₃).
P_Z	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della linea connessa - S ₄).
r_f	Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio.
r_I	Distanza convenzionale per il calcolo dell'area A _I
r_M	Distanza convenzionale per il calcolo dell'area A _M
r_p	Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio.
r_t	Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie.
R	Rischio
R_T	Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere.
R_{AD}	Componenti di rischio (danno ad esseri viventi per fulminazione diretta di una persona esposta – fulmine sulla struttura – S ₁)
R_{AT}	Componente di rischio (danno ad esseri viventi per elettrocuzione a causa di tensioni di passo e contatto – fulmine sulla struttura – S ₁).
R_B	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulmine sulla struttura – S ₁).
R_C	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulmine sulla struttura – S ₁).
R_M	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulmine in prossimità della struttura – S ₂).
R_U	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulmine sulla linea connessa – S ₃).
R_V	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulmine sulla linea connessa – S ₃).
R_W	Componente di rischio (danno agli impianti – fulmine sulla linea connessa – S ₃).
R_Z	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulmine in prossimità di una linea – S ₄).
R_S	Resistenza dello schermo per unità di lunghezza del cavo
S	Struttura.
S₁	Sorgente di danno (fulmine sulla struttura).

S₂	Sorgente di danno (fulmine in prossimità della struttura).
S₃	Sorgente di danno (fulmine sulla linea).
S₄	Sorgente di danno (fulmine in prossimità della linea).
t_z	Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno).
U_w	Tenuta all'impulso di un'apparecchiatura
w_m	Lato di maglia.

METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

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

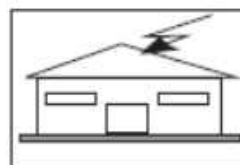
Sorgente di danno, S

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

SORGENTI DI DANNO

SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA

S1 Fulminazione diretta della struttura



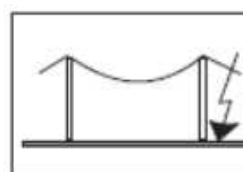
S2 Fulminazione indiretta della struttura



S3 Fulminazione diretta della linea entrante



S4 Fulminazione indiretta della linea entrante



Cause di danno, D

Un fulmine può causare danni in diversi modi a seconda delle caratteristiche della struttura che viene valutata. Si possono quindi distinguere quattro cause di danno:

- D_{1D} Elettrocuzione per fulminazione diretta.
- D_{1T} Elettrocuzione per tensioni di passo e contatto.
- D₂ Scintille pericolose all'interno della struttura che innescano incendio ed esplosione o che causano effetti meccanici e chimici, o entrambi, che possono anche mettere in pericolo l'ambiente.
- D₃ Sovratensioni dovute a tutte le sorgenti di danno che causano guasto degli impianti elettrici ed elettronici interni.

Tipo di perdita, L

Ciascuna causa di danno, sola o in combinazione con le altre, può produrre diversi tipi di perdite nella struttura da proteggere. Il tipo di perdita che ne consegue dipende dalle caratteristiche della

struttura stessa e dal suo contenuto. Ai fini della valutazione del rischio si considerano i seguenti tipi di perdita:

- L₁ Perdita dovuta a lesioni ad esseri umani. È una conseguenza delle cause D_{1D}, D_{1T}, D₂ e anche D₃ in strutture in cui il guasto degli impianti interni mette in pericolo la vita umana, ad esempio in strutture con rischio di esplosione e ospedali.
- L₂ Perdita dovuta a danni fisici della struttura e del suo contenuto. E' una conseguenza delle cause D₂ e D₃ (D₃ di solito per strutture con rischio esplosione).
- L₃ Perdita dovuta al guasto degli impianti interni; è una conseguenza della causa D₃.

La perdita del patrimonio culturale è inclusa nel tipo di perdita L₂, la perdita di servizio pubblico è inclusa nei tipi di perdita L₂/L₃ e nella frequenza di danno.

Il tipo di perdita L₃ può compromettere in modo inaccettabile i servizi forniti dai sistemi interni della struttura. In questo caso, il calcolo della frequenza di danno viene eseguito in aggiunta al calcolo del rischio. La frequenza di danno può riguardare perdite puramente economiche o perdite di servizio. Quando il danno ai sistemi interni implica conseguenze per l'ambiente o coinvolge apparecchiature critiche per la sicurezza, le conseguenze delle perdite devono essere affrontate mediante il calcolo del rischio e non della frequenza di danno.

Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua.

Il rischio R deve essere valutato con riferimento alla sicurezza delle persone (tipo di perdita L₁) e della struttura incluso il suo contenuto (tipo di perdita L₂).

Il rischio è la somma delle componenti di rischio in relazione alla sorgente di danno o al tipo di perdita.

Calcolo del rischio in relazione alla sorgente di danno	Calcolo del rischio in relazione al tipo di perdita
$R = R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} + R_{S4}$ $R_{S1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{B2} + R_{C1} + R_{C2}$ $R_{S2} = R_{M1} + R_{M2}$ $R_{S3} = R_U + R_{V1} + R_{V2} + R_{W1} + R_{W2}$ $R_{S4} = R_{Z1} + R_{Z2}$	$R = R_{L1} + R_{L2}$ $R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_U + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1}$ $R_{L2} = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2}$

Rischio tollerabile, R_T

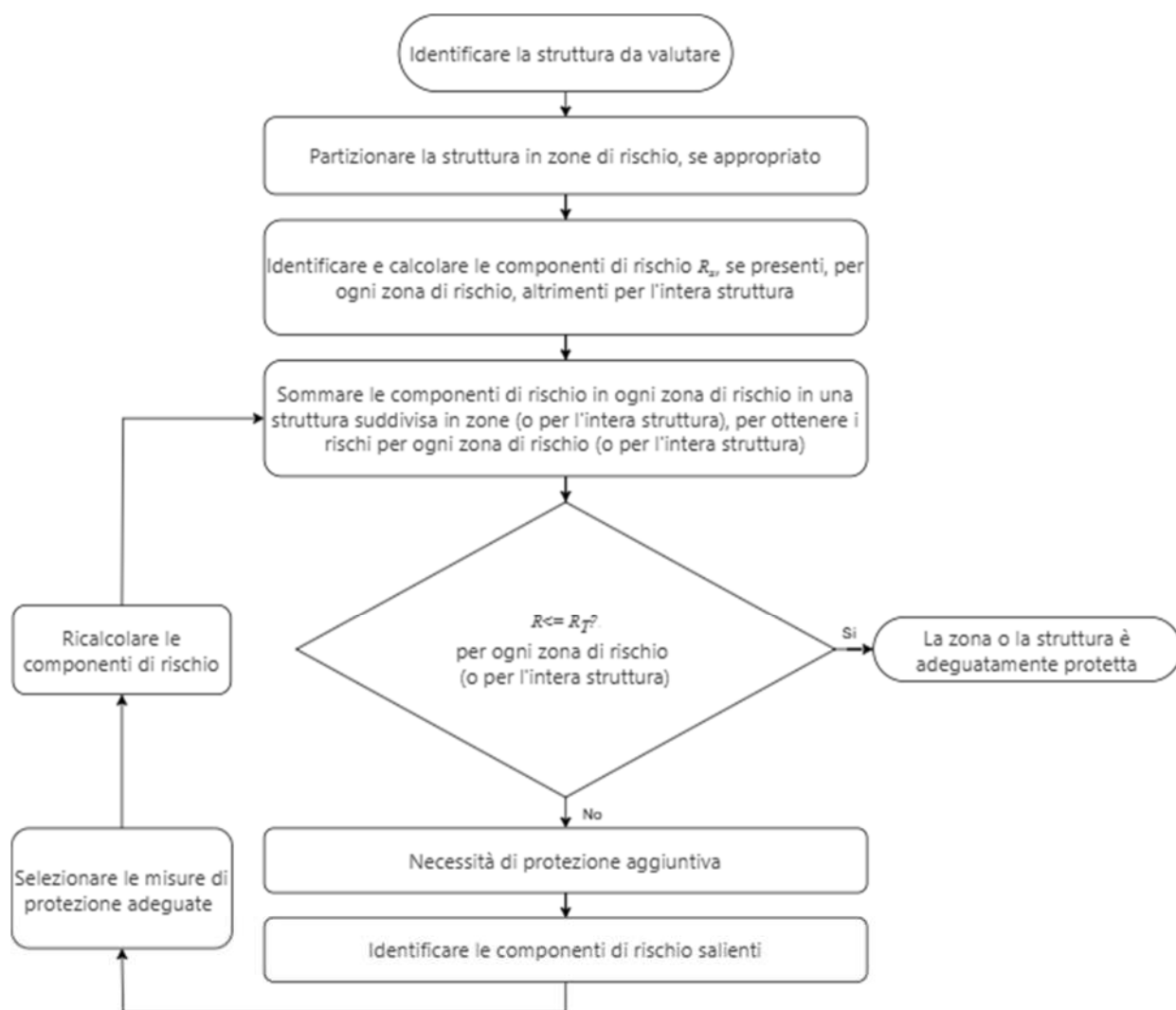
La definizione dei valori di rischio tollerabili R_T riguardanti le perdite di valore sociale sono stabilite dalla norma CEI EN IEC 62305-2:

- Rischio tollerabile R_T = 10⁻⁵ anni⁻¹.

Descrizione del metodo

Ai fini della valutazione del rischio si deve provvedere a:

- identificare la struttura oggetto di valutazione e le sue caratteristiche;
- identificare le eventuali zone in cui suddividere la struttura;
- determinare, per ciascuna zona, le componenti di rischio R_x;
- determinare, per ciascuna zona, il valore del rischio complessivo R come somma delle singole componenti di rischio;
- confrontare, per ciascuna zona, il rischio R_{L1} e R_{L2} con quello tollerabile R_T.



Il valore tollerabile stabilito dalla norma per R_T è 1×10^{-5} .

Se R_{L1} o $R_{L2} > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere R_{L1} e $R_{L2} \leq R_T$.

Se R_{L1} e $R_{L2} \leq R_T$ la protezione contro il fulmine non è necessaria. Tuttavia può essere opportuno adottare comunque misure di protezione per ridurre la frequenza di danno o se si vuole comunque ridurre le perdite.

La componenti di rischio ed il calcolo del rischio

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno, la causa di danno e il tipo di perdita, come si evince dalla tabella successiva.

Sorgente di danno	S ₁				S ₂	S ₃			S ₄
Causa di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃
Tipo di perdita	L ₁	L ₁	L ₁ , L ₂	L ₁ ^a , L ₂ ^b	L ₁ ^a , L ₂ ^b	L ₁	L ₁ , L ₂	L ₁ ^a , L ₂ ^b	L ₁ ^a , L ₂ ^b

Comp. di rischio	R _{AD}	R _{AT}	R _{B1} , R _{B2}	R _{C1} , R _{C2}	R _{M1} , R _{M2}	R _{U1}	R _{V1} , R _{V2}	R _{W1} , R _{W2}	R _{Z1} , R _{Z2}
------------------	-----------------	-----------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

(a) Nel caso di strutture in cui il guasto dei sistemi interni mette in pericolo la vita umana, ad esempio in strutture con rischio di esplosione e ospedali.

(b) Nel caso di strutture con rischio esplosione

(c) Valido solo per le persone esposte su una struttura come parcheggi su un tetto o terrazza, balconi

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 IEC 62305-2].

P_X è la probabilità di danno [Allegato B, CEI EN IEC 62305-2].

L_X è l'entità della perdita conseguente [Allegato C, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_{AT} (S₁, D_{1T}, L₁)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che provoca vittime per lesioni da elettrocuzione dovute a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno ai conduttori di discesa per fulminazione diretta della struttura.

$$R_{AT} = N_D \times P_{AT} \times P_P \times L_{AT}$$

dove:

- R_{AT} Componente di rischio (S₁, D_{1T}, L₁);
- N_D Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].
- P_{AT} Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi tensioni di passo e contatto pericolose [§ B.2, CEI EN IEC 62305-2].
- P_P Probabilità che una persona si trovi in un posto pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{AT} Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione per accoppiamento resistivo ed induttivo [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_{AD} (S₁, D_{1D}, L₁)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che causa lesioni (inclusa la morte) ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a fulminazione diretta della persona.

$$R_{AD} = N_D \times P_{AD} \times P_P \times L_{AD}$$

dove:

- R_{AD} Componente di rischio (S₁, D_{1D}, L₁);
- N_D Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].
- P_{AD} Probabilità che un fulmine sulla struttura colpisca una persona [§ B.3, CEI EN IEC 62305-2].
- P_P Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{AD} Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione causata per fulminazione diretta della persona [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_B (S₁, D₂, L₁ e L₂)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che causa scariche pericolose all'interno di essa, le quali sono in grado di innescare un incendio o un'esplosione o provocare effetti meccanici o chimici che possono causare lesioni alle persone (L₁), danni alla struttura e pericolo per l'ambiente (L₂).

$$R_B = R_{B1} + R_{B2} = N_D \times P_B \times (P_P \times L_{B1} + L_{B2})$$

dove:

- R_B Componente di rischio (S₁, D₂, L₁ + L₂).
- R_{B1} Componente di rischio (S₁, D₂, L₁).
- R_{B2} Componente di rischio (S₁, D₂, L₂).
- N_D Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].

- P_B Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.4, CEI EN IEC 62305-2].
- P_P Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{B1} Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di danni materiali alla struttura (incendio ed esplosione) [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{B2} Percentuale media tipica di perdite per danni fisici alla struttura (incendio ed esplosione) [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_C (S_1 , D_3 , L_1 e L_2)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che provoca il guasto di impianti interni causato dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani (L_1) o danni materiali alla struttura (L_2) o pericolo per l'ambiente (L_1 e L_2).

$$R_C = R_{C1} + R_{C2} = N_D \times P_C \times P_e \times (P_p \times L_{C1} + L_{C2})$$

dove:

- R_C Componente di rischio (S_1 , D_3 , L_1 + L_2);
- R_{C1} Componente di rischio (S_1 , D_3 , L_1).
- R_{C2} Componente di rischio (S_1 , D_3 , L_2).
- N_D Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].
- P_C Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.5, CEI EN IEC 62305-2].
- P_e Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- P_P Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{C1} Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{C2} Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_M (S_2 , D_3 , L_1 e L_2)

Componente relativa alla fulminazione indiretta della linea che provoca guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani (L_1) o danni materiali alla struttura (L_2) o pericolo per l'ambiente (L_1 e L_2).

$$R_M = R_{M1} + R_{M2} = N_M \times P_M \times P_e \times (P_p \times L_{M1} + L_{M2})$$

dove:

- R_M Componente di rischio (S_2 , D_3 , L_1 + L_2);
- R_{M1} Componente di rischio (S_2 , D_3 , L_1).
- R_{M2} Componente di rischio (S_2 , D_3 , L_2).
- N_M Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione in prossimità della struttura) [§ A.3, CEI EN IEC 62305-2];
- P_M Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.6, CEI EN IEC 62305-2];
- P_e Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- P_P Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{M1} Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2]
- L_{M2} Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC

Se si vuole tener conto delle tensioni indotte da un fulmine a terra in prossimità della struttura, usando gli effetti schermanti delle eventuali strutture esistenti in zona, il valore di N_M può essere moltiplicato per il coefficiente ambientale C_E [§ A.3, CEI EN IEC 62305-2]

Nei sistemi di alimentazione, gli eventi pericolosi N_M possono essere solitamente trascurati a causa dell'uso di edifici in cemento con maglia di armatura densa [§ A.3, CEI EN IEC 62305-2]

Componente di rischio, R_U (S_3 , D_1 , L_1)

Componente relativa alla fulminazione diretta della linea che provoca vittime per lesioni da elettrocuzione a causa di tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times P_p \times L_{UT}$$

dove:

- R_U Componente di rischio (S_3 , D_3 , L_1);
- N_L Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta di una linea [§ A.4, CEI EN IEC 62305-2].
- N_{DJ} Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea [§ A.2.5 della CEI EN IEC 62305-2].
- P_U Probabilità di lesioni a esseri umani per elettrocuzione (fulmine sulla linea in ingresso) [§ B.7, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{UT} Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione a causa di accoppiamento resistivo e induttivo [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_V (S_3 , D_2 , L_1 e L_2)

Componente relativa alla fulminazione diretta della linea che provoca 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. Tali scariche pericolose sono in grado di innescare un incendio o un'esplosione o provocare effetti meccanici o chimici che possono causare lesioni alle persone (L_1), danni alla struttura e pericolo per l'ambiente (L_2).

$$R_V = R_{V1} + R_{V2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times (P_p \times L_{V1} + L_{V2})$$

dove:

- R_V Componente di rischio (S_3 , D_2 , L_1+L_2).
- R_{V1} Componente di rischio (S_3 , D_2 , L_1).
- R_{V2} Componente di rischio (S_3 , D_2 , L_2).
- N_L Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta di una linea [§ A.4, CEI EN IEC 62305-2].
- N_{DJ} Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea [§ A.2.5, CEI EN IEC 62305-2].
- P_V Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN IEC 62305-2].
- P_p Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{V1} Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di danni fisici alla struttura [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{V2} Percentuale media tipica di perdite causate da danni fisici alla struttura [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_W (S_3 , D_3 , L_1 e L_2)

Componente relativa alla fulminazione diretta della linea che provoca guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani (L_1) o danni materiali alla struttura (L_2)

o pericolo per l'ambiente (L_1 e L_2).

$$R_W = R_{W1} + R_{W2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e \times (P_p \times L_{W1} + L_{W2})$$

dove:

- R_W Componente di rischio (S_3, D_3, L_1+L_2).
- R_{W1} Componente di rischio (S_3, D_3, L_1).
- R_{W2} Componente di rischio (S_3, D_3, L_2).
- N_L Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della linea [§ A.4, CEI EN IEC 62305-2].
- N_{DJ} Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea [§ A.2.5, CEI EN IEC 62305-2].
- P_W Probabilità di guasto di un impianto interno [§ B.9, CEI EN IEC 62305-2].
- P_e Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- P_p Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{W1} Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{W2} Percentuale media tipica di perdite causate dal guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Componente di rischio, R_Z (S_4, D_3, L_1 e L_2)

Componente relativa alla fulminazione indiretta della linea che provoca guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani (L_1) o danni materiali alla struttura (L_2) o pericolo per l'ambiente (L_1 e L_2).

$$R_Z = R_{Z1} + R_{Z2} = N_I \times P_Z \times P_e \times (P_p \times L_{Z1} + L_{Z2})$$

dove:

- R_Z Componente di rischio ($S_4, D_3, L_1 + L_2$).
- R_{Z1} Componente di rischio (S_4, D_3, L_1).
- R_{Z2} Componente di rischio (S_4, D_3, L_2).
- N_I Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione in prossimità di una linea [§ A.5, CEI EN IEC 62305-2].
- P_Z Probabilità di guasto di un impianto interno [§ B.10, CEI EN IEC 62305-2].
- P_e Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- P_p Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{Z1} Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- L_{Z2} Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

Esito della valutazione

Una volta noti i valori di rischio di ogni zona della struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

Struttura protetta

Se per ogni zona della struttura risulta $R_{L1} \leq R_T$ e $R_{L2} \leq R_T$ la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

Struttura NON protetta

Se per almeno una zona della struttura risulta $R_{L1} > R_T$ o $R_{L2} > R_T$ devono essere adottate misure di protezione al fine di ridurre il rischio ad un valore tollerabile.

Determinazione della frequenza di danno

La frequenza di danno F è il numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad una apparecchiatura di un impianto interno e si valuta secondo la formula:

$$F = F_C + F_M + F_W + F_Z$$

dove:

- F_C Frequenza di danno per fulmini sulla struttura (sorgente S1).
- F_M Frequenza di danno per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2).
- F_W Frequenza di danno per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- F_Z Frequenza di danno per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

Di seguito si riportano le formule per il calcolo delle componenti della frequenza di danno:

$$F_C = N_D \times P_C \times P_e$$

$$F_M = N_M \times P_M \times P_e$$

$$F_W = (N_L \times N_{DJ}) \times P_W \times P_e$$

$$F_Z = N_I \times P_Z \times P_e$$

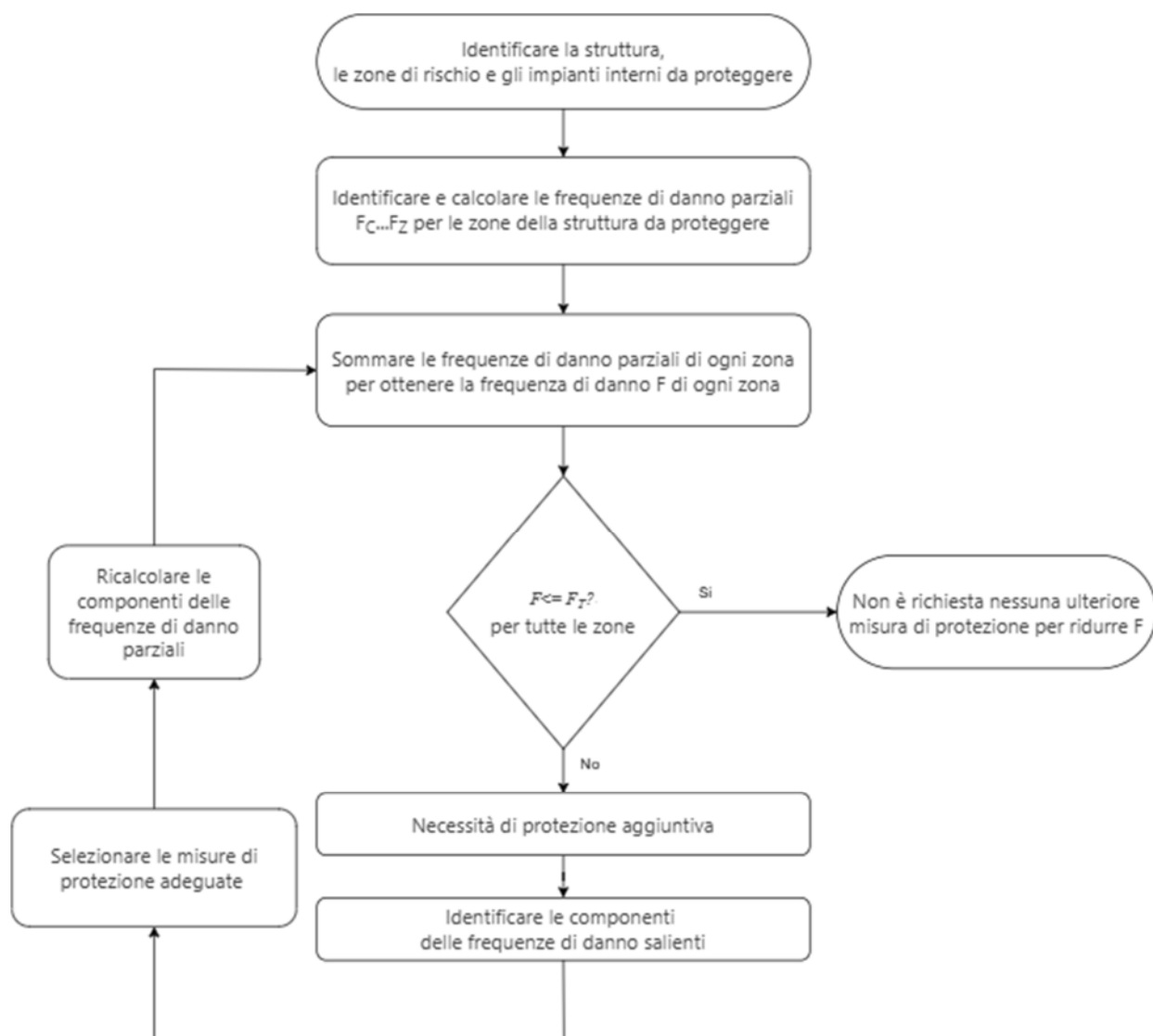
Il significato di tali coefficienti è riportato nei paragrafi precedenti.

La frequenza di danno tollerabile F_T è il massimo valore della frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni. Fissare i valori di F_T è responsabilità del proprietario o del gestore della struttura tenendo presente che la norma suggerisce i seguenti valori tollerabili:

$F_T = 0,1 \text{ [anno]}^{-1}$ per impianti interni critici nello svolgimento della loro funzione in relazione all'indisponibilità di servizio richiesta

$F_T = 1 \text{ [anno]}^{-1}$ per impianti interni non critici

Se il valore di F risulta essere superiore al valore F_T stabilito, la frequenza di danno risulta essere **non rispettata** e, in tal caso, dovrebbero essere adottate misure di protezione contro le sovratensioni al fine di ridurre il valore della frequenza di danno al di sotto del valore tollerabile.



STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	Autoparco forestale
Destinazione d'uso	altro
Indirizzo	via G. Curreli
Comune	Oristano (OR)
Cap	
N_G	0.60 fulmini / km² / anno
N_{SG}	1.1 punti / km² / anno
Fonte dati	TNE
P_s	1.0 Struttura ben connessa a terra, in calcestruzzo armato a continuità elettrica o a maglia metallica interconnessa.
Resistività ρ (Ωm)	400

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [$C_D = 1$]
Geometria della struttura	Struttura regolare: Lunghezza: 55.0 m Larghezza: 22.0 m Altezza: 14.0 m Altezza protrusione: 17.0 m r_M: 233.33 m (per il calcolo di A_M) Area raccolta della struttura isolata A_D: 13 219.769 m² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M: 206 975.600 m²
Schermatura	Magliata conforme CEI EN 62305-4 Lato di magliatura: 5.0 m Presenti impianti interni a distanza inferiore al lato di magliatura $K_{S1} = 0.600$
Effetti schermanti strutture esistenti	Ambiente urbano (alt.edifici ≤ 20) [$CE = 0.10$]
LPS	Struttura protetta con LPS di classe IV [$PLPS = 0.20$]
TWS (Thunderstorm Warning System)	Assente

ZONE

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

Zona Z1 - "Zona 1"

Dati generali	
Denominazione	Zona 1
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$r_t = 10^{-2}$]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Elevato [$r_f = 0.1$]
Misure antincendio	Misure di protezione manuali [$r_p = 0.5$]
Valore r_p della zona	0.5
Schermatura	Assente $K_{s2} = 1$
Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto	Nessuna protezione [$P_{am} = 1$]
Frequenza di danno tollerabile	$F_T = 0.500$

Perdite	
Pericolo di vita per guasto impianti	No
Danno materiale per guasto impianti	No
Persone esposte alla fulminazione diretta	Si, $P_o = 1$
Tempo di esposizione persone	$t_z = 8\,760$ ore/anno, $P_p = 1.00$
Tempo di esposizione apparecchiature	$t_e = 8\,760$ ore/anno, $P_e = 1.000000$

Danni alle persone	
L_T	0.010
L_D	0.100
L_{F1}	0.200
L_{O1}	0.010

Danni materiali	
L_{F2}	0.200
L_{O2}	0.010

Zona Z2 - "Zona 2"

Dati generali	
Denominazione	Zona 2
Tipo di zona	Esterna
Pavimentazione	Cemento ($R \leq 1k\Omega$) [$r_t = 10^{-2}$]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Elevato [$r_f = 0.1$]
Misure antincendio	Misure di protezione manuali [$r_p = 0.5$]
Valore r_p della zona	0.5
Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto	Nessuna protezione [$P_{am} = 1$]
Frequenza di danno tollerabile	$F_T=0.500$

Perdite	
Pericolo di vita per guasto impianti	No
Danno materiale per guasto impianti	No
Persone esposte alla fulminazione diretta	Si, $P_0= 1$
Tempo di esposizione persone	$t_z= 8\,760$ ore/anno, $P_p= 1.00$
Tempo di esposizione apparecchiature	$t_e= 8\,760$ ore/anno, $P_e= 1.00000$

Danni alle persone	
L_T	0.010
L_D	0.100
L_{F1}	0.200
L_{O1}	0.010

Danni materiali	
L_{F2}	0.200
L_{O2}	0.010

LINEE

Alla struttura sono collegate 2 linee.
I dettagli di ogni linea sono riportati nei seguenti paragrafi.

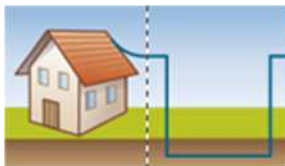
Linea L1 - "Linea 1"



Dati generali	
Denominazione	Linea 1
Tipo linea	Linea di energia
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PEB = 0.05]
Trasformatore AT/BT	Assente

Sezione 1 - Dati sezione interrata	
Lunghezza	50 m
Ambiente circostante	Urbano [Ce = 0.10]
A _L	2 000 m²
A _T	96 397.491 m²
Sezione 1 - Dati protezione	
Schermatura cavi	Assente
Dispersore fittamente magliato	No
C _{LD}	1
C _T	1
C _{LI}	1
C _I	0.300
P _{LD}	1

Linea L2 - "Linea 2"



Dati generali	
Denominazione	Linea 2
Tipo linea	Linea di segnale
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PEB = 0.05]
Trasformatore AT/BT	Assente

Sezione 1 - Dati sezione interrata	
Lunghezza	50 m
Ambiente circostante	Urbano [Ce = 0.10]
A _L	2 000 m²
A _T	96 397.491 m²
Sezione 1 - Dati protezione	
Schermatura cavi	Assente
Dispersore fittamente magliato	No
C _{LD}	1
C _T	1
C _{LI}	1
C _I	0.300
P _{LD}	1

IMPIANTI

Nella struttura sono presenti 2 impianti interni.

I dettagli di ogni impianto sono riportati nei seguenti paragrafi.

Impianto I1 - "Impianto 1"

Dati generali	
Denominazione	Impianto 1
Linee collegate all'impianto	Linea 1
Zone servite dall'impianto	Zona 1; Zona 2
C _{LD}	1

Z1: Zona 1	
Tensione di tenuta	1.5 kV
Tipo cablaggio	Cavi non schermati – nessuna precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire - (area della spira nell'ordine di 50 m²)
K _{S3}	1
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV
P _{SPD, PC}	0.05000
P _{SPD, PM}	0.05000
P _{SPD, PW}	0.05000
P _{SPD, PZ}	0.05000

Z2: Zona 2	
Tensione di tenuta	1.5 kV
Tipo cablaggio	Cavi non schermati – nessuna precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire - (area della spira nell'ordine di 50 m²)
K _{S3}	1
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV
P _{SPD, PC}	0.05000
P _{SPD, PM}	0.05000
P _{SPD, PW}	0.05000
P _{SPD, PZ}	0.05000

Impianto I2 - "Impianto 2"

Dati generali	
Denominazione	Impianto 2
Linee collegate all'impianto	Linea 2
Zone servite dall'impianto	Zona 1
C _{LD}	1

Z1: Zona 1	
Tensione di tenuta	1.5 kV
Tipo cablaggio	Cavi non schermati – nessuna precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare spire - (area della spira nell'ordine di 50 m²)
K _{S3}	1
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV
P _{SPD, PC}	0.05000
P _{SPD, PM}	0.05000
P _{SPD, PW}	0.05000
P _{SPD, PZ}	0.05000

ESITO DELLA VALUTAZIONE

Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x

Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4
									
Tipo di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃
									
Eventi	N _D				N _M	N _L + N _{D3}			N _I
Struttura	0.014				0.012	-			-
Eventi	N _D				N _M	N _L + N _{D3}			N _I
L1	-				-	6.48 x 10 ⁻⁵			0.002
L2	-				-	6.48 x 10 ⁻⁵			0.002

Valori di probabilità di perdita di vite umane, P_x

Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4
									
Tipo di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃

									
Probabilità	P _{AD}	P _{AT}	P _B	P _C	P _M	P _U	P _V	P _W	P _Z
Z1	0.200	0.002	0.010	0.098	0.036	-	-	-	-
- I1	-	-	-	0.050	0.018	-	-	-	-
- I2	-	-	-	0.050	0.018	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	-	5 x 10 ⁻⁴	0.003	0.050	0.050
- L2	-	-	-	-	-	5 x 10 ⁻⁴	0.003	0.050	0.050
Z2	0.200	0.002	0.010	0.050	0.018	-	-	-	-
- I1	-	-	-	0.050	0.018	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	-	5 x 10 ⁻⁴	0.003	0.050	0.050

Ammontare delle perdite di vite umane, L_{1X}

Perdite L _{1X} 									
Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4
									
Tipo di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃
									
Perdite	L _{AD}	L _{AT}	L _{B1}	L _{C1}	L _{M1}	L _U	L _{V1}	L _{W1}	L _{Z1}
Z1	0.100	0.010	0.200	0.010	0.010	0.010	0.200	0.010	0.010
Z2	0.100	0.010	0.200	0.010	0.010	0.010	0.200	0.010	0.010

Perdite L _{2X} 						
Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D ₂	D ₃	D ₃	D ₂	D ₃	D ₃
						
Perdite	L _{B2}	L _{C2}	L _{M2}	L _{V2}	L _{W2}	L _{Z2}
Z1	0.200	0.010	0.010	0.200	0.010	0.010
Z2	0.200	0.010	0.010	0.200	0.010	0.010

Componenti di rischio

Rischio R _{L1} 									
Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4
									
Tipo di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃

Rischio	R_{AD}	R_{AT}	R_{B1}	R_{C1}	R_{M1}	R_U	R_{V1}	R_{W1}	R_{Z1}	R_{L1}
Z1	2.86×10^{-4}	2.86×10^{-7}	2.86×10^{-5}			6.48×10^{-10}	6.48×10^{-8}			3.14×10^{-4}
Z2	2.86×10^{-4}	2.86×10^{-7}	2.86×10^{-5}			3.24×10^{-10}	3.24×10^{-8}			3.14×10^{-4}

Rischio R_{L2}							
Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4	
Tipo di danno	D₂	D₃	D₃	D₂	D₃	D₃	
Rischio	R_{B2}	R_{C2}	R_{M2}	R_{V2}	R_{W2}	R_{Z2}	R_{L2}
Z1	2.86×10^{-5}			6.48×10^{-8}			2.86×10^{-5}
Z2	2.86×10^{-5}			3.24×10^{-8}			2.86×10^{-5}

Rischio R_{L1} ed R_{L2}										
Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4	
Tipo di danno	D_{1D}	D_{1T}	D₂	D₃	D₃	D_{1T}	D₂	D₃	D₃	
Rischio	R_{AD}	R_{AT}	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z	R
Z1	2.86×10^{-4}	2.86×10^{-7}	5.71×10^{-5}			6.48×10^{-10}	1.30×10^{-7}			3.43×10^{-4}
Z2	2.86×10^{-4}	2.86×10^{-7}	5.71×10^{-5}			3.24×10^{-10}	6.48×10^{-8}			3.43×10^{-4}

Alcune zone presentano dei valori di rischio R_{L1} e/o R_{L2} superiori al valore tollerato R_T.

VALUTAZIONI SUL CALCOLO

Visti gli esiti delle verifiche effettuate, è necessario realizzare un sistema di protezione contro i fulmini per la struttura in questione in quanto alcune zone presentano valori di rischio R_{L1} e/o R_{L2} al di sopra del limite tollerato. Nel caso in oggetto è sufficiente inserire gli SPD SULLA LINEA DEI SEGNALI PER OTTENERE LA PROTEZIONE ADEGUATA ALLA BISOGNA

FREQUENZA DI DANNO

La tabella seguente riporta il calcolo della frequenza di danno per ogni zona della struttura corrente:

Zona	Impianto	F_c	F_M	F_W	F_z	F	F_T
Z1	Impianto 1	7.14×10^{-4}	2.24×10^{-4}	3.24×10^{-6}	8.68×10^{-5}	0.001	0.500
	Impianto 2	7.14×10^{-4}	2.24×10^{-4}	3.24×10^{-6}	8.68×10^{-5}	0.001	0.500
	Zona	0.001	4.43×10^{-4}	6.48×10^{-6}	1.74×10^{-4}	0.002	0.500
Z2	Impianto 1	7.14×10^{-4}	2.24×10^{-4}	3.24×10^{-6}	8.68×10^{-5}	0.001	0.500
	Zona	7.14×10^{-4}	2.24×10^{-4}	3.24×10^{-6}	8.68×10^{-5}	0.001	0.500

Legenda:

- F_c Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)
- F_M Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)
- F_W Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- F_z Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)
- F Frequenza di danno F: numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad un'apparecchiatura di un impianto interno
- F_T Frequenza di danno tollerabile

La frequenza di danno tollerabile risulta essere **RISPETTATA**.

SOLUZIONI

Di seguito si riportano le soluzioni proposte con i relativi costi per abbassare il rischio della struttura in esame.

SOLUZIONE "Soluzione 1"

Lista delle migliorie della soluzione

Migliorie LINEE / IMPIANTO	Unità di misura	Q.tà	Costo unitario (€)	Costo miglioria (€)
Scaricatore di sovrat. SPD T2 100kA 3P+N NR + Segnal distanz, SP 10X38 3P+N, inclusi 3 fusibili -gG ACR 10,3x38-20A s/seg. e 1 fusibile neutro 10,3x38 -	A corpo	5.00	1 080.00	5 400.00
Scaricatore di sovrat. SPD T2 20kA 3P+N NR + Segnal distanz, SP 10X38 3P+N, inclusi 3 fusibili -gG ACR 10,3x38-20A s/seg. e 1 fusibile neutro 10,3x38	A corpo	4.00	480.00	1 920.00
NB il costo unitario sucitato considera oltre al dispositivo, il costo di posa in opera compresa la quota di riferimento per i cavi di collegamento a terra				
Costo totale (€)				7 320.00

Componenti di rischio utilizzando le migliorie della soluzione

Rischio R_{L1} 										
Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4	
										
Tipo di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	
										
Rischio	R _{AD}	R _{AT}	R _{B1}	R _{C1}	R _{M1}	R _U	R _{V1}	R _{W1}	R _{Z1}	R _{L1}
Z1	1.43×10^{-6}	1.43×10^{-9}	1.43×10^{-7}			1.30×10^{-10}	1.30×10^{-8}			1.59×10^{-6}
Z2	1.43×10^{-6}	1.43×10^{-9}	1.43×10^{-7}			6.48×10^{-11}	6.48×10^{-9}			1.58×10^{-6}

Rischio R_{L2} 							
Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4	
							
Tipo di danno	D ₂	D ₃	D ₃	D ₂	D ₃	D ₃	
							
Rischio	R _{B2}	R _{C2}	R _{M2}	R _{V2}	R _{W2}	R _{Z2}	R _{L2}
Z1	1.43×10^{-7}			1.30×10^{-8}			1.56×10^{-7}
Z2	1.43×10^{-7}			6.48×10^{-9}			1.49×10^{-7}

Rischio R_{L1}  ed R_{L2} 										
Sorgente di danno	S1				S2	S3			S4	
										
Tipo di danno	D _{1D}	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	D _{1T}	D ₂	D ₃	D ₃	
										
Rischio	R _{AD}	R _{AT}	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z	R
Z1	1.43×10^{-6}	1.43×10^{-9}	2.86×10^{-7}			1.30×10^{-10}	2.59×10^{-8}			1.74×10^{-6}
Z2	1.43×10^{-6}	1.43×10^{-9}	2.86×10^{-7}			6.48×10^{-11}	1.30×10^{-8}			1.73×10^{-6}

Per tutte le zone i valori dei rischi R_{L1} e R_{L2} sono inferiori al valore di rischio tollerato R_T .

FREQUENZA DI DANNO

La tabella seguente riporta il calcolo della frequenza di danno per ogni zona della struttura corrente utilizzando le migliori della soluzione:

Zona	Impianto	F _C	F _M	F _W	F _Z	F	F _T
Z1	Impianto 1	7.14×10^{-5}	4.47×10^{-7}	3.24×10^{-7}	1.74×10^{-7}	7.23×10^{-5}	0.500
	Impianto 2	7.14×10^{-5}	4.47×10^{-7}	3.24×10^{-7}	1.74×10^{-7}	7.23×10^{-5}	0.500
	Zona	1.42×10^{-4}	8.94×10^{-7}	6.48×10^{-7}	3.47×10^{-7}	1.44×10^{-4}	0.500
Z2	Impianto 1	7.14×10^{-4}	2.24×10^{-4}	3.24×10^{-6}	8.68×10^{-5}	0.001	0.500
	Zona	7.14×10^{-4}	2.24×10^{-4}	3.24×10^{-6}	8.68×10^{-5}	0.001	0.500

Legenda:

- F_C Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)
- F_M Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)
- F_W Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- F_Z Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)
- F Frequenza di danno F: numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad un'apparecchiatura di un impianto interno
- F_T Frequenza di danno tollerabile

CONCLUSIONI

Visti gli esiti delle verifiche effettuate utilizzando le migliori proposte dalla soluzione corrente,

la struttura è da considerarsi PROTETTA.

La frequenza di danno tollerabile risulta essere RISPETTATA.

SISTEMA DI SPD

Dati generali

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

Sovracorrenti	Linee di energia	Linee di telecomunicazione
I_{S1} (kA)	5.000	5.000
I_{S2} (kA)	0.100	0.100
I_{S3} (kA)	5.000	1.000
I_{S4} (kA)	2.500	0.300

Corrente di fulmine	
Struttura di riferimento	Struttura
Sorgenti di danno considerate	S1, S2, S3, S4
LPS	Classe IV
Corrente di fulmine (kA)	100
Numero linee	1
K_e	0.500
I_F (kA)	50.00

Distanza di sicurezza	
Numero calate	1 (tab. 13)
K_c	1.00
Materiale isolante	Aria
Lunghezza l (m)	1.00
Distanza d (m)	1.00
Num. conduttori n'	1
Distanza di sicurezza s (m)	0.04
$I_{imp \text{ min}}$ (kA)	50.00
La distanza d è maggiore o uguale alla distanza di sicurezza s Non è necessario collegare gli impianti all'LPS tramite un SPD	

Linea "Linea 1"

Caratteristiche linea	
Tipo sistema	TT
Tensione verso terra (V)	230
U _c min (V)	253
Numero conduttori attivi	2
I _F conduttori (kA)	25.00
N _D + N _L + N _{DJ}	0.014

SPD1 all'ingresso della linea nella struttura	
Marca	BTicino
Modello	F10V1
Poli	1P
Classe	Classe I
Funzionamento	A limitazione
I _{imp} (kA)	50.0
I _n (kA)	
I _{max} (kA)	
U _c (V)	255
U _p (kV)	2.50
SPD adatto	

Installazione	
Connessioni (m)	0.50
I _{SPD} (kA)	25.00
ΔU (kV)	1.25
U _{P/F} (kV)	3.75

Impianto 1: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Rilevante
Tensione indotta	Rilevante
l _o (m)	10.0
l _p (m)	2.0
e (cm)	0.5
d (m)	2.0
U _w (V)	1.50
U _i (kV)	0.18
$U_{P/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	

Impianto "Impianto 1"

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	ABB
Modello	M510914
Poli	4P
Classe	Classe II
Funzionamento	A innesco
I_{imp} (kA)	
I_n (kA)	5.0
I_{max} (kA)	0.00
U_c (V)	255
U_p (kV)	2.50
SPD adatto	

Installazione	
Connessioni (m)	0.50
I_{SPD} (kA)	5.00
ΔU (kV)	0.25
$U_{p/F}$ (kV)	2.50
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Rilevante
Tensione indotta	Rilevante
l_o (m)	10.0
l_p (m)	2.0
e (cm)	0.5
d (m)	1.0
U_w (V)	1.50
U_i (kV)	0.18
$U_{p/f} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	

SPD3 sulle apparecchiature	
Marca	Generica
Modello	Generico
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
SPD adatto	

Installazione	
Conessioni (m)	0.50
I_{SPD} (kA)	5.00
ΔU (kV)	0.25
$U_{p/F}$ (kV)	1.00
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
U_w (V)	1.50
$U_{p/f} \leq U_w$	Verificata
Apparecchiature protette	

Linea "Linea 2"

Caratteristiche linea	
Tipo sistema	TT
Tensione verso terra (V)	60
U _c min (V)	66
Numero conduttori attivi	2
I _F conduttori (kA)	25.00
N _D + N _L + N _{DJ}	0.014

SPD1 all'ingresso della linea nella struttura	
Marca	Generica
Modello	Generico
Poli	2P
Classe	Classe I
Funzionamento	A limitazione
I _{imp} (kA)	50.0
I _n (kA)	
I _{max} (kA)	
U _c (V)	75
U _p (kV)	0.08
SPD adatto	

Installazione	
Connessioni (m)	0.50
I _{SPD} (kA)	25.00
ΔU (kV)	1.25
U _{p/F} (kV)	1.33

Impianto 2: tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Rilevante
Tensione indotta	Rilevante
l _o (m)	10.0
l _p (m)	2.0
e (cm)	0.5
d (m)	1.0
U _w (V)	1.50
U _i (kV)	0.18
$U_{p/f} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	

Impianto "Impianto 2"

SPD2 nei quadri secondari	
Marca	Generica
Modello	Generico
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
SPD adatto	

Installazione	
Conessioni (m)	0.50
I_{SPD} (kA)	5.00
ΔU (kV)	0.25
$U_{p/F}$ (kV)	1.00
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Rilevante
Tensione indotta	Rilevante
l_o (m)	10.0
l_p (m)	2.0
e (cm)	0.5
d (m)	1.0
U_w (V)	1.50
U_i (kV)	0.18
$U_{p/F} \leq (U_w - U_i)/2$	Non verificata
Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.	

SPD3 sulle apparecchiature	
Marca	Generica
Modello	Generico
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

SPD adatto	
Installazione	
Connessioni (m)	0.50
I_{SPD} (kA)	5.00
ΔU (kV)	0.25
$U_{p/f}$ (kV)	1.00
Tensione indotta nel circuito	
Lungh. circuito	Trascurabile
U_w (V)	1.50
$U_{p/f} \leq U_w$	Verificata
Apparecchiature protette	

Verifiche SPD

Verifiche SPD Linea 1 (Linea di energia)

Linea 1			
SPD1 all'ingresso della linea nella struttura			
$U_c \geq U_{c \text{ min}}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_{imp} \geq I_F$	$50.0 \geq 25.0$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$50.0 \geq 0.1$	✓	SPD adatto
$I_{imp} \geq I_{S3}$	$50.0 \geq 5.0$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$50.0 \geq 2.5$	✓	SPD adatto
$U_{p/f} \leq (U_w - U_i)/2$ (Impianto 1)	$3.75 \leq 0.66$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
Impianto 1			
SPD2 nei quadri secondari			
$U_c \geq U_{c \text{ min}}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S1}$	$5.0 \geq 5.0$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$5.0 \geq 0.1$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$5.0 \geq 2.5$	✓	SPD adatto
$U_{p/f} \leq (U_w - U_i)/2$	$2.50 \leq 0.66$	⚠	Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
SPD3 sulle apparecchiature			
$U_c \geq U_{c \text{ min}}$	$255 \geq 253$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S1}$	$10.0 \geq 5.0$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.1$	✓	SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$10.0 \geq 2.5$	✓	SPD adatto
$U_{p/f} \leq U_w$	$1.00 \leq 1.50$	✓	Apparecchiature protette

Verifiche SPD Linea 2 (Linea di segnale)

Linea 2			
SPD1 all'ingresso della linea nella struttura			
$U_c \geq U_{c \text{ min}}$	$75 \geq 66$		SPD adatto
$I_{\text{imp}} \geq I_F$	$50.0 \geq 25.0$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.1$		SPD adatto
$I_{\text{imp}} \geq I_{S3}$	$50.0 \geq 1.0$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$10.0 \geq 0.3$		SPD adatto
$U_{p/f} \leq (U_W - U_i)/2$ (Impianto 2)	$1.33 \leq 0.66$		Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
Impianto 2			
SPD2 nei quadri secondari			
$U_c \geq U_{c \text{ min}}$	$255 \geq 66$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S1}$	$10.0 \geq 5.0$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.1$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$10.0 \geq 0.3$		SPD adatto
$U_{p/f} \leq (U_W - U_i)/2$	$1.00 \leq 0.66$		Le apparecchiature risultano protette da un SPD a valle.
SPD3 sulle apparecchiature			
$U_c \geq U_{c \text{ min}}$	$255 \geq 66$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S1}$	$10.0 \geq 5.0$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S2}$	$10.0 \geq 0.1$		SPD adatto
$I_n \geq I_{S4}$	$10.0 \geq 0.3$		SPD adatto
$U_{p/f} \leq U_W$	$1.00 \leq 1.50$		Apparecchiature protette

INDICE

Premessa	2
Committente.....	2
Tecnico	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI	3
Simboli e abbreviazioni.....	4
METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	7
Descrizione del metodo	8
La componenti di rischio ed il calcolo del rischio	9
Esito della valutazione	13
Determinazione della frequenza di danno	14
STRUTTURA	16
ZONE	17
Zona Z1 - "Zona 1".....	17
Zona Z2 - "Zona 2".....	18
LINEE	19
Linea L1 - "Linea 1".....	19
Linea L2 - "Linea 2".....	20
IMPIANTI	21
Impianto I1 - "Impianto 1"	21
Impianto I2 - "Impianto 2"	22
ESITO DELLA VALUTAZIONE	23
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_x	23
Valori di probabilità di perdita di vite umane, P_x	23
Ammontare delle perdite di vite umane, L_{1x}	23
Componenti di rischio.....	24
CONCLUSIONI	25
FREQUENZA DI DANNO	26
SOLUZIONI	27
SOLUZIONE "Soluzione 1"	27
Lista delle migliorie della soluzione	27
Componenti di rischio utilizzando le migliorie della soluzione.....	27
FREQUENZA DI DANNO	28
CONCLUSIONI	28
SISTEMA DI SPD	30
Dati generali	30
Linea "Linea 1"	31
Impianto "Impianto 1"	31
Linea "Linea 2"	34
Impianto "Impianto 2"	34
Verifiche SPD	36
Verifiche SPD Linea 1 (Linea di energia)	36
Verifiche SPD Linea 2 (Linea di segnale)	36
INDICE	38