

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

FA20, FA39, FA40

CABINA MT/BT TIPO 1

RELAZIONE TECNICA – PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Data: _____	 Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	F A 0 0 B 0	0 0 3	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	INTEGRATED DESIGN Ing. Carlo Porelli Iscritto Ordine Ingegneri di Bologna al n. 1985/A Data: 30/11/18
A	Emissione	R. Migliari	30/11/18	C. Porelli	30/11/18	Liani	30/11/18	
B								
C								

CIG. 751447334A

File: INOR11EE2ROFA00B0003A_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

INDICE

1.	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	4
2.	DATI GENERALI.....	5
2.1.	COMMITTENTE.....	5
2.2.	TECNICO.....	5
3.	PREMESSA.....	6
4.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
5.	DATI INIZIALI.....	6
5.1.	DENSITÀ ANNUA DI FULMINI A TERRA:.....	6
5.2.	STRUTTURA:.....	6
5.3.	LINEE ELETTRICHE ENTRANTI ED IMPIANTI INTERNI:.....	7
5.4.	DEFINIZIONE ZONE:.....	7
6.	DEFINIZIONI.....	7
7.	SIMBOLI E ABBREVIAZIONI.....	8
8.	VALUTAZIONE DEL RISCHIO FULMINAZIONE.....	9
9.	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI VITE UMANE (R1).....	14
10.	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI SERVIZIO PUBBLICO (R2).....	14
11.	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI PATRIMONIO CULTURALE INSOSTITUIBILE (R3).....	14
12.	DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA ECONOMICA (R4).....	14
13.	ESITO DELLA VALUTAZIONE.....	14
14.	ANALISI E VALUTAZIONE RISCHIO FULMINAZIONE DELLA STRUTTURA IN OGGETTO.....	16
14.1.	STRUTTURA.....	16
14.2.	ZONE.....	17
14.2.1.	Zona Z1 - "Zona 1".....	17
14.2.2.	Zona Z2 - "Zona 2".....	18
14.3.	LINEE.....	19
14.3.1.	Linea L1 - "Linea 1".....	19
14.3.2.	Linea L2 - "Linea 2".....	20

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO FA 00B0 003

Rev.
A

Foglio
3 di 27

14.4. IMPIANTI	21
14.4.1. <i>Impianto I1 - "Impianto 1"</i>	21
14.4.2. <i>Impianto I2 - "Impianto 2"</i>	22
15. ESITO DELLA VALUTAZIONE.....	23
15.1. PERDITE CONSIDERATE E RISCHI TOLLERABILI.....	23
15.2. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI VITE UMANE R1	23
15.3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA INACCETTABILE DI SERVIZIO PUBBLICO R2	25
16. CONCLUSIONI	27

1. ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODICE											DESCRIZIONE
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	0	3	001	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Abaco e dettagli murature
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	0	2	001	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Particolari quota fondazioni
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	0	3	002	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Particolari quota copertura
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	0	6	001	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Particolari messe a terra
INOR	11	E	E2	B	C	FA	00	0	0	001	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Abaco finestre e griglie
INOR	11	E	E2	B	C	FA	00	0	0	002	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Abaco porte esterne ed interne
INOR	11	E	E2	4	T	FA	00	0	0	001	FA00 - Fabbricati Tecnologici - Particolari costruttivi validi per tutte le tipologie di fabbricati - Tabella materiali
INOR	11	E	E2	R	O	FA	00	B	0	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Relazione tecnica generale
INOR	11	E	E2	P	B	FA	00	B	0	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Piante architettoniche
INOR	11	E	E2	P	B	FA	00	B	0	002	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Prospetti e sezioni architettonici
INOR	11	E	E2	R	O	FA	00	B	0	003	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Relazione tecnica - protezione contro i fulmini
INOR	11	E	E2	D	X	FA	00	B	6	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Elaborato sistema anticaduta operazioni manutenzione
INOR	11	E	E2	C	L	FA	00	B	0	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Relazione di calcolo strutturale
INOR	11	E	E2	C	L	FA	00	B	0	002	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Allegato alla relazione di calcolo strutturale
INOR	11	E	E2	B	B	FA	00	B	2	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Carpenteria fondazioni
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	B	2	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Armatura fondazioni
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	B	3	002	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Pianta catene e solaio di copertura
INOR	11	E	E2	B	Z	FA	00	B	3	001	FA20, FA39, FA40 - Cabina mt/bt TIPO 1 - Murature e pilastri

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO FA 00B0 003

Rev.
A

Foglio
5 di 27

2. DATI GENERALI

2.1. Committente

Ragione Sociale

RFI Rete Ferroviaria Italiana e ITALFERR Gruppo Ferrovie dello stato

2.2. Tecnico

Nome Cognome
Qualifica
Codice Fiscale
P. IVA
Data di nascita
Luogo di nascita

Raoul Migliari
ingegnere
MGLRLA75H23D548G
01783870387
23/06/1975
FERRARA

Albo
N° Iscrizione

Ingegneri FE
4-B

Indirizzo
CAP - Comune
Telefono
Fax

Via F.Neri,3
44124 FERRARA (FE)
0532902190
0532902190

3. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la valutazione del rischio dovuto al fulmine, riguardante la struttura denominata Cabina MT/BT tipo 1, per tale valutazione si è scelta a riferimento la cabina tipologica geolocalizzata nella zona a più alta densità annua di fulmini a terra a favore di sicurezza e precisamente quella sita nella Frazione di San Giorgio in Salici Ovest - Comune di SONA (VR).

A tale scopo è stato utilizzato il seguente software di calcolo e analisi:

Nome: "IMPIANTUS-FULMINI"

Società fornitrice: Acca Software S.p.a.

Versione: 6.00.a

Licenza : n.18200710

4. 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". Febbraio 2013

E' stato fatto inoltre riferimento a:

- CEI EN 62305-1 "Parte 1- Principi generali" Febbraio 2013
- CEI EN 62305-3 "Parte 3- Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone" Febbraio 2013
- CEI EN 62305-4 "Parte 4-Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture". Febbraio 2013
- CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305" Febbraio 2014
- CEI 81-30 "Protezione contro i fulmini - Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Linee guida per l'impiego di sistemi LLS per l'individuazione dei valori di NG". Febbraio 2014.

5. DATI INIZIALI

5.1. Densità annua di fulmini a terra:

la densità annua di fulmini a terra al Kilometro quadrato nel luogo di ubicazione della struttura in esame è pari a: $N_g = 3,54$ fulmini/anno Km^2

Il dato è stato fornito dal programma SPIN di Tutto Normel.

La presente analisi è stata eseguita per un edificio Tipo CABINA MT/BT tipo 1, considerando quello con il valore di densità annua fulmini a terra (N_g) più alto.

Gli edifici Tipo in oggetto sono:

- CABINA MT/BT tipo 1 – FA20 – DESENZANO
- CABINA MT/BT tipo 1 – FA39 – LONATO EST
- **CABINA MT/BT tipo 1 – FA40 – SAN GIORGIO IN SALICI OVEST (edificio analizzato)**

5.2. Struttura:

La struttura ha una forma geometrica regolare, con pianta rettangolare avente le seguenti dimensioni:

- lunghezza: 13,2 m
- Larghezza: 5,6 m
- Altezza max: 5 m
- Altezza con camino: 5,5 m

La sua destinazione d'uso è: Cabina elettrica di trasformazione media/bassa tensione, a servizio di impianti di trasporto pubblico ferroviario.

La struttura, vista la sua destinazione d'uso, può essere soggetta a:

- perdite di vite umane;
- perdita di servizio pubblico;

In accordo con il Committente, sono stati calcolati i seguenti rischi:

- Rischio R1: legato alla perdita di vite umane
- Rischio R2: legato alla perdita di servizio pubblico

5.3. Linee elettriche entranti ed impianti interni:

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche entranti nella struttura:

- linea di energia : Elettrica
- Linea di segnale: Segnale

Le caratteristiche delle linee e degli impianti interni sono state fornite dal committente.

5.4. Definizione Zone:

Sono state definite n.2 zone:

- Zona interna: Z1
- Zona Esterna: Z2

Le caratteristiche delle zone e tutti i vari relativi parametri richiesti dal software sono stati forniti dal committente.

6. 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.

Zs

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.

SL

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.

7. SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

AD	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
ADJ	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
AI	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
AL	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
AM	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
B	Struttura.
CD	Coefficiente di posizione.
CDJ	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
CE	Coefficiente ambientale.
CI	Coefficiente di installazione di una linea.
CL	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
CLD	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
CLI	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
CT	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.
KS1	Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.
KS2	Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.
KS3	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
KS4	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
LF	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
Lo	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
LT	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.
Ng	Densità di fulmini al suolo.
nz	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
nt	Numero totale di persone (o utenti serviti).
P	Probabilità di danno.
PA	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura).
PB	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura).
PC	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura).
PM	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.

8. 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

8.1.1.1. Metodo di valutazione

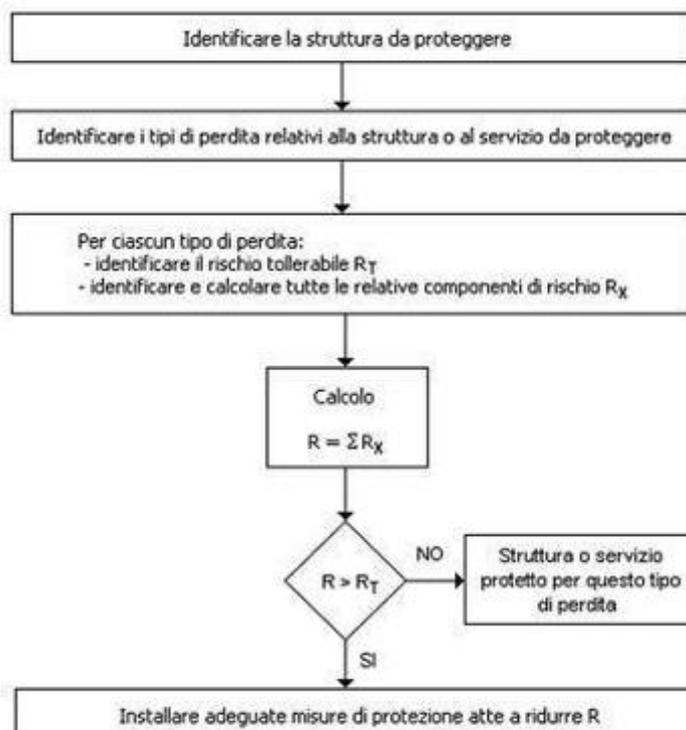
Ai fini della valutazione del rischio (R₁, R₂, R₃ o R₄) si deve provvedere a:

- 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 R_4)

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_4 , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio R_4 , 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.

8.1.1.2. 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, 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].

9. 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).

10. 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).

11. DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI PATRIMONIO CULTURALE INSOSTITUIBILE (R3)

Il seguente rischio non è stato calcolato.

12. DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA ECONOMICA (R4)

Il seguente rischio non è stato calcolato.

13. 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".

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO FA 00B0 003

Rev.
A

Foglio
15 di 27

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.

14. ANALISI E VALUTAZIONE RISCHIO FULMINAZIONE DELLA STRUTTURA IN OGGETTO

Di seguito si procede all'illustrazione della valutazione eseguita.

14.1. STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	Cabina MT/BT tipo 1
Destinazione d'uso	Cabina di trasformazione MT/BT a servizio di impianti di trasporto pubblico ferroviario
Indirizzo	Frazione di San Giorgio in Salici Ovest
Comune	SONA (VR)
Cap	
N_G	3.54 fulmini/anno km²
Fonte dati per N_G	Software SPIN di Tutto Normel

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [$C_D = 1$]
Geometria della struttura	Struttura regolare: Lunghezza: 13.2 m Larghezza: 5.6 m Altezza: 5.0 m Altezza protrusione: 5.5 m Area raccolta della struttura isolata A_D: 1 344.78 m² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M: 804 198.16 m²
Schermatura	Assente $K_{S1} = 1$
LPS	Struttura non protetta con LPS [$PB = 1.00$]
N° persone totali nella struttura (L1)	$n_T = 28$
N° utenti serviti dalla struttura (L2)	$n_T = 100000$

14.2. ZONE

Nella struttura sono presenti 2 zone.

I dettagli di ogni zona sono riportati nei seguenti paragrafi.

14.2.1. Zona Z1 - "Zona 1"

Dati generali	
Denominazione	Zona 1
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	Ceramica ($1k\Omega \leq R \leq 10k\Omega$) [$r_t = 10^{-3}$]
Pericoli particolari	Livello ridotto di panico [$h_z = 2$]
Rischio d'incendio	Rischio d'incendio ordinario [$r_f = 10^{-2}$]
Schermatura	Assente $K_{S2} = 1$
Misure antincendio	Misure di protezione manuali [$r_p = 0.5$]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	3
Ore presenza/anno (t_z)	144
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-2}
Perdita inaccettabile di servizio pubblico (L2)	
N° utenti serviti dalla zona (n_z)	100000
L_F	0.10
L_O	10^{-2}

14.2.2. Zona Z2 - "Zona 2"**Dati generali**

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

Perdita di vite umane (L1)

N° persone presenti (n_z)	25
Ore presenza/anno (t_z)	1600
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-2}

Legenda:

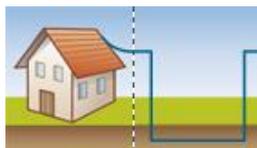
- L_T è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (danno D1) causato da un evento pericoloso.
 L_F è la percentuale media di vittime per danno materiale (danno D2) causato da un evento pericoloso.
 L_O è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (danno D3) causato da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

14.3. LINEE

Alla struttura sono collegate 2 linee.

I dettagli di ogni linea sono riportati nei seguenti paragrafi.

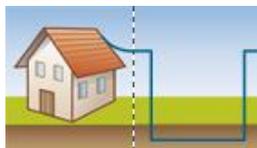
14.3.1. Linea L1 - "Linea 1"



Dati generali	
Denominazione	Linea 1
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [Ce = 1.00]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Nessuna misura di protezione [PTU = 1]
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe I [PEB = 0.01]
Trasformatore AT/BT	Assente [Cr = 1]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	1 000 m
Schermatura cavi	Assente
Dispersore fittamente magliato	No

14.3.2. Linea L2 - "Linea 2"

Dati generali	
Denominazione	Linea 2
Tipo linea	Linea di segnale
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [Ce = 1.00]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Nessuna misura di protezione [PTU = 1]
SPD su linea entrante	Sistema SPD assente [PEB = 1.00]
Trasformatore AT/BT	Assente [Cr = 1]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	40 m
Schermatura cavi	Assente
Dispersore fittamente magliato	No

14.4. IMPIANTI

Nella struttura sono presenti 2 impianti interni.

I dettagli di ogni impianto sono riportati nei seguenti paragrafi.

14.4.1. Impianto II - "Impianto I"

Dati generali	
Denominazione	Impianto 1
Linea collegata all'impianto	Linea 1
Zone servite dall'impianto	Zona 1
Tensione di tenuta	1500
Cavi impianto schermati	No
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe II [PSPD = 0.02]

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO FA 00B0 003

Rev.
A

Foglio
22 di 27

14.4.2. Impianto I2 - "Impianto 2"

Dati generali	
Denominazione	Impianto 2
Linea collegata all'impianto	Linea 2
Zone servite dall'impianto	Zona 1
Tensione di tenuta	1500
Cavi impianto schermati	Sì
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Nessuna precauzione nella scelta del percorso
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe II [PSPD = 0.02]

15. ESITO DELLA VALUTAZIONE

15.1. 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 $R_T = 10^{-3}$)

15.2. Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

15.2.1.1. 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	$N_L + N_{Dj}$			N_I
Struttura	4.76×10^{-3}			2.85	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{Dj}$			N_I
L1	-			-	7.08×10^{-2}			7.08
L2	-			-	2.83×10^{-3}			0.28

15.2.1.2. 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	1	1	3.56×10^{-4}	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	1.20×10^{-2}
- I1	-	-	1	3.56×10^{-4}	-	-	-	-
- I2	-	-	1	8.89×10^{-11}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	10^{-2}	10^{-2}	2×10^{-2}	1.20×10^{-2}
- L2	-	-	-	-	2×10^{-2}	1	2×10^{-2}	10^{-2}
Z2	1	0	0	0	0	0	0	0

15.2.1.3. Ammontare delle perdite di vite umane, L_X

Sorgente di danno	S1	S2	S3	S4
-------------------	----	----	----	----

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO FA 00B0 003

Rev.
A

Foglio
24 di 27

Tipo di danno								
	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
Perdite	LA	LB	Lc	LM	LU	Lv	Lw	Lz
Z1	1.76×10^{-8}	1.76×10^{-7}	0	0	1.76×10^{-8}	1.76×10^{-7}	0	0
Z2	1.63×10^{-5}	0	0	0	1.63×10^{-5}	0	0	0

15.2.1.4. 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	RA	RB	RC	RM	RU	RV	Rw	Rz
Z1	8.38×10^{-11}	8.38×10^{-10}			1.35×10^{-11}	6.23×10^{-10}		
Z2	7.76×10^{-8}	0			0	0		
Totale	7.77×10^{-8}	8.38×10^{-10}			1.35×10^{-11}	6.23×10^{-10}		

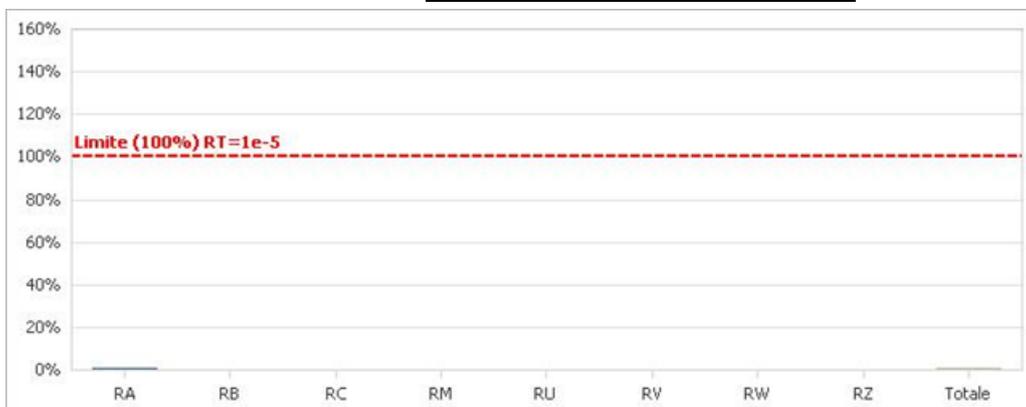
Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$

$(R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$

7.92×10^{-8}

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

15.2.1.5. Grafico delle componenti di rischio



15.3. Valutazione del rischio di perdita inaccettabile di servizio pubblico R2

15.3.1.1. 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	$N_L + N_{D3}$		N_I
Struttura	4.76×10^{-3}		2.85	-		-
Eventi	N_D		N_M	$N_L + N_{D3}$		N_I
L1	-		-	7.08×10^{-2}		7.08
L2	-		-	2.83×10^{-3}		0.28

15.3.1.2. 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	1	1	3.56×10^{-4}	1	2×10^{-2}	1.20×10^{-2}
- I1	-	1	3.56×10^{-4}	-	-	-
- I2	-	1	8.89×10^{-11}	-	-	-
- L1	-	-	-	10^{-2}	2×10^{-2}	1.20×10^{-2}
- L2	-	-	-	1	2×10^{-2}	10^{-2}

15.3.1.3. Ammontare delle perdite di servizio pubblico, L_X

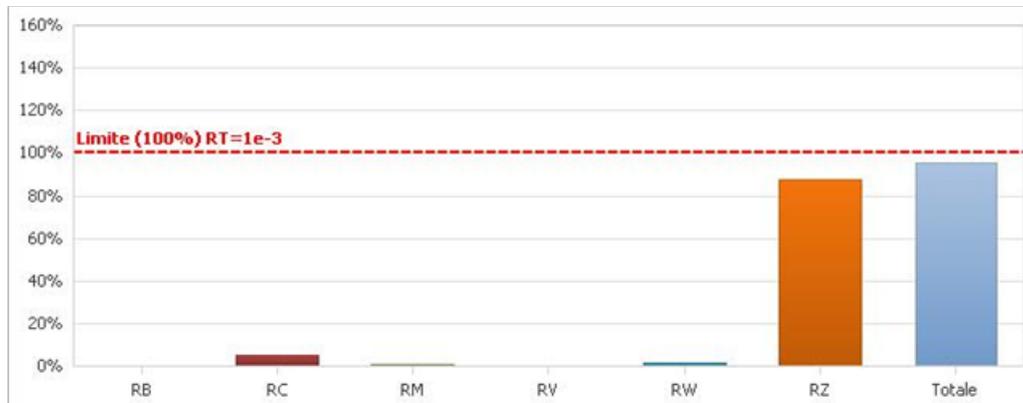
Sorgente di danno	S1		S2	S3		S4
						
Tipo di danno	D2	D3	D3	D2	D3	D3
						
Perdite	L_B	L_C	L_M	L_V	L_W	L_Z
Z1	5×10^{-4}	10^{-2}	10^{-2}	5×10^{-4}	10^{-2}	10^{-2}

15.3.1.4. Componenti di rischio di perdita di servizio pubblico, R_x

Sorgente di danno	S1		S2		S3		S4	
								
Tipo di danno	D2		D3		D2		D3	
								
Rischio	R_B		R_C		R_M		R_Z	
Z1	2.38×10^{-6}		4.76×10^{-5}		1.01×10^{-5}		8.78×10^{-4}	
Totale	2.38×10^{-6}		4.76×10^{-5}		1.01×10^{-5}		8.78×10^{-4}	

Rischio di perdita di servizio pubblico, $R_{2,Struttura}$
 $(R_{2,Struttura} = R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$
 9.55×10^{-4}

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

15.3.1.5. Grafico delle componenti di rischio

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 RO FA 00B0 003

Rev.
A

Foglio
27 di 27

16. 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.