

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA
ELETTROTECNICA**



TITOLO RELAZIONE

**VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI
SCARICHE ATMOSFERICHE SU EDIFICI
INDUSTRIALI**

Relatore: Ing. RENATO GOBBO
Correlatore: Ing. MASSIMO NEGRISOLO

Laureando: FOTSING ACHILLE THIERRY

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012

SOMMARIO

0. INTRODUZIONE

- scopo
- descrizione generale del lavoro svolto

I DEFINIZIONE DEI TERMINI

PRIMA PARTE: CENNI SULLA TEORIA

II. LE SOVRATENSIONI

- 1- Generalità
- 2- Le sovratensioni di origine interna
- 3- Le sovratensioni di origine esterna

III. IL FENOMENO DELLA FULMINAZIONE

- 1- Generalità
- 2- circuito equivalente di un fulmine
- 3- Densità di fulminazione per area geografica N_g

IV. FULMINAZIONE DIRETTA DI UN EDIFICIO

- 1- Componente di rischio resistiva (R_B)
- 2- Componente di rischio induttiva (R_B)
- 3- Componenti di rischio elettromagnetico (R_C)(LEMP)

V. FULMINAZIONE INDIRETTA DI UN EDIFICIO

componenti di rischio R_w

VI. FULMINAZIONE DIRETTA DI UNA LINEA

- 1- fulminazione diretta di una linea aerea
- 2- fulminazione diretta di una linea interrata
- 3- componente di rischio R_u
- 4- componente di rischio R_v
- 5- componente di rischio R_w

VII. FULMINAZIONE INDIRETTA DI UNA LINEA

Componente di rischio R_z

VIII. NORMA CEI EN 62305-1 (CEI 81-10) , PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

- 1- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1), Principi generali
- 2- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2), Valutazione del rischio
- 3- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3), Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- 4- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4), Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture

IX. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

- 1- Generalità
- 2- Scelta della classe dell'LPS

- 3- Impianto di protezione esterno
- 4- Sistema di dispersori
- 5- Impianto di protezione interno
- 6- Dispositivi di protezione contro le sovratensioni
- 7- Definizione zone LPZ
- 8- Cenni sulla valutazione dei rischi di incendio nei luoghi di lavoro

SECONDA PARTE

X. VALUTAZIONE DI UN CASO REALE (EDIFICIO INDUSTRIALE) MEDIANTE UN SOFTWARE COMMERCIALE: "ZEUS PLUS"

RELAZIONE TECNICA

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

4. DATI INIZIALI

- 4.1 Densità annua di fulmini a terra.
- 4.2 Dati relativi alla struttura.
- 4.3 Dati relativi alle linee esterne.
- 4.4 Definizione e caratteristiche delle zone

5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

- 6.1 Rischio R_1 di perdita di vite umane
 - 6.1.1 Calcolo del rischio R_1
 - 6.1.2 Analisi del rischio R_1

7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

8. CONCLUSIONI

9. APPENDICI

10. ALLEGATI

Disegno della struttura
Grafico area di raccolta A_d
Grafico area di raccolta A_m

XI. CONCLUSIONE

XII. GUIDA BIBLIOGRAFICA

O. INTRODUZIONE

Sin dall'inizio dei tempi, l'uomo ha sempre lottato per migliorare le sue condizioni di vita. Quasi 600 mila anni fa, la glaciazione in Euroasia e l'aridità in Africa australe hanno posto condizioni di vita estreme e un'incentivazione a cercare strategie innovative per sopravvivere; così gli uomini hanno pensato ai primi abiti e si rintanarono nelle caverne per proteggersi dal freddo, dai temporali e dalle intemperie.

L'evoluzione ha successivamente portato l'uomo ad inventare e costruire rifugi sempre più adatti alle proprie esigenze personali e sociali; tuttavia, pur migliorando nettamente le proprie condizioni di vita, è sempre stato soggetto e lo è tutt'ora, ad eventi naturali incontrollabili e spesso estremamente violenti, come ad esempio maremoti, uragani, alluvioni, ma anche semplici temporali che possono provocare intense fulminazioni a terra con rischi elevati per la salvaguardia della vita.

Per millenni l'uomo, nei confronti di quest'ultimo fenomeno è sempre stato esclusivamente spettatore inerme, sia perché a tale fenomeno spesso veniva data origine divina e quindi sostanzialmente spiegabile solo con la pura credenza, sia perché fino all'avvento dell'era industriale non esistevano strumenti per studiare scientificamente il fenomeno.

Negli ultimi cinquant'anni, invece, sotto un forte impulso e ad una crescente attenzione per le problematiche legate alla sicurezza, il fenomeno di scariche atmosferiche ha assunto, una rilevanza sempre maggiore in quanto le sovratensioni provocate da scariche atmosferiche possono essere fonte di pericolo per le persone e produrre gravi perdite economiche. La maggior presenza di apparecchiature elettroniche sempre più sofisticate e sensibili negli impianti elettrici civili, commerciali ed industriali ha posto l'obbligo di realizzare protezioni sempre più affidabili e precise che siano in grado di limitare gli effetti spesso distruttivi delle fulminazioni dirette ed indirette.

Questo elaborato si pone l'obiettivo di realizzare uno studio per la determinazione del livello di rischio di fulminazione atmosferica di un edificio adibito ad uso industriale sito in viale dell'industria n.8/10 Conselve PD di proprietà di FANTON Spa-Cavi e componenti elettrici.

Lo studio è stato da me realizzato presso lo studio tecnico "Brunello-Negrisolo" sotto la supervisione dell'ing. Massimo Negrisolo e come tutore l'ing. Renato Gobbo.

Il lavoro si articola essenzialmente in due parti:

Nella prima parte è stata illustrata la teoria sui fenomeni di scariche atmosferiche. Sono state trattate le sovratensioni di origine interna, le sovratensione di origine esterna (il fenomeno della fulminazione, densità di fulmine per area geografica, fulminazione diretta di un edificio,

fulminazione indiretta di un edificio, fulminazione diretta di una linea, fulminazione indiretta di una linea), la norma CEI 81-10 e le protezioni contro le sovratensioni.

Nella seconda parte è stata fatta la valutazione del rischio di scariche atmosferiche di un edificio industriale mediante l'uso di un software commerciale: "ZEUS PLUS". L'edificio industriale, preso in esame, ha subito nel corso degli anni modifiche strutturali e implementazione del magazzino, pertanto si è reso necessario, anche a seguito di modificazioni normative, realizzare una nuova valutazione del rischio di scariche atmosferiche al fine di stabilire se è necessario o meno adottare ulteriori misure di protezione. I passi fondamentali da noi seguiti sono stati i seguenti: disegno della struttura mediante il software Autocad in tutte le varianti in essa apportate nel corso del tempo, valutazione in loco delle protezioni già installate, della composizione del magazzino, della natura delle strutture originali e degli ampliamenti e della composizione del suolo delle zone ove sorgono le principali strutture e relative zone limitrofe. Raccolti tutti i dati necessari si è proceduto ad inserirli nel software Zeus Plus e quindi si è passati all'implementazione determinando così l'area di raccolta di fulminazione diretta ed indiretta e quindi successivamente gli istogrammi di rischio che hanno permesso di trarre le conclusioni.

Successivamente verrà proposta la relazione tecnica fornita dal software relativa al lavoro svolto e sarà composta da: norme tecniche di riferimento, individuazione della struttura da proteggere, dati iniziali, calcolo delle aree di raccolta della struttura e delle linee elettriche esterne, valutazione dei rischi, scelta delle misure di protezione, conclusione, appendici, allegati.

I DEFINIZIONE DEI TERMINI

A_d : Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata

A_i : Area di raccolta dei fulmini in prossimità di un servizio

A_l : Area di raccolta dei fulmini su un servizio

A_m : Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura

C_d : Fattore di posizione

C_e : Fattore ambientale

N_g : Numero annuo di fulmini a terra per km^2

L_c : Lunghezza di una sezione del servizio

L_f : Perdita per danni materiali in una struttura

L_t : Perdita per danni ad esseri viventi per tensioni di contatto e di passo

LEMP : Effetti elettromagnetici della corrente di fulmine

P : Probabilità di danno

P_A : Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura)

P_B : Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura)

P_C : Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura)

P_M : Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura)

P_U : Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sul servizio connesso)

P_V : Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso)

P_W : Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio connesso)

P_Z : Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio)

SPD : Limitatore di sovratensione

P_{spd} : Probabilità di guasto di un impianto interno o di un servizio quando sono installati SPD

R : Rischio

r_u : Fattore di riduzione associato al tipo di pavimento

r_f : Fattore di riduzione delle perdite correlato al carico incendio

r_p : Fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio

r_a : Fattore di riduzione associato al tipo di superficie del suolo

K_{s3} : Fattore relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura

N_l : Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta del servizio

N_i : Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio

LPS : Impianto di protezione

LPL : Livello di protezione

II. LE SOVRATENSIONI

1- Generalità

Si definisce sovratensione una tensione che supera il valore di picco della massima tensione in regime permanente presente in un impianto nelle condizioni normali di funzionamento.

Prendiamo in considerazione un impianto in bassa tensione che in condizione normale di funzionamento assorbe una certa potenza alla tensione di 230/400 V. In condizioni di sovratensioni, si può notare come la tensione in un preciso istante d'osservazione si elevi molto velocemente a valori notevolmente superiori a quelli nominali per poi ridiscendere ai valori di regime permanente. Tutti questi fenomeni di variazione di tensione rapidi e con valori di picco multipli del valore di regime permanente sono comunemente denominati fenomeni di sovratensione e si distinguono essenzialmente in due tipi: sovratensioni di origine interna e sovratensioni di origine esterna.

2-Le sovratensioni di origine interna

Le sovratensioni di origine interna si manifestano in tutti gli impianti elettrici, perché qualsiasi manovra e/o guasto altera l'equilibrio del sistema. La perdita di equilibrio del sistema si traduce in oscillazioni di tensione. L'ampiezza di quelle sovratensioni dipende dal tipo di circuito, dalla manovra e dal carico, mentre la forma d'onda è standardizzata a livello normativo ed è di fatto composta dalla sovrapposizione di due curve esponenziali che generano un impulso con tempo di salita di $250\ \mu\text{s}$ alla cresta (T_1) e tempo di coda cioè all'emi valore di $2500\ \mu\text{s}$ (T_2) come si può vedere nell'illustrazione.

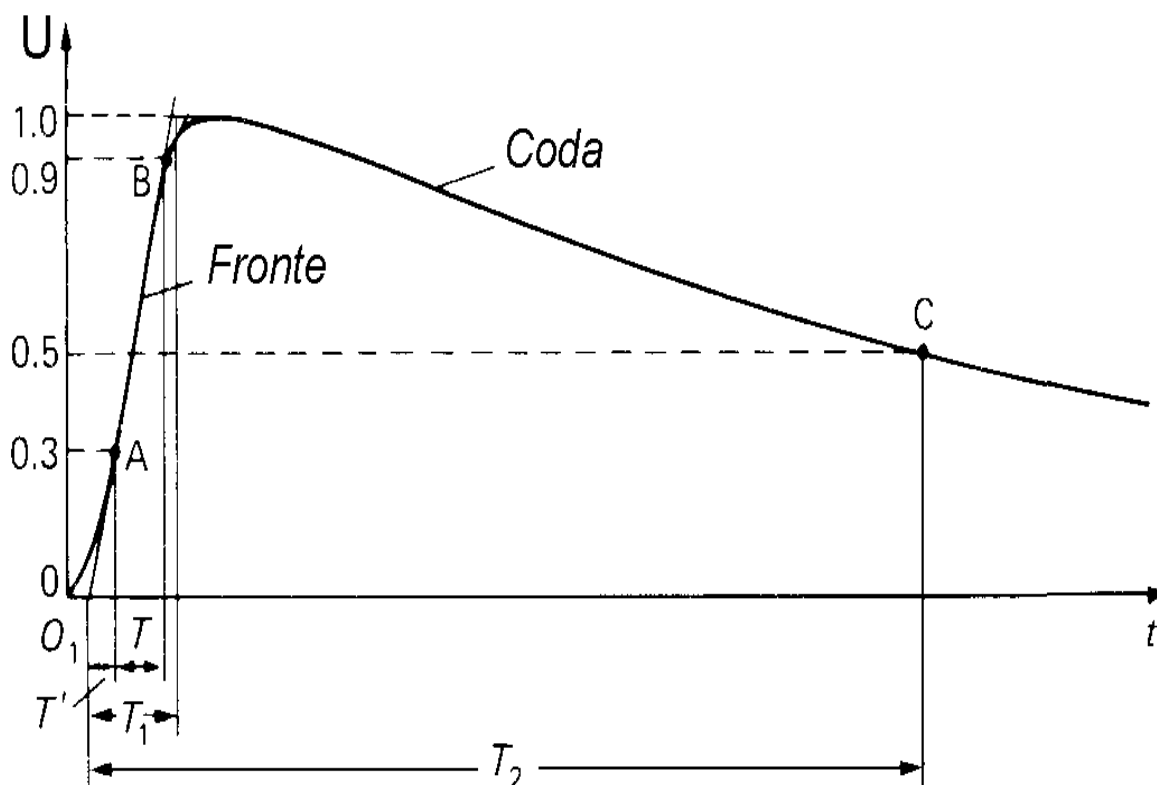


Illustrazione impulso di manovra

3- Le sovratensioni di origine esterne

Si tratta di un fenomeno naturale di grande portata. I fulmini rilasciano una potenza che può raggiungere diverse centinaia di giga watt e possono avere un effetto distruttivo o perturbatore su impianti elettrici situati a diversi chilometri di distanza dal punto in cui si manifestano.

Parlando di sovratensioni di origine esterne facciamo riferimento al fulmine. Che cos'è un fulmine? Andremo ad esaminarlo.

III. IL FENOMENO DELLA FULMINAZIONE

La fisica insegna che il fulmine ha origine quando grandi masse di vapori d'acqua presenti nella troposfera si trovano a collidere le une con le altre. I venti, le correnti ascensionali, i vortici creano dei moti relativi tra le molecole che sfregandosi tra di loro si caricano elettricamente con polarità positiva o negativa. La dissociazione delle gocce d'acqua in goccioline più piccole, i fenomeni di condensazione e cristallizzazione accentuano la formazione di zone, all'interno dei nubi, elettricamente cariche.

La formazione di tali zone può generare un campo elettrico tra nube e terreno talmente elevato che l'isolamento formato dall'aria ceda dando vita ad un canale fortemente ionizzato dove transita una

elevatissima quantità di cariche elettriche che tendono ad annullare la differenza di potenziale formatasi precedentemente.

Pare interessante, visto lo scopo di questa tesi, fornire qualche cenno sul modello preposto a spiegare il meccanismo di formazione della carica su lunghe distanze, detto anche modello streamer.

Il modello streamer trova applicazione nell'analisi delle scariche in gas per valori pd (*prodotto pressione distanza*) superiore a 200 cm torr, dove i dati sperimentali sono molto più simili a quelli calcolabili secondo il modello streamer anziché secondo il modello di Townsend.

Il fulmine nella maggior parte dei casi è di polarità negativa si propaga su lunghe distanze a pressione atmosferica, riporta perciò tutte le caratteristiche per studiarlo secondo il modello streamer, tenuto conto delle complicazioni dovute alla forma degli elettrodi (nube-terreno) che certamente non generano un campo uniforme, del tipo di impulso che viene a formarsi ed in parte anche all'influenza delle condizioni atmosferiche.

Il fulmine si sviluppa essenzialmente in tre fasi:

- Il corona iniziale
- Il leader
- L'innesco d'arco o salto finale

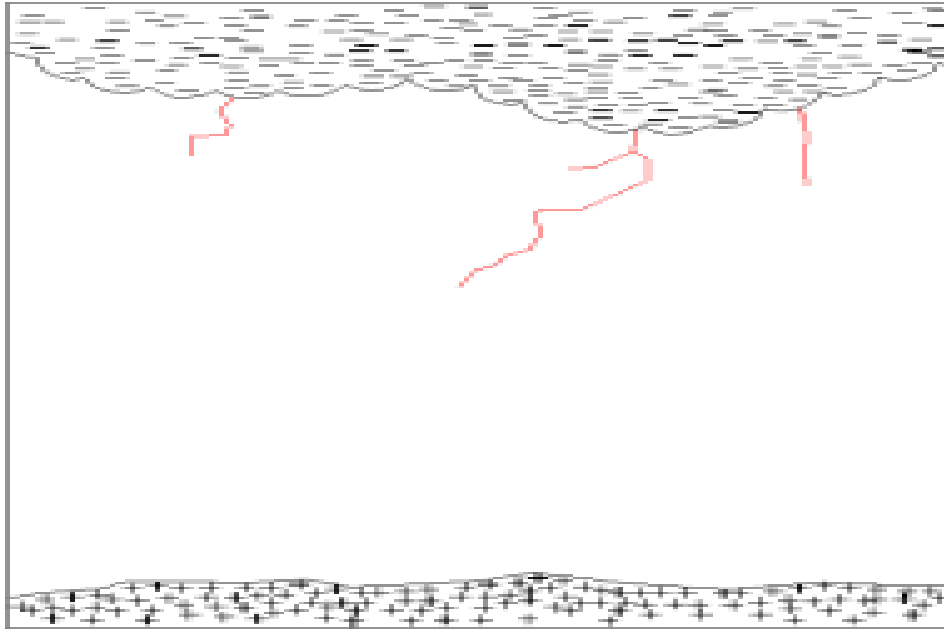
Il corona iniziale

Nella prima fase, quando la tensione che si forma tra nube e terreno dovuta all'accumulo di cariche raggiunge valori sufficientemente elevati (tensione di scarica), un elettrone libero presente nelle vicinanze del catodo (nube) accelera verso l'anodo urtando e ionizzando, vista la sua elevata energia, più atomi circostanti che a loro volta produrranno elettroni liberi capaci di ionizzare altri atomi circostanti generando così una sorta di nube di particelle cariche detta valanga primaria divisa essenzialmente in due zone a carica spaziale positiva e negativa. Quando la valanga primaria raggiunge dimensioni rilevanti, il campo elettrico nella sua testa (zona a carica positiva affacciata al catodo) e nella coda risulta notevolmente aumentato.

Effetti di ricombinazione nella zona della coda della valanga determinano produzione di fotoelettroni che vengono respinti dal catodo verso l'anodo lungo le linee di forza del campo elettrico che si mantiene a valori elevati grazie all'addensamento di cariche positive di fronte al catodo garantendo così le condizioni per un'ulteriore propagazione di valanghe secondarie prodotte dai fotoelettroni generati. Il fenomeno, quindi, continua a ripetersi grazie a successive valanghe anche in zone dove il campo generato dalla differenza di potenziale tra nube e terreno è notevolmente ridotto. L'avanzamento delle valanghe secondarie lasciano dietro di sé una zona

parzialmente ionizzata che permetterà la formazione di un canale detto leader che unisce tutte le varie zone ionizzate.

Associati al fenomeno del corona vi è ovviamente, all'emissione del fotoelettrone, la produzione di un debole bagliore.

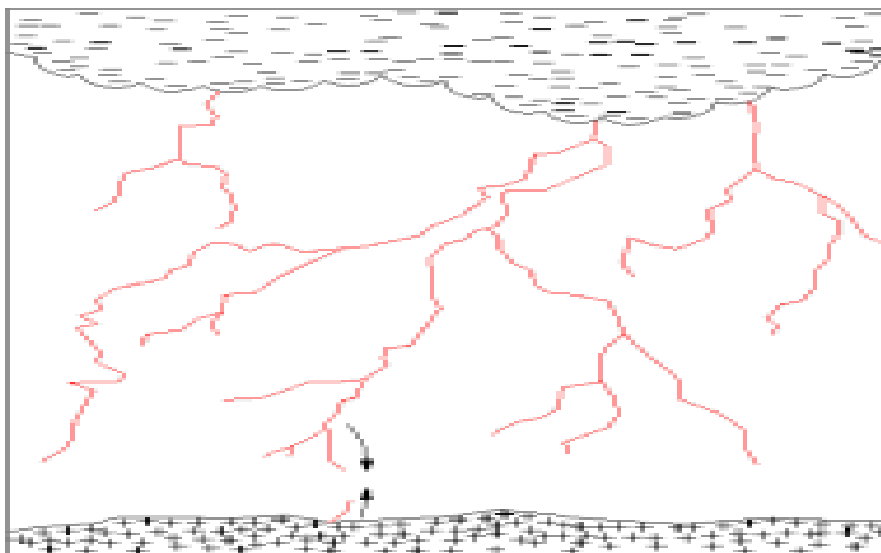


Il leader

Una volta sviluppatosi il primo corona, a cui sono associati uno streamer positivo in avanzamento verso il catodo e valanghe secondarie in avanzamento verso l'anodo, si genera, a opera di fotoelettroni prodotti dalla ricombinazione degli ioni all'intero dello streamer, una zona più avanzata rispetto alla testa dello streamer stesso ove avviene la ionizzazione di molecole e la conseguente formazione di due streamer secondari; uno positivo diretto verso il catodo cioè la nube, l'altro negativo diretto verso l'anodo cioè il terreno.

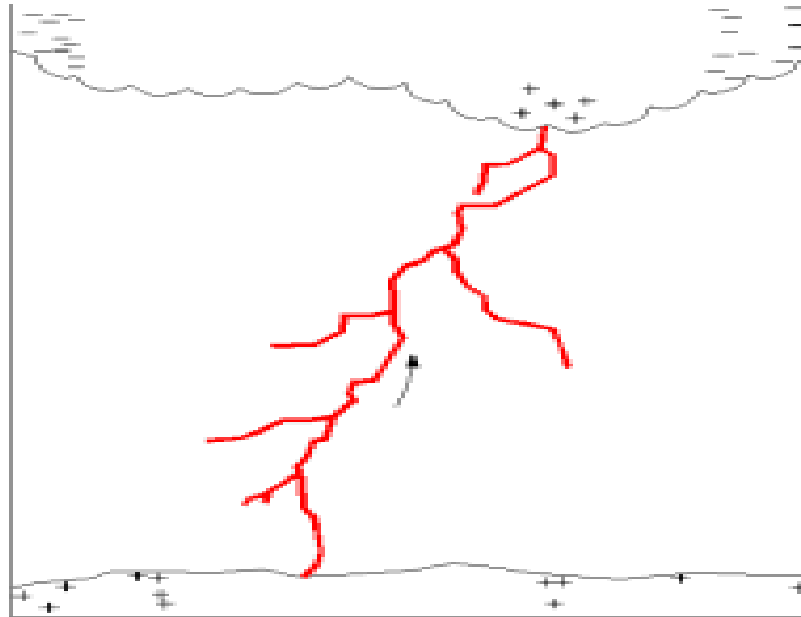
Quando lo streamer secondario positivo dello stem spaziale incontra la testa delle valanghe prodotte nelle fase precedenti si ha un'intensa attività di ricombinazione degli ioni con una nuova emissione dei fotoelettroni che, anch'essi soggetti alla repulsione del catodo, diffonderanno verso l'anodo garantendo così una certa continuità all'intero fenomeno. Esso, ovviamente, risulterà nel suo complesso in propagazione verso l'anodo e quindi verso il terreno. Di fatto, perciò, il fulmine con polarità negativa avanza per così dire a salti visibilmente riconoscibili da bagliori prodotti dall'intenso fenomeno di ricombinazione suddetto.

La sua velocità di avanzamento non è fissa poiché dipende da molteplici fattori, quali: umidità, inquinamento atmosferico, vento, ecc.... Tuttavia, si può considerare di assumere una velocità media di avanzamento pari a $1\text{cm}/\mu\text{s}$.



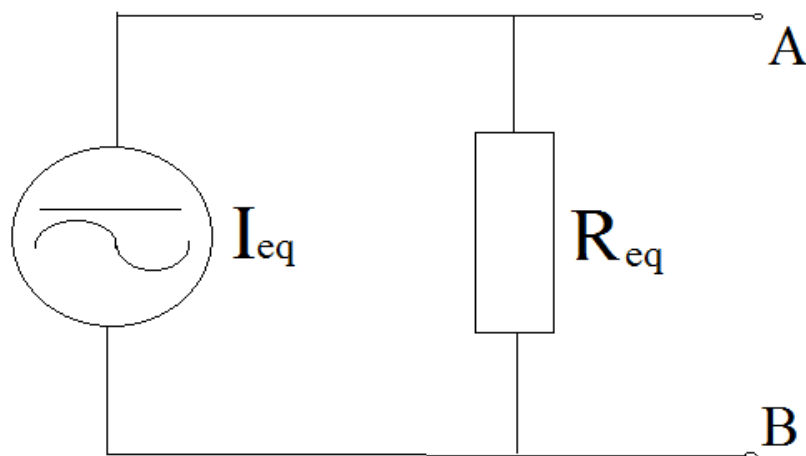
Il salto finale

Quando lo streamer arriva in prossimità dell'anodo, il campo elettrico generato sullo stesso diventa elevato al punto tale che, dove sono presenti irregolarità o sporgenze o ancora una non linearità dell'anodo, si sviluppa un leader positivo che si propaga verso la nube. La velocità dei due canali, quello negativo discendente e quello positivo ascendente, aumenta la velocità rapidamente sotto l'effetto di una notevole intensificazione del campo elettrico dovuta alla vicinanza dei due leader. Quando i due leader si congiungono, si ha una completa ionizzazione dell'intero canale ed un elevatissimo flusso di cariche (corrente di fulminazione) che eliminano la d.d.p. tra nube e terreno. Quest'ultima fase dell'intero fenomeno è quella maggiormente percepita dall'uomo; poiché, l'intero canale percorso da un'elevatissima densità di corrente, appare estremamente luminoso essendo i suoi gas allo stato di plasma.



2- circuito equivalente di un fulmine

Dal punto di vista elettrico, il fulmine può essere rappresentato come un solo generatore normale di corrente in regime variabile, dove l'impedenza posta in parallelo al generatore ideale di corrente è l'impedenza d'onda di fulminazione che varia da 1650 a 5000Ω; pertanto la rappresentazione circuitale che abbiamo in mente è quello della figura.



circuito equivalente di un generatore normale di corrente

Per quanto riguarda il fulmine, è caratterizzato da un impulso di corrente con tempo di salita di circa 1,2μs per giungere alla cresta caratterizzato da un valore che varia da qualche kA fino a 200kA e da tempi all'emi valore compresi tra 40 e 60μs. Come si può vedere sull'illustrazione.

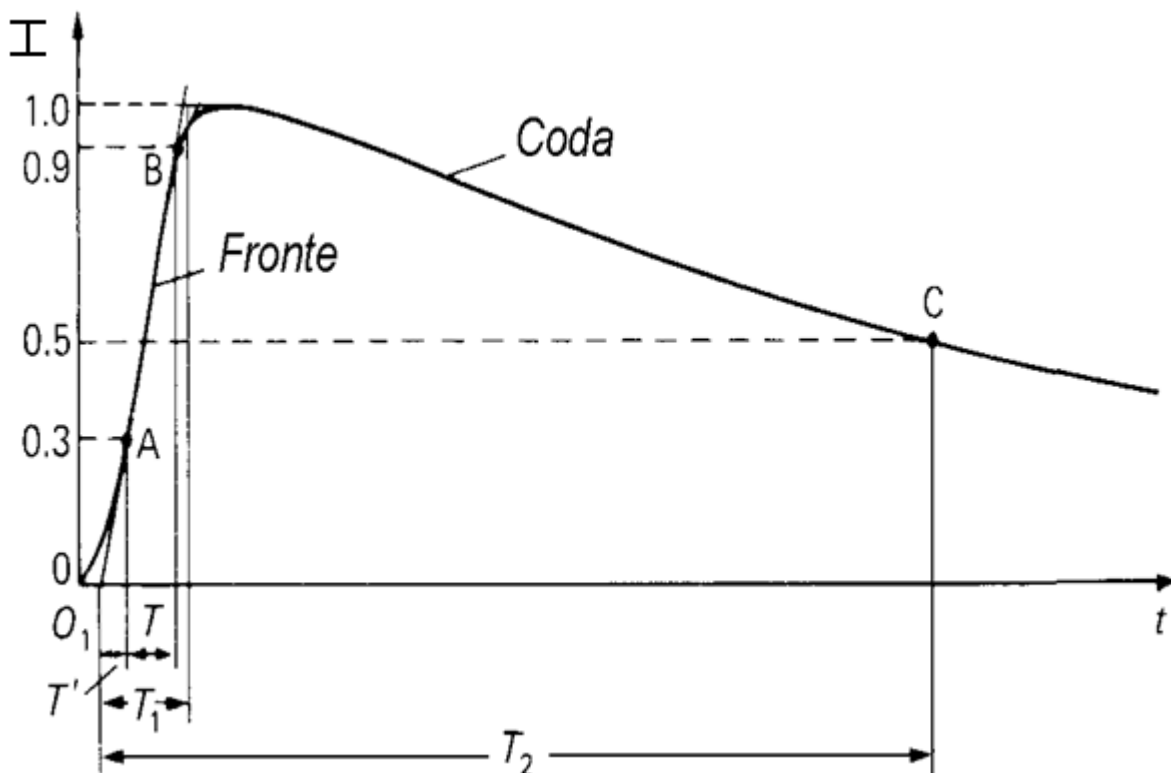


Illustrazione forma d'onda della corrente di fulminazione

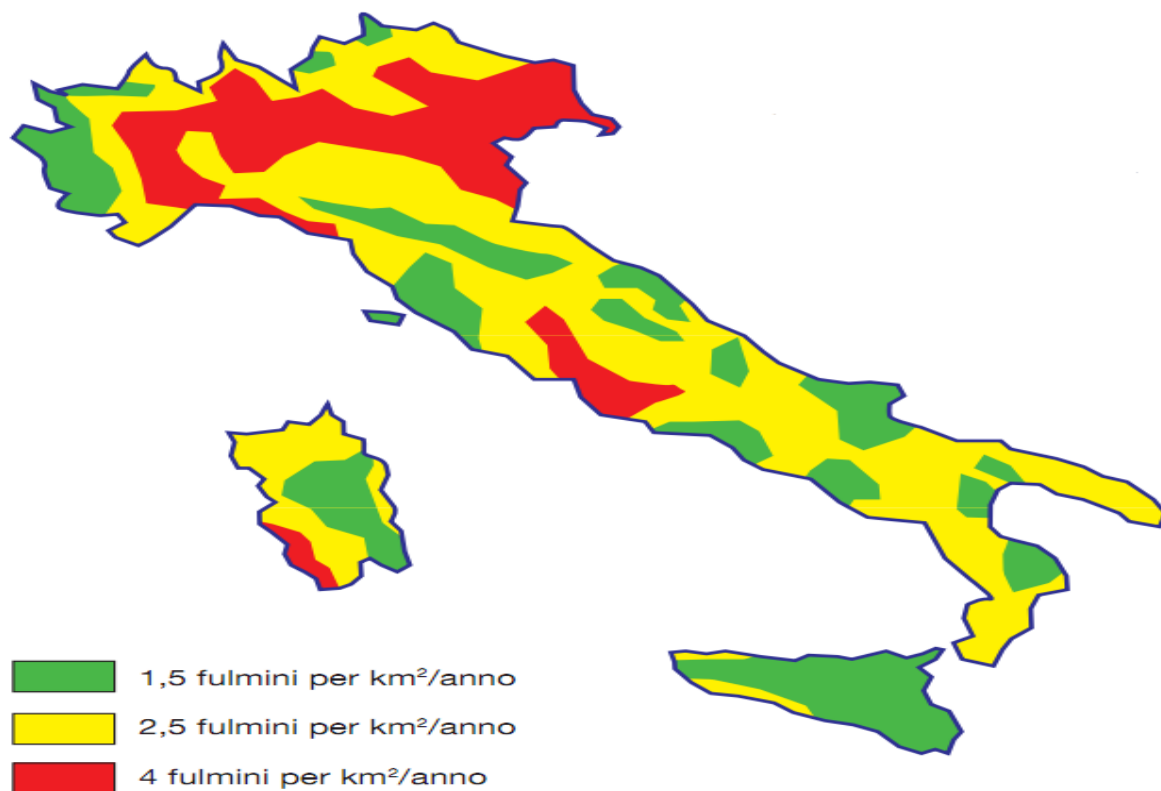
1.3.3-Densità di fulminazione per area geografica (N_g)

Nell'arco di un anno sul nostro pianeta, vengono registrati un numero di temporali elevatissimo: pari a 16 milioni, circa 44 mila al giorno. Un centinaio di scariche al secondo raggiungono il suolo; questo tipo di fenomeno è in grado di creare gravi danni dove cade o nelle vicinanze del suo punto di caduta. Avendo quindi il fulmine un effetto devastante deve essere analizzato con molta cura, sarà dunque necessario fare un'attenta analisi per sapere il numero di fulmini medio che cadono in una certa regione durante l'intervallo di un anno.

In Italia è stata fatta un'analisi, condotta dal CESI sul numero dei fulmini che cadono a terra (N_t), su di un chilometro quadrato in un anno per l'intero territorio italiano risulta pari a due. Non tutti i comuni d'Italia sono, però, interessati allo stesso modo dal fenomeno sopra descritto. L'analisi effettuata, invece, per ogni comune d'Italia ha fornito la stima del rischio di fulminazione locale. Il valore N_g invece, rappresenta la densità di scariche elettriche da fulminazione per area geografica ed è ottenuto sperimentalmente. Tale valore è ricavabile attraverso la consultazione delle cartine N_g che permettono di identificare la zona oggetto del nostro studio. Qualora N_g non possa essere ricavato attraverso l'utilizzo delle cartine, può anche essere stimato facendo ricorso alla seguente relazione:

$N_g \approx 0,1 T_d$ dove T_d rappresenta i giorni di temporale all'anno (valore ricavabile dalle carte isocerauniche). Infine anche la norma CEI 81-3 fornisce il valore di N_g per ogni singolo comune d'Italia.

Carta isoceraunica



Valori medi del numero N_g di fulmini a terra all'anno e al chilometro quadrato nei comuni d'Italia

Tipi di scarica

Le principali tipologie di fulmine sono:

- Fulmine nube-terra: ascendente e discendente
- Fulmine nube-nube: detto anche internube, è una scarica tra due nuvole adiacenti.
- Fulmine intranube: sono scariche all'interno di una nuvola.

La scarica che non coinvolge il terreno, ovvero le scariche intranube ed internube, non hanno importanza nello studio della protezione degli edifici da tale fenomeno. Il tipo di scarica descritto al paragrafo precedente, invece, è l'oggetto del nostro studio visto i fenomeni ad esse associati che generalmente sono in grado di creare situazioni di rischio.

Le norme che riportano i provvedimenti che si devono adottare affinché il rischio di danni a persone o cose siano al di sotto di un valore tollerabile sono quelle della serie CEI 81-10. Queste norme oltre a prendere in considerazione l'edificio considereremo anche le linee entranti nello stesso ed eventuali masse metalliche che possono veicolare nell'edificio tensioni pericolose.

Come previsto dalla normativa vigente, prenderemo in considerazione quattro tipologie di fulminazione che coinvolgono direttamente o indirettamente l'edificio in esame:

- Fulminazione diretta dell'edificio S1;
- Fulminazione indiretta dell'edificio S2;
- Fulminazione diretta della linea S3;
- Fulminazione indiretta della linea S4.

La fulminazione per la sua natura fortemente energetica e per la rapidità con cui viene il fenomeno è spesso causa come già spiegato di danni che si possono raggruppare in tre macro categorie:

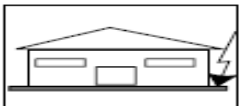
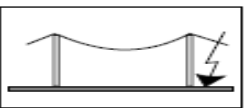
- D1: Danno ad esseri viventi;
- D2: Danni materiali alle strutture;
- D3: Guasti agli impianti.

In base al tipo di danno vengono calcolate le perdite che esso causa, sia relative alla struttura che ai servizi entranti e uscenti. Le perdite, chiaramente, sono dipendenti dalle caratteristiche dell'oggetto in esame e dal suo contenuto e possono essere divisibili in quattro diversi tipi:

- L1: perdita di vite umane;
- L2: perdita di servizio pubblico;
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile;
- L4: perdita economica (struttura e suo contenuto, servizio e perdita di attività).

La tabella 1 mette ben in luce il tipo danno e le relative perdite rispetto ai vari tipi di fulminazione.

Table 1 – Sources of damage, types of damage and types of loss according to the point of strike

Point of strike	Source of damage	Structure		Service	
		Type of damage	Type of loss	Type of damage	Type of loss
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S2	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4		
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ⁽²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S4	D3	L1 ⁽¹⁾ , L2, L4	D3	L'2, L'4
(1) Only for structures with risk of explosion, and for hospitals or other structures where failures of internal systems immediately endangers human life.					
(2) Only for properties where animals may be lost.					

Ad ogni probabile perdita media annua si può associare un determinato valore di rischio composto da varie componenti riguardanti condizioni particolari indotte dalla fulminazione sulla struttura o sui servizi.

Si può pertanto considerare il rischio generale R di perdita come una somma di più componenti:

$R1$: Rischio di perdita di vite umane;

$R2$: Rischio di perdita del servizio pubblico;

$R3$: Rischio di perdita del patrimonio culturale insostituibile;

$R4$: Rischio di perdita economica

Le varie componenti sono a loro volta composte da altre componenti che indicano specificamente il tipo di rischio.

Per non appesantire il lavoro descriveremo in riferimento ad ogni particolare tipo di sorgente di fulminazione le relative sotto componenti di rischio da prendere in considerazione.

IV. FULMINAZIONE DIRETTA DI UN EDIFICIO

sorgente di danno S_1



Si tratta del caso in cui il fulmine colpisce direttamente l'edificio o un punto molto vicino ad esso compreso nell'area Ad provocando sovratensioni che si trasmettono al suo interno attraverso accoppiamento resistivo e induttivo. La sua corrente con un'approssimazione grossolana si

suddivide per il 50% sul dispersore di terra e per il 50% sui servizi connessi all'edificio, vedi illustrazione.

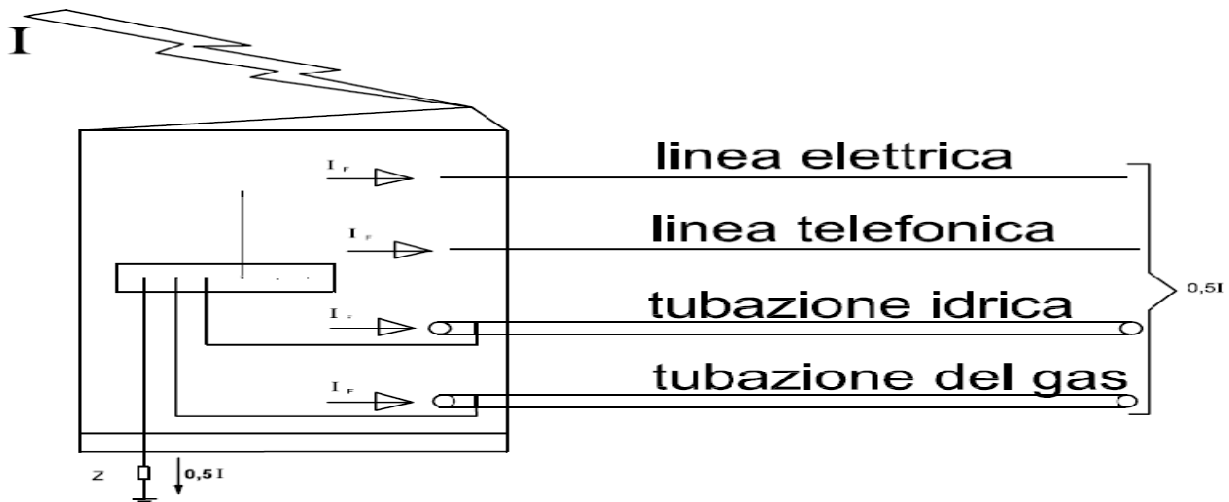


Illustrazione: ripartizione della corrente di fulmine su servizi entranti

La fulminazione diretta può causare danni ai suoi occupanti ai beni in esso contenuti; alla struttura stessa e agli impianti elettrici e/o di segnale. Tali danni si possono estendere anche agli edifici vicini e all'ambiente circostante con estensioni dipendenti essenzialmente dalle caratteristiche dell'edificio, dei servizi ad esso collegati e dall'energia del fulmine.

La normativa prevede di prendere in considerazione per questo particolare caso le tre seguenti sotto componenti per valutare il valore di rischio:

1- Componente di rischio (R_A)

R_A : è la componente di rischio dovute a danni ad esseri viventi dovuti da tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno dell'edificio. Possono verificarsi perdite di tipo L1 cioè perdita di vite umane e perdite di tipo L4, cioè la perdita economica con probabile perdita di animali.

2- Componente di rischio (R_B)

R_B : è la componente di rischio dovute ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che è in grado d'innescare incendio e persino esplosioni e possono estendersi all'ambiente circostante. Si verificano tutti i tipi di perdite (L1, L2, L3, L4)

Componente di rischio dovuto ad accoppiamento resistivo

Nel caso di presenza di un captatore sull'edificio, la corrente di fulmine (I) portata a terra dalle calate viene in parte dispersa nel terreno (I_T) e in parte drenata dai servizi elettrici entranti nell'edificio o di altre natura purché metallici (I_F).



Considerando i valori di resistenza di terra dei dispersori di messa a terra delle linee aeree, uguali a quelli dell'impedenza convenzionale di terra delle linee o corpi metallici esterni interrati; la corrente che fluisce in una terra esterna all'edificio vale :

$$I_F = ZI / (Z + nZ_1)$$

dove:

Z = impedenza di terra,

Z_1 = impedenza drenaggio di ciascun servizio,

n = numero di servizi entranti,

I = corrente di fulmine

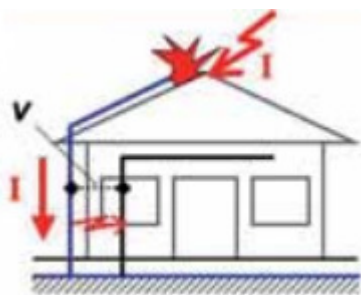
la corrente I_{cond} che fluisce su ogni conduttore di linea vale:

$$I_{cond} = I_F / m$$

m = numero dei conduttori attivi di linea.

Qualora l'impedenza di drenaggio dei servizi risulti elevata anche una piccola parte della corrente di fulmine può generare sovratensioni rilevanti sul servizio entrante, tali da determinare il cedimento del suo "isolamento" e quindi la generazione della scarica elettrica verso parti a potenziale più basso.

Componente di rischio dovuto ad accoppiamento induttivo



La tensione V tra la calata ed il corpo metallico interno dipende dal valore dell'induttanza (L) della spira formata dalla calata ed il corpo metallico stesso e dalla variazione del valore di corrente (I) nel tempo (t)

che, durante la fulminazione, è elevatissima, per cui vale la formula seguente:

$$v = L \frac{dI}{dt}$$

Pertanto vi è elevato rischio di scariche tra parti metalliche che vanno in tensione e parti metalliche che si trovano al potenziale di terra.

3- componenti di rischio (R_C)

R_C : è la componente di rischio dovuta al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico). Si possono verificare perdite di tipo L2 ed L4, ed anche quella di tipo L1 se la struttura è a rischio di esplosione o per strutture in cui il guasto degli impianti o apparati elettrici causati dagli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine a seguito dall'impulso elettromagnetico di fulmine, costituisce un pericolo per la vita umana.



I campi magnetici creati dalla corrente di fulminazione inducono sui circuiti elettrici interni delle sovratensioni, e di conseguenza sovratensioni sulle apparecchiature interne alla struttura con possibili danneggiamenti e fuori servizi.

V. FULMINAZIONE INDIRETTA DI UN EDIFICIO

Sorgente di danno S_2



Si parla di fulminazione indiretta di un edificio quando il fulmine, cade in un punto del terreno vicino all'edificio ad una distanza superiore a tre volte l'altezza dell'edificio cioè nell'area A_m ; la NORMA-CEI definisce, per la fulminazione indiretta, un tempo pari a $8/20\mu s$, tempo modesto e può causare danni agli apparecchi elettrici interni alla struttura purché siano sensibili. Le

sovratensioni indotte nei circuiti interni sono modeste e risultano pericolose solo per le apparecchiature con limitata capacità di tenuta cioè quelli sensibili.

Tutti i fulmini che cadono a distanza maggiore di tre volte l'altezza dell'edificio ovvero a distanza inferiore a $3H+500m$ sono in grado di indurre sovratensioni agli apparecchi interni alla struttura.

componenti di rischio R_W

R_W : componente dovuto al guasto di impianti interni causata dagli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine a seguito dall'impulso elettromagnetico di fulmine. Si possono verificare perdite di tipo L2 ed L4, anche di tipo L1 se la struttura è a rischio di esplosione oppure se è un ospedale oppure una struttura in cui il guasto agli impianti interni costituisce un pericolo per la vita umana.

VI. FULMINAZIONE DIRETTA DI UNA LINEA

Sorgente di danno S_3



Si parla di fulminazione diretta di una linea quando il fulmine colpisce direttamente la linea elettrica generando una sovratensione per accoppiamento resistivo, la NORMA-CEI definisce, per la fulminazione diretta, un tempo pari a $10/350\mu s$. Le sovratensioni maggiori sono quelle provocate dalla corrente associata al primo colpo di fulmine, perché di ampiezza maggiore rispetto a quella dei colpi successivi. Le sovratensioni che si manifestano per fulminazione diretta di una linea elettrica possono essere alla causa di incendi e guasti alle apparecchiature.

1- fulminazione diretta di una linea aerea

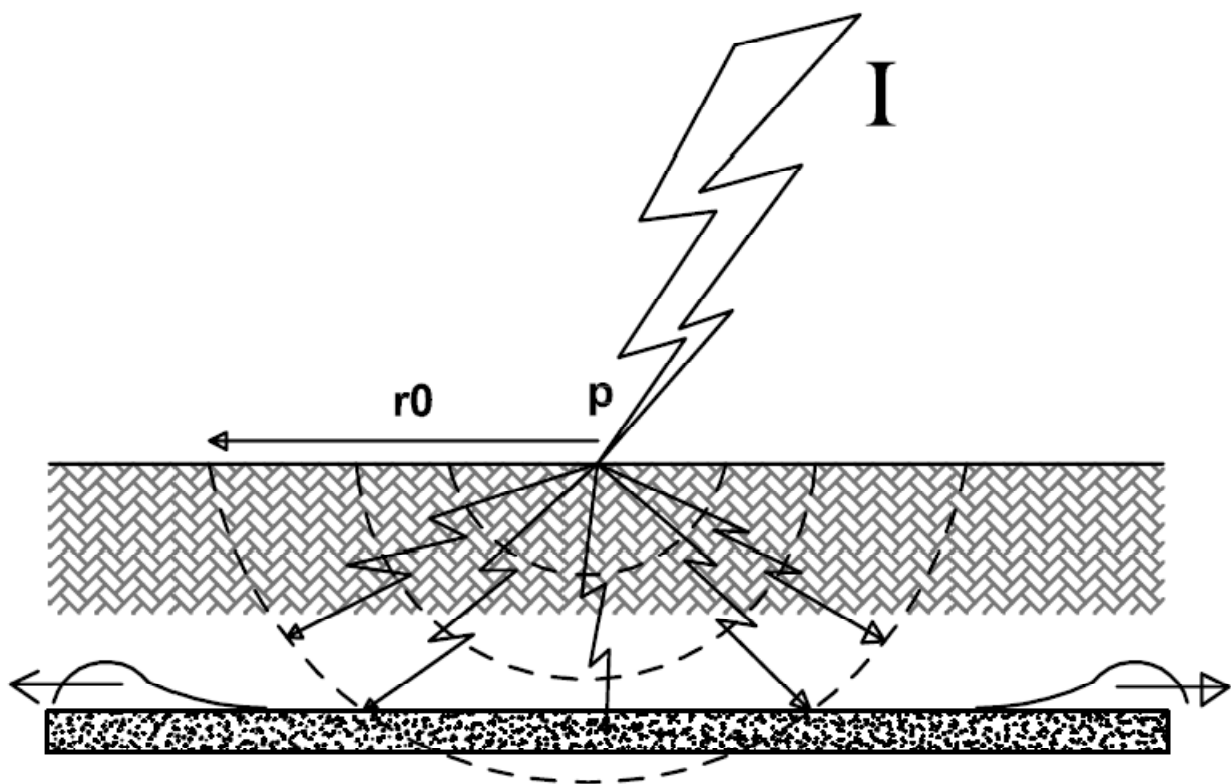
la fulminazione di una linea aerea può interessare qualsiasi elemento dell'elettrodotto cioè conduttori attivi, fune di guardia o sostegni. Nelle linee di media e bassa tensione si prende in considerazione solo la fulminazione diretta dei conduttori attivi.

2- fulminazione diretta di una linea interrata

Il fulmine può colpire anche un cavo interrato, ciò dipende da vari parametri tra cui la resistività del terreno, la profondità di interrimento della linea, del valore di corrente associato al fulmine e le caratteristiche dell'isolamento del cavo.

Il passaggio della corrente nel terreno ionizza il suolo e lo rende conduttore entro un raggio r_0 dal punto di caduta; r_0 varia al variare della resistività del suolo e con l'ampiezza della corrente di fulmine.

Se il cavo si trova a distanza inferiore a r_0 dal punto di impatto P del fulmine sul terreno, è come se fosse colpito direttamente.



Se il cavo non è schermato, la corrente passa sui conduttori attivi; ma se è schermato passa sullo schermo e causa sovratensioni per caduta ohmica sullo schermo. La schermatura dei cavi interrati riduce molto le sovratensioni. Questi fulmini sono in grado di creare tre componenti di danno fra cui:

3- componente di rischio R_U

R_U : componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovuto alla corrente di fulmine sulla linea diretta alla struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 ed L4, rispettivamente perdite di vite umane e perdita economica con probabile perdita di animali.

4- componente di rischio R_v

R_v : componente relativa ai danni materiali alla struttura dovuti alla corrente di fulmine tramite i servizi entranti. Si possono verificare tutti i tipi di perdita.

5- componente di rischio R_w

R_w : componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmessa all'edificio. Si possono verificare perdite di tipo L2, L4 ed anche di tipo L1 se la struttura è a rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui un guasto di apparati interni o impianti interni provoca un pericolo per la vita umana.

VII. FULMINAZIONE INDIRETTA DI UNA LINEA

Sorgente di danno S_4



Si parla di fulminazione indiretta di una linea quando il fulmine, cade a terra in prossimità a una linea entrante nell'edificio. Questi fulmini pur non colpendo direttamente la linea sono in grado di indurre sovratensioni per accoppiamento induttivo (componente R_z). Alle componenti di rischio R_z , vengono attribuite i medesimi parametri della componente R_w .

VIII. NORMA CEI EN 62305 (CEI 81-10), PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

1- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) "Principi generali"

La Parte prima della Norma CEI EN 62305 indica i principi generali che sono alla base della protezione contro il fulmine di: strutture, inclusi gli impianti, il contenuto e le persone; servizi entranti nella struttura. I seguenti casi non sono compresi nello scopo della presente Norma: sistemi

ferroviari; veicoli, navi, aerei, installazioni in mare "offshore"; tubazioni sotterranee ad alta pressione; tubazioni, linee elettriche di potenza e di telecomunicazione non connesse alla struttura.

2- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) "Valutazione del rischio".

La Parte 2 della Norma CEI EN 62305 è applicabile alla valutazione del rischio dovuto a fulmini a terra in una struttura o in un servizio. Lo scopo di questa parte della Norma è di fornire la procedura per la determinazione di detto rischio. Una volta che sia stato stabilito un limite superiore per il rischio tollerabile, questa procedura permette la scelta di appropriate misure di protezione da adottare per ridurre il rischio al limite tollerabile o a valori inferiori.

Rischio accettabile

La CEI EN 62305-2 indica dei valori massimi tollerabili RT per questi tre tipi di perdita

- L1 perdita di vite umane (lesione o morte di persone) 10-5/anno
- L2 perdita di servizio pubblico 10-3/anno
- L3 perdita di patrimonio culturale insostituibile 10-3/anno

Un'eccezione costituisce la valutazione delle perdite economiche. Per questo tipo di danno l'entità delle misure di protezione deve essere giustificata unicamente sotto l'aspetto tecnico economico in quanto non esiste un rischio accettabile RT ma una procedura per la valutazione della convenienza economica della protezione.

Il valore di rischio accettabile è in questo caso definito dal committente.

Il compito della valutazione del rischio comprende quindi la determinazione dei tre parametri N, P e L per tutte le componenti di rischio rilevanti. Nel contempo devono essere individuati e stabiliti numerosi parametri singoli.

Tramite un confronto tra il rischio R individuato in questo modo e il rischio accettabile RT, possono in seguito essere espresse delle affermazioni sui requisiti e il dimensionamento delle misure di protezione contro i fulmini.

- Identificata la struttura da proteggere,
- Identificati i tipi di perdita relativi alla struttura,
- Identificate e calcolate le componenti di rischio per ciascun tipo di perdita, se il rischio individuato non supera quello tollerabile $R \leq R_T$ la struttura è protetta.

E da Ricordare che valutare il rischio di fulminazione costituisce un obbligo giuridico in capo al responsabile della struttura, secondo il D.lgs. 81/08: "Testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro" (art. 84: Il datore di lavoro provvede affinché gli edifici, gli impianti, le strutture, le

attrezzature, siano protetti dagli effetti dei fulmini con sistemi di protezione realizzati secondo le norme di buona tecnica).

3- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) "Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"

La Parte 3 della Norma CEI EN 62305 definisce i requisiti per la protezione di una struttura contro i danni materiali per mezzo di un impianto di protezione (LPS) e per la protezione contro i danni agli esseri viventi causati dalle tensioni di contatto e di passo in prossimità dell'LPS. Questa Norma fornisce le prescrizioni per:

- a) Il progetto, l'installazione, la verifica e la manutenzione di LPS per strutture, senza limitazioni in altezza;
- b) La messa in atto di misure di protezione contro i danni agli esseri viventi causati dalle tensioni di contatto e di passo.

4- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) "Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture".

La parte 4 della Norma CEI EN 62305 fornisce informazioni sul progetto, l'installazione, l'ispezione, la manutenzione e la verifica del sistema di misure di protezione contro il LEMP (LPMS) per gli impianti elettrici ed elettronici nelle strutture, al fine di ridurre il rischio di danni permanenti dovuti all'impulso elettromagnetico associato al fulmine.

IX. PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI

1- Generalità

La protezione di una struttura contro gli effetti della fulminazione viene ritenuta non obbligatoria quando il valore del rischio R è inferiore al valore di rischio tollerabile R_T . Nonostante questo fatto, l'adozione di misure di protezioni preventive risulta quasi sempre necessaria, a fine di ottimizzare il livello di protezione.

2- Scelta della classe dell'LPS

Le caratteristiche di un LPS sono determinate dalla struttura che vogliamo proteggere e dal livello di protezione fissato inizialmente. La norma CEI EN 62305 definisce quattro classi di LPS a cui corrisponde quattro livelli di protezione definiti nella CEI EN 62305-1. La tabella 1 mette in evidenza la corrispondenza tra livello di protezione (LPL) e la classe dell'LPS.

Tabella 1— Corrispondenza tra il livello di protezione (LPL) e la classe dell'LPS (CEI EN 62305-1)

LPL	Classe dell' LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Progetto dell'LPS

L'ottenimento di un LPS efficace ed economico deve essere realizzato durante la costruzione della struttura. Il progetto e la costruzione dell'LPS deve essere sincronizzato con tutte le fasi di progetto e della costruzione della struttura stessa. Deve essere prevista le fasi di progettazione della struttura, la possibilità di utilizzare le parti metalliche della struttura come elemento dell'LPS. Ci sono pertanto due impianti di protezione: interno ed esterno.

3- Impianto di protezione esterno

LPS esterno ha come ruolo fondamentale, quello di intercettare i fulmini prima che entrino nella struttura. La corrente associata al fenomeno di fulminazione, quando esso interessa una struttura meccanica collegata a terra è costretta a fluire sulla stessa fino al terreno; si può dunque assumere in prima approssimazione che LPS svolga la funzione di disperdere la corrente di fulmine nel terreno, evitando così che si verifichino danni di tipo meccanico o chimico e scariche pericolose che possono innescare incendi.

L'uso di LPS esterno isolato dovrebbe essere preso in considerazione quando gli effetti termici ed esplosivi nel punto di impatto, o nei conduttori percorsi dalla corrente di fulmine, possono causare danno alla struttura o al suo contenuto. Si distingue due tipologie di LPS esterno che usano:

Componenti naturali

Saranno costituiti di elementi metallici, che sono parte integrante della struttura e che non possono essere modificati tra cui:

- Ferri di armatura interconnessi;
- Intelaiatura metallica di una struttura;

Inoltre, ci sono altri componenti metallici che hanno una funzione aggiuntiva nell'LPS; si tratta generalmente di ferri d'armatura che vengono connessi alla struttura e prendono il nome di captatori.

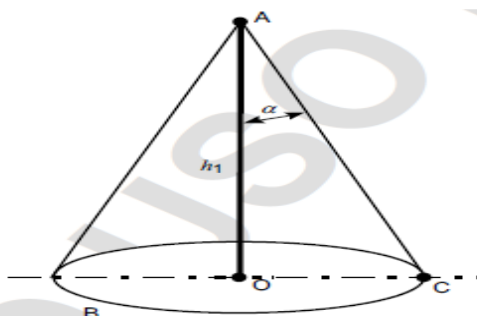
Tipi di captatori

La presenza di sistemi di captatori, progettati in modo opportuno, riduce di molto la probabilità che un fulmine penetri nella struttura. Si possono distinguere in:

- Aste;
- Funi di guardia;
- Conduttori disposti in modo da formare maglie.

Per soddisfare i requisiti della CEI EN 62305-3, tutti gli elementi del sistema di captazione devono essere installati rispettando determinati valori, di distanze variabili, per ogni tipo di captatore.

Il volume protetto da un captatore di tipo ad aste è:

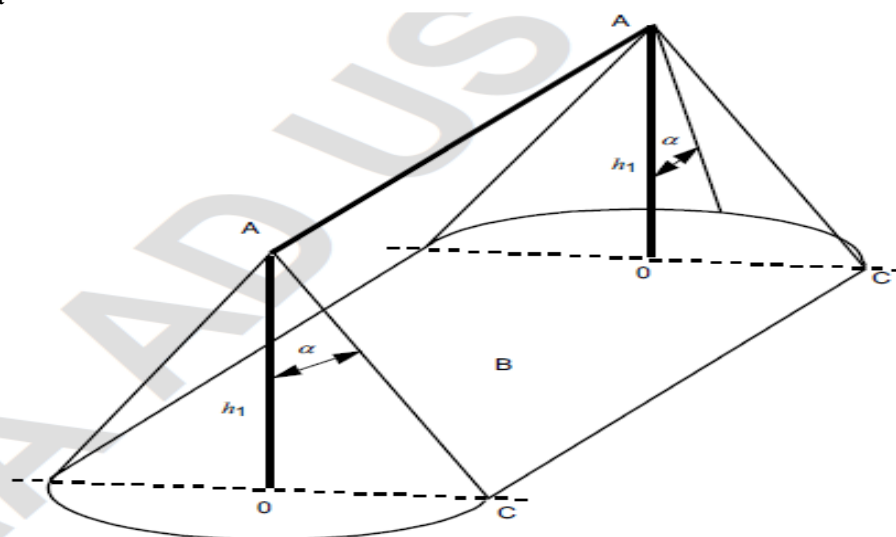


Legenda

- A Sommità di un captatore ad asta
B Piano di riferimento
OC Raggio dell'area protetta
 h_1 Altezza di un captatore ad asta sopra il piano di riferimento dell'area che deve essere protetta
 α Angolo di protezione secondo la Tabella 2

Figura A.1 – Volume protetto da un captatore ad asta

Per uno a fune di guardia



NOTA Per la legenda vedere Fig. A.1.

Figura A.3 – Volume protetto da un captatore a fune

Ed infine conduttori disposti in modo da formare maglie

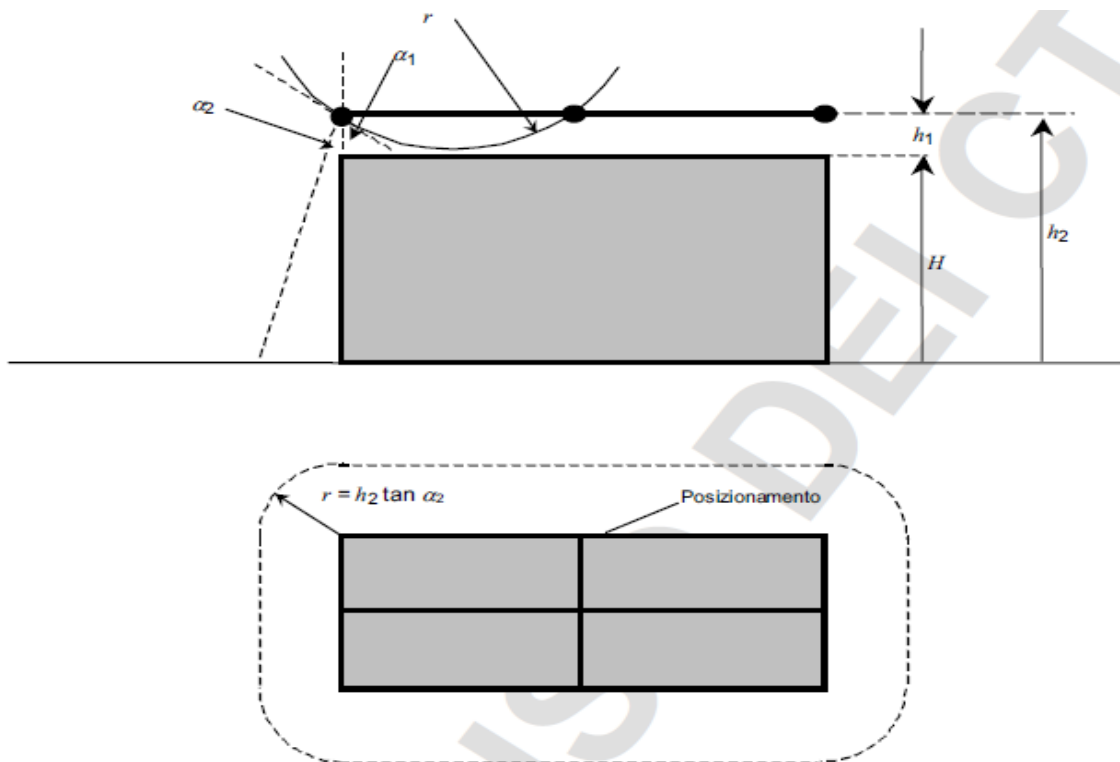


Figura A.4 – Volume protetto da un captatore a maglia isolato secondo il metodo dell'angolo di protezione e secondo il metodo della sfera rotolante

I sistemi di captatori dovranno essere installati sul tetto dell'edificio in esame, principalmente negli angoli e nei bordi. Per stabilire una buona posizione e disposizione dei dispositivi di captazione, useremo uno dei seguenti metodi:

- metodo della sfera ruotante ;
- metodo della maglia;
- metodo dell'angolo di protezione.

4- sistema di dispersori

Per poter disperdere la corrente di fulmine sul terreno senza che ci sia sovratensioni pericolose, si tiene conto di alcuni parametri di maggiore importanza quali: la forma e la dimensione del dispersore. In ogni caso, il dispersore deve avere una resistenza la più bassa possibile, preferibilmente minore di 10Ω ; se la misura viene fatta a bassa frequenza. I sistemi di dispersore devono essere interconnessi tra di loro in modo di essere equipotenziali e svolgeranno la funzione di assumere la protezione delle persone contro i contatti indiretti, protezione impianto telefonici, ecc...

5- Impianto di protezione interno

L'impianto di protezione interno deve garantire la protezione degli impianti all'interno della struttura durante il passaggio della corrente di fulmine sull'LPS esterno. Per evitare che si

verifichino scariche pericolose all'interno della struttura, deve essere applicata uno dei seguenti metodi o la loro combinazione.

Connessioni equipotenziali

Per assicurare l'equipotenzializzazione dell'impianto di protezione, si deve connettere l'LPS:

- alle parti strutturali metalliche;
- ai corpi metallici;
- agli impianti interni;
- ai corpi metallici esterni e linee connesse alla struttura.

Durante il passaggio della corrente di fulmine sull'LPS, non tutta la corrente viene drenata sul terreno, ma una parte fluisce sugli impianti interni alla struttura e produce effetti da non trascurare quali: elettrocuzione, danni agli apparecchiature ecc.... Per ridurre al massimo quella perdita si addoperà uno dei seguenti modi di connessione:

- conduttori equipotenziali, in caso di non continuità elettrica collegati tra di loro con elementi naturali;
- limitatori di sovratensione, in caso in cui non è possibile l'uso di conduttori equipotenziali.

Equipotenzializzazione degli impianti interni

L'equipotenzializzazione deve essere fatta in conformità alle prescrizioni date negli articoli 6.2.2 a) e 6.2.2 b) della CEI EN 62305-3: 2006-04.

Se l'impianto interno è dotato di conduttori schermati o posti in canalette metalliche, basterà connettere lo schermo o le canalette ad un punto equipotenziale.

Se invece, i conduttori non sono schermati o non sono posti nelle canalette metalliche, bisognerebbe trovare un modo per equipotenzializzarli; ciò è possibile con l'utilizzo di un SPD. Nei sistemi TN, è necessario che i conduttori PE e PEN siano connessi all'LPS direttamente o tramite SPD; ciò garantisce la sicurezza, sia dell'impianto esterno che di quelli che si trovano all'interno della struttura.

Equipotenzializzazione delle linee connesse alla struttura

L'equipotenzializzazione delle linee elettrica e di telecomunicazione deve essere realizzata secondo quanto specificato nell'Art. 6.2.3 della CEI EN 62305-3: 2006-04.

Tutti i conduttori di ogni linea dovrebbero essere connessi direttamente o indirettamente cioè tramite SPD, i conduttori attivi dovranno essere connessi al collettore equipotenziale mediante SPD. Nei sistemi TN, è necessario che i conduttori PE e PEN siano connessi al collettore equipotenziale direttamente o tramite SPD. Nel punto d'ingresso alla struttura deve essere garantita

l'equipotenzializzazione dei cavi (quelli schermati) e dei condotti in cui sono posti. Per soddisfare la domanda che riguarda la protezione contro le sovratensioni degli impianti interni connesse alle linee entranti alla struttura, gli SPD devono soddisfare i requisiti della CEI EN 62305-4 dell'Art.7.

6- Dispositivi di protezione contro le sovratensioni

Gli apparati elettrici, generalmente vengono progettati per funzionare in regime permanente sulla tensione nominale; un livello di tensione superiore o inferiore può essere causa di disfunzionalmente. Se la tensione è troppo bassa, la macchina può non fornire la potenza che ci vuole per soddisfare un utilizzatore; se invece la tensione risulta molto alta, la macchina va in avaria per perdite d'isolamento. Inoltre, ciò può comportare il surriscaldamento dei conduttori ed un rapido cedimento dell'isolante, cause di probabili incendi. Questo fenomeno descritto precedentemente può verificarsi quando l'impianto interno della struttura non viene protetto da dispositivi di protezione contro le sovratensioni. Questi dispositivi svolgono la funzione di intercettare tutte le sovratensione non tollerabile e prendono il nome di limitatore di sovratensioni (SPD). I dispositivi che svolgono quella funzione sono:

- Varistori;
- Diodi zener;
- Spinterometri in aria, in gas e a scarica frazionaria.

Gli spinterometri fanno parte della famiglia dei dispositivi di protezioni contro le sovratensioni più usati. Quelli in aria hanno tensione di innesco di qualche kV, che varia al variare delle condizioni dell'aria, della geometria e della distanza tra gli elettrodi. Quelli in gas invece hanno tensione di innesco che varia da 70V a 10kV, in base alle caratteristiche costruttive e della densità del gas all'interno dello spinterometro.

Recentemente, l'evoluzione tecnologica ha portato alla realizzazione dei spinterometri a scarica frazionaria; sono composti da elettrodi a dischi di carbonio e da un materiale isolante intermedio a cui è affidata la funzione di spegnimento degli archi. Questa tecnologia è costituita da più spinterometri collegati in serie, assicura pertanto un livello di protezione elevato. Le tensioni di innesco sono inferiori a 2kV ed a 1,3kV; inoltre, hanno una elevata capacità di scarica (50kA) e alto potere di interruzione delle correnti susseguenti a 50 Hz, annullando inoltre gli effetti di effluvio ionico che è una particolarità degli spinterometri.



Art.MC50-B: Spinterometro in aria, senza effluvio, ad elevata capacità di scarica

L'ossido di zinco è un materiale molto utilizzato, trova le sue applicazioni in vari settori quali: in ceramica, nella preparazione delle vernici, nella fabbricazione dei materiali plastici, nelle fotocopiatrici, nella produzione dei ferriti, nella produzione di termoelementi, ecc...

Nella produzione dei termoelementi, l'ossido di zinco ha un ruolo importantissimo. Gli elementi fabbricati in base dell'ossido di zinco riescono a lavorare a temperature e tensioni elevate. L'ossido di zinco viene usata negli scaricatori di tensione; questi ultimi vengono installati nelle reti elettriche di media tensione (6-45kV) e svolgono la funzione di proteggere la rete da sovratensioni.



Figura 1: scaricatore DEHNmid - classe 3 con $U_c = 31,2 \text{ kV}$, installato in una rete ferroviaria a 25 kV / 50 Hz

7- Definizione zone LPZ

La norma CEI EN 62305-3 stabilisce misure da seguire per realizzare sistemi di protezione adatti a proteggere sia le persone che i beni materiali all'intero degli edifici in caso di fulminazione. La precedente norma non stabiliva nessuna misura di protezione di sistemi elettrici ed elettronici contro gli effetti della fulminazione. La protezione dei sistemi elettrici ed elettronici si basa sul principio delle zone di protezione (LPZ). La regola base è quella di dividere la struttura in varie zone ove verranno applicati sistemi di protezione per ogni singola zona. Per una determinata zona, corrisponde un valore della corrente di tenuta all'impulso a cui corrisponderà un tipo di dispositivo di protezione contro le sovratensioni. Definiremo due grandi zone: una interna ed una esterna.

La zona esterna sarà caratterizzata da due zone:

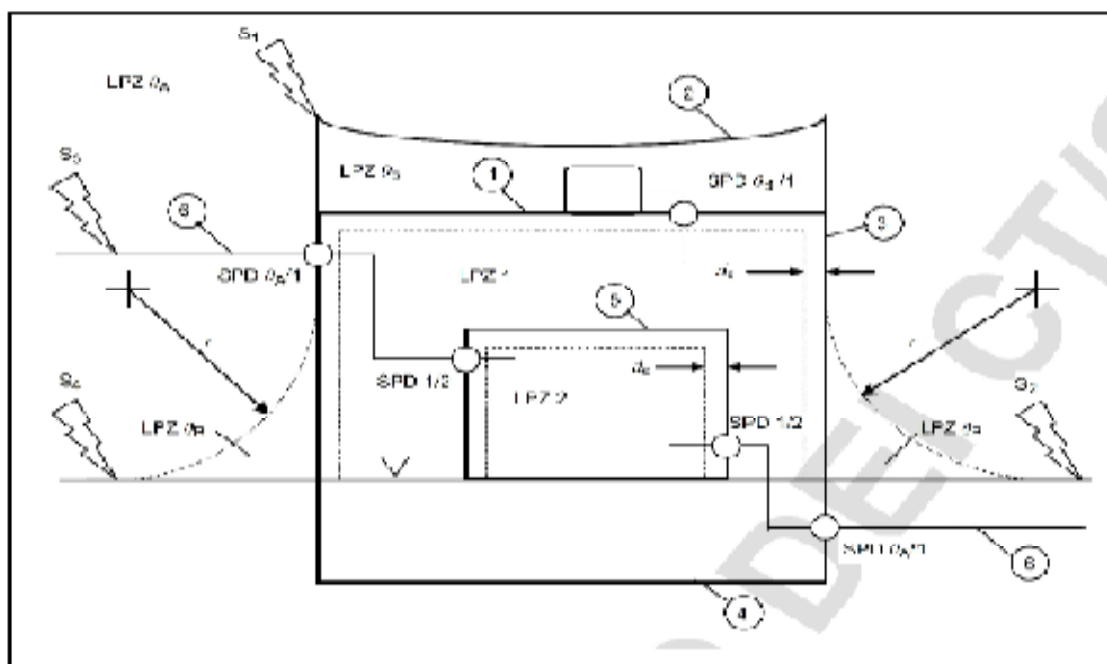
- LPZ 0_A: è la zona a rischio di impatto diretta da correnti impulsive fino alla completa corrente da fulmine e per l'intero campo elettromagnetico del fulmine;
- LPZ 0_B: è la zona protetta contro l'impatto diretto da fulmine per l'intero campo elettromagnetico del fulmine. Però le linee e le parti metalliche possano essere percorse da una parte della corrente di fulmine. Nonostante la protezione esterna, i sistemi interni possono essere soggetti a correnti parziali da fulmine.

La zona interna invece sarà caratterizzata da due o più zone:

- LPZ 1: è la zona dove le correnti impulsive sono limitate dalla ripartizione di corrente e tramite dispositivi di protezione da sovratensioni sui confini delle zone.
- LPZ 2, ..., LPZ n: è la zona dove le correnti impulsive di fulmine sono ulteriormente limitate dalla ripartizione di corrente e tramite dispositivi di protezione da sovratensioni sui confini delle zone.

La propagazione delle corrente impulsive parziali si possono verificare da una zona esterna ad una zona interna; sarà dunque necessario ridurre quel valore di corrente ad un valore ammissibile dagli impianti elettrici ed elettronici interni. Applicando schermature locali delle diverse zone si riesce ad attenuare di molto quelli correnti. La seguente figura mette in evidenza quanto è stato detto in questo paragrafo.

DEFINIZIONE ZONE LPZ CEI 81-10/1



1	Struttura (schema di LPZ 1)	S1	Fulmine sulla struttura
2	Sistema di captatori	S2	Fulmine in prossimità della struttura
3	Sistema di cattede	S3	Fulmine su servizio connesso alla struttura
4	Sistema di dissipatori	S4	Fulmine in prossimità di servizio connesso ad una struttura
5	Locale (schema di LPZ 2)	x	Raddoppio della sfera ricettiva
6	Servizio connesso alla struttura	d_s	Distanza di sicurezza contro i campi magnetici troppo intensi

∇	Il vertice del tetto
$\bigcirc$	Connessioni equipotenziali e con SPD

LPZ 0A	Fulminazione diretta, totale corrente di fulmine tota e campo magnetico
LPZ 0B	Nessuna fulminazione diretta, parziale corrente di fulmine e correnti indotte, campo magnetico, totale
LPZ 1	Nessuna fulminazione diretta, parziale corrente di fulmine e correnti indotte, campo magnetico ridotto
LPZ 2	Nessuna fulminazione diretta, correnti indotte, campo magnetico ulteriormente ridotto

I valori protetti all'interno di LPZ 1 e LPZ 2 devono rispettare le distanze di sicurezza d_s .

**Figura 3 – LPZ definito dalle misure di protezione contro il LEMP
(CEI EN 62305-4)**

8- Cenni sulla valutazione dei rischi incendio nei luoghi di lavoro

La valutazione dei rischi di incendio deve consentire al datore di lavoro di prendere le precauzioni che sono effettivamente necessarie per salvaguardare la sicurezza dei lavoratori e delle altre persone presenti nel luogo di lavoro. Le precauzioni da prendere sono:

- la prevenzione dei rischi;
- l'informazione dei lavoratori e delle altre persone presenti;
- la formazione dei lavoratori;
- le misure tecniche organizzative destinate a porre in atto le precauzioni necessari.

La prevenzione dei rischi costituisce uno degli obiettivi primari della valutazione dei rischi. Nei casi in cui non è possibile eliminarli completamente, essi devono essere diminuiti al livello più basso possibile e devono essere tenuti sotto controllo i rischi residui. Per valutare i rischi bisognerebbe tenere conto:

- del tipo di attività;
- dei materiali immagazzinati e manipolati;
- delle attrezzature presenti nel luogo di lavoro compresi gli arredi;
- delle caratteristiche costruttive del luogo di lavoro compresi i materiali di rivestimento;
- del numero di persone presenti.

I materiali combustibili se sono in quantità limitata, correttamente manipolati e depositati in sicurezza, possono non costituire oggetto di particolare rischio. Alcuni materiali presenti nei luoghi di lavoro costituiscono pericolo potenziale poiché essi sono facilmente combustibili od infiammabili o possono facilitare il rapido sviluppo di un incendio. Le principali cause e pericoli di incendio più comuni sono:

- accumulo di rifiuti, carta od altro materiale combustibile che può essere incendiato;
- negligenza relativamente all'uso di fiamme libere e di apparecchi generatori di calore;
- inadeguata pulizia delle aree di lavoro e scarsa manutenzione delle apparecchiature;
- uso di impianti elettrici difettosi o non adeguatamente protetti;
- riparazioni o modifiche di impianti elettrici effettuate da persone non qualificate;
- presenza di apparecchiature elettriche sotto tensione anche quando non sono utilizzate;
- utilizzo non corretto di apparecchi di riscaldamento portatili;
- ostruzione delle aperture di ventilazione di apparecchi di riscaldamento, macchinari, apparecchiature elettriche e di ufficio;
- presenza di fiamme libere in aree ove sono proibite, compreso il divieto di fumo o il mancato utilizzo di portacenere;
- rischio fulminazione.

Queste precedenti cause di incendio possono essere ridotte ad un limite tollerabile. Sulla base della valutazione dei rischi è possibile classificare il livello di rischio di incendio dell'intero luogo di lavoro o di ogni parte di esso; tale rischio può essere basso, medio o elevato ed è proporzionale alle sostanze e al tasso di infiammabilità e delle condizioni dei locali a sviluppare o meno la propagazione di un incendio.

Nei luoghi di lavoro ad alto rischio è possibile riportare quel rischio ad un livello medio o basso adottando uno o la combinazione di seguenti misure:

- l'area ad alto rischio deve essere separata dalle altre attraverso elementi separanti resistenti al fuoco;
- gestione accurata del processo di lavoro e le vie di esodo;
- il processo di lavoro deve essere gestito accuratamente e le vie di esodo devono essere protette contro l'incendio;
- disporre di misure di protezione attiva di tipo automatico quali impianti automatici di spegnimento, impianti automatici di rivelazione incendio o impianti di estrazione fumi.

Nel caso che non sia possibile rispettare le misure di sicurezza, si dovrà pensare ad altre misure di sicurezza compensative aggiuntive. In generale vengono adottate una o più delle seguenti precauzioni:

Vie di esodo

- riduzione del percorso di esodo;
- protezione delle vie di esodo;
- realizzazione di ulteriori percorsi di esodo e di uscita;
- installazione di segnaletica, di avvertimento, obbligo e salvataggio;
- rafforzamento del grado di efficienza dell'illuminazione di emergenza;
- messa in atto di misure specifiche per persone disabili;
- incremento del personale addetto alla gestione dell'emergenza ed all'attuazione delle misure per l'evacuazione;
- limitazione dell'affollamento.

Mezzi ed impianti di spegnimento

- realizzazione di ulteriori approntamenti, tenendo conto dei pericoli specifici;
- installazione di impianti di spegnimenti automatici;

Rivelazione ed allarme antincendio

- installazione di un sistema di allarme più efficienti; dovranno essere sostituiti sistemi di allarme manuali con quelli di tipo automatico;
- riduzione della distanza tra i dispositivi di segnalazione manuale di incendio;
- installazione di impianti automatico di rivelazione incendio;
- disporre di segnali ottici in aggiunta a quelli sonori, con sistemi di diffusione messaggi tramite alto parlante;

Informazione e formazione

- predisposizione di un programma di controllo e di regolare manutenzione dei luoghi di lavoro;
- verifica di specifiche disposizioni per assicurare la necessaria informazione sulla sicurezza antincendio agli appaltatori esterni ed al personale dei servizi di pulizia e manutenzione ;
- controllo che specifici corsi di aggiornamento siano forniti al personale che usa materiali facilmente combustibili, sostanze infiammabili o sorgenti di calore in aree ad elevato rischio di incendio;
- realizzazione dell'addestramento antincendio per tutti i lavoratori.

La valutazione dei rischi di incendio deve essere aggiornata ogni volta che ci saranno una variazione dei fattori di rischio. La valutazione del rischio deve essere rivista periodicamente, essenzialmente quando c'è grande cambiamento nell'attività, nei materiali utilizzati o depositati, o quando l'edificio è oggetto di ristrutturazione o ampliamenti.

Carico d'incendio

Il rischio d'incendio di un particolare compartimento è legato anche alla quantità di materiale combustibile o infiammabile che si trova depositato.

Un parametro quantitativo che indica il rischio legato al deposito è il carico d'incendio. Esso è la quantità di MJ sviluppabili in calore durante l'incendio per unità di superficie in pianta del compartimento e viene misurato in MJ/m². Le norme CEI 81-10 si riferiscono ancora al Kg legna equivalente /m² che era una scala di misura ora abbandonata dalle norme antincendio. Per le norme CEI sul rischio di fulminazione, il rischio d'incendio può essere basso, ordinario o elevato. Il livello di rischio sarà classificato secondo la seguente scala:

Carico Incendio (kg/m²)	Livello di rischio
CI < 20	Basso
20 < CI < 45	Ordinario
CI > 45	Elevato

SECONDA PARTE

X. VALUTAZIONE DI UN CASO REALE (EDIFICIO INDUSTRIALE) MEDIANTE UN SOFTWARE COMMERCIALE: ZEUS PLUS

Relazione tecnica:

VALUTAZIONE RISCHIO SCARICHE ATMOSFERICHE

Uffici e capannoni

Committente: *FANTON SpA – Conselve (PD)*

Conselve, agosto 2011

SOMMARIO

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO
2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE
4. DATI INIZIALI
 - 4.1 Densità annua di fulmini a terra.
 - 4.2 Dati relativi alla struttura.
 - 4.3 Dati relativi alle linee esterne.
 - 4.4 Definizione e caratteristiche delle zone
5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE
6. VALUTAZIONE DEI RISCHI
 - 6.1 Rischio R_1 di perdita di vite umane
 - 6.1.1 Calcolo del rischio R_1
 - 6.1.2 Analisi del rischio R_1
7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE
8. CONCLUSIONI
9. APPENDICI
10. ALLEGATI

Disegno della struttura
Grafico area di raccolta A_d
Grafico area di raccolta A_m

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO

Questo documento contiene:

la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine con allegate le aree di raccolta;

la pianta della struttura con la suddivisione in zone;

lo schema a blocchi dell'impianto elettrico con indicata la posizione e la tipologia degli SPD da inserire

gli schemi tipici per l'inserimento degli SPD sugli impianti di segnale con indicata la tipologia delle apparecchiature.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme CEI:

- CEI 81-10/1 (EN 62305-1): "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-10/2 (EN 62305-2): "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-10/3 (EN 62305-3): "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-10/4 (EN 62305-4): "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico."
Maggio 1999.

3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.1.2 della Norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

4. DATI INIZIALI

4.1 Densità annua di fulmini a terra

Come rilevabile dalla Norma CEI 81-3, la densità annua di fulmini a terra per kilometro quadrato nel comune di CONSELVE in cui è ubicata la struttura vale :

$$N_t = 4,0 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

4.2 Dati relativi alla struttura

La pianta della struttura è riportata nel disegno (*Allegato Disegno della struttura*).

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a :

- perdita di vite umane

In accordo con la Norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato :

- rischio R1;

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte perché espressamente non richieste dal Committente.

L'edificio ha struttura portante metallica o in cemento armato con ferri d'armatura continui.

Si tratta di un insieme di capannoni che attraverso tettoie e attraversamenti coperti risultano un tutt'uno tranne l'edificio mensa che è staccato completamente dagli altri.

4.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: ELETTRICA
- Linea di segnale: TELEFONICA
- Linea di segnale: TELEFONICA
- Linea di energia: ELETTRICA

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle linee elettriche*.

4.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

Z1: ZONA_1

Z2: ZONA_2
Z3: ZONA_3
Z4: ZONA_4
Z5: ZONA_5
Z6: ZONA_6
Z7: ZONA_7
Z8: ZONA_8
Z9: ZONA_9
Z10: ZONA_10
Z11: ZONA_11
Z12: ZONA_12
Z13: ZONA_13
Z14: ZONA_ESTERNA

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle Zone*.

5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta Ad dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art. A.2, ed è riportata nel disegno (Allegato *Grafico area di raccolta Ad*).

L'area di raccolta Am dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art. A.3, ed è riportata nel disegno (Allegato *Grafico area di raccolta Am*).

Le aree di raccolta Al e Ai di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art. A.4.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice *Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi*.

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'Appendice *Valori delle probabilità P per la struttura non protetta*.

6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

6.1 Rischio R1: perdita di vite umane

6.1.1 Calcolo del rischio R1

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

Z1: ZONA_1
RB: 1,32E-07
RU(ELETTRICA): 2,92E-11
RV(ELETTRICA): 5,84E-11
Totale: 1,32E-07

Z2: ZONA_2
RB: 1,58E-06

RU(ELETTRICA): 3,54E-09
RV(ELETTRICA): 7,08E-09
RU(TELEFONICA): 3,54E-09
RV(TELEFONICA): 7,08E-09
RU(RIVELATORE GAS): 0,00+E00
RV(RIVELATORE GAS): 0,00+E00
RW(RIVELATORE GAS): 0,00+E00
RZ(RIVELATORE GAS): 0,00+E00
Totale: 1,60E-06

Z3: ZONA_3
RB: 9,23E-07
RU(ELETTRICA): 2,07E-12
RV(ELETTRICA): 4,13E-09
RU(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
RV(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
RW(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
RZ(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
Totale: 9,27E-07

Z4: ZONA_4
RB: 5,61E-07
RU(ELETTRICA): 0,00E+00
RV(ELETTRICA): 2,48E-10
RU(TELEFONICA): 0,00E+00
RV(TELEFONICA): 2,51E-09
Totale: 5,64E-07

Z5: ZONA_5
RB: 7,92E-07
RU(ELETTRICA): 1,75E-13
RV(ELETTRICA): 3,50E-10
Totale: 7,92E-07

Z6: ZONA_6
RB: 5,28E-08
RU(ELETTRICA): 4,69E-11
RV(ELETTRICA): 2,34E-11
RU(TELEFONICA): 4,74E-10
RV(TELEFONICA): 2,36E-10
Totale: 5,36E-08

Z7: ZONA_7
RB: 4,62E-07
RU(RETE TELEFONICA): 4,13E-09
RV(RETE TELEFONICA): 2,07E-09
RU(RETE ELETTRICA): 4,09E-10
RV(RETE ELETTRICA): 2,05E-10
RU(RIVELATPRE FUMI): 0,00+E00
RV(RIVELATPRE FUMI): 0,00+E00
RW(RIVELATPRE FUMI): 0,00+E00

RZ(RIVELATPRE FUMI): 0,00+E00
Totale: 4,69E-07

Z8: ZONA_8
RB: 1,98E-07
RU(RETE TELEFONICA): 1,77E-12
RV(RETE TELEFONICA): 8,85E-10
RU(RETE ELETTRICA): 1,75E-13
RV(RETE ELETTRICA): 8,76E-11
Totale: 1,99E-07

Z9: ZONA_9
RB: 1,71E-06
RU(RETE TELEFONICA): 3,84E-09
RV(RETE TELEFONICA): 7,67E-09
RU(RETE ELETTRICA): 3,80E-10
RV(RETE ELETTRICA): 7,59E-10
RU(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
RV(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
RW(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
RZ(RIVELAZIONI FUMI): 0,00+E00
Totale: 1,72E-06

Z10: ZONA_10
RB: 9,23E-07
RU(RETE TELEFONICA): 2,07E-09
RV(RETE TELEFONICA): 4,13E-09
RU(RETE ELETTRICA): 2,05E-10
RV(RETE ELETTRICA): 4,08E-10
RU(RIVELATORE FUMI): 0,00+E00
RV(RIVELATORE FUMI): 0,00+E00
RW(RIVELATORE FUMI): 0,00+E00
RZ(RIVELATORE FUMI): 0,00+E00
Totale: 9,30E-07

Z11: ZONA_11
RB: 6,60E-09
RU(RETE ELETTRICA): 5,83E-14
RV(RETE ELETTRICA): 2,92E-12
RU(RETE TELEFONICA): 5,89E-13
RV(RETE TELEFONICA): 2,95E-11
Totale: 6,63E-09

Z12: ZONA_12
RB: 4,62E-07
RU(RETE ELETTRICA): 4,09E-13
RV(RETE ELETTRICA): 2,05E-10
RU(RETE TELEFONICA): 4,13E-12
RV(RETE TELEFONICA): 2,07E-09
Totale: 4,64E-07

Z13: ZONA_13
RB: 2,64E-07
RU(LINEA ELETTRICA): 2,34E-13
RV(LINEA ELETTRICA): 1,17E-10
RU(RETE TELEFONICA): 2,36E-12
RV(RETE TELEFONICA): 1,18E-09
Totale: 2,65E-07

Z14: ZONA_ESTERNA
RA: 2,64E-10
Totale: 2,64E-10

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 8,12E-06

6.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 8,12E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$

7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo $R1 = 8,12E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

8. CONCLUSIONI

Rischi che non superano il valore tollerabile: R1
SECONDO LA NORMA CEI EN 62305-2 LA STRUTTURA E' PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 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.

Conselve, 25/08/2011

ing. Massimo Negrisolò

9. APPENDICI

APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: vedi disegno

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore ($C_d = 0,5$)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno) $N_t = 4$

APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: ELETTRICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m) $L_c = 500$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate: $1 < R \leq 5$ ohm/km

SPD ad arrivo linea: livello I ($P_{spd} = 0,01$)

Caratteristiche della linea: TELEFONICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) $L_c = 1000$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

SPD ad arrivo linea: livello I ($P_{spd} = 0,01$)

Caratteristiche della linea: TELEFONICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) $L_c = 500$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

SPD ad arrivo linea: livello I ($P_{spd} = 0,01$)

Caratteristiche della linea: ELETTRICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m) $L_c = 500$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate: $1 < R \leq 5$ ohm/km

SPD ad arrivo linea: livello I ($P_{spd} = 0,01$)

APPENDICE - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: ZONA_13

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: legno ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: LINEA ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_13

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R_1) $L_t = 5,33\text{E-}04$

Perdita per danno fisico (relativa a R_1) $L_f = 2,67\text{E-}04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_13

Rischio 1: R_b R_u R_v

Caratteristiche della zona: ZONA_1

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_u = 0,01$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: continua - spessore: $s = 0,5 \text{ mm}$

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: I ($P_{spd} = 0,01$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_1

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R_1) $L_t = 6,67\text{E-}05$

Perdita per danno fisico (relativa a R_1) $L_f = 3,33\text{E-}05$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_1

Rischio 1: R_b R_u R_v

Caratteristiche della zona: ZONA_2

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_u = 0,01$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: ELETTRICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Impianto interno: RIVELATORE GAS

Non alimentato da alcuna linea

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_2

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R_1) $L_t = 8,00E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R_1) $L_f = 4,00E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_2

Rischio 1: R_b R_u R_v

Caratteristiche della zona: ZONA_3

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: ELETTRICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: RIVELAZIONI FUMI

Non alimentato da alcuna linea

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_3

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 4,67E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 2,33E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_3

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_4

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_u = 0,01$)

Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: barriere

Impianto interno: ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_4

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 1,13E-03$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 5,67E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_4

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_5

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) (Ks3 = 0,2)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II (Pspd = 0,02)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_5

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) Lt = 4,00E-04

Perdita per danno fisico (relativa a R1) Lf = 2,00E-04

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_5

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_6

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: ceramica (ru = 0,001)

Rischio di incendio: ridotto (rf = 0,001)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico (h = 2)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) (Ks3 = 0,2)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II (Pspd = 0,02)

Impianto interno: TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) (Ks3 = 0,02)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd = 1)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_6

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) Lt = 1,07E-03

Perdita per danno fisico (relativa a R1) Lf = 5,33E-04

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_6

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_7

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento (ru = 0,01)

Rischio di incendio: ordinario (rf = 0,01)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico (h = 2)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: assente
Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) (Ks3 = 0,02)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd =1)

Impianto interno: RETE ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) (Ks3 = 0,2)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II (Pspd = 0,02)

Impianto interno: RIVELATPRE FUMI

Non alimentato da alcuna linea

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) (Ks3 = 0,02)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: III (Pspd = 0,03)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_7

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) Lt = 9,33E-04

Perdita per danno fisico (relativa a R1) Lf = 4,67E-04

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_7

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_8

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto (ru = 0,00001)

Rischio di incendio: ordinario (rf = 0,01)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico (h = 2)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) (Ks3 = 0,02)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd =1)

Impianto interno: RETE ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) (Ks3 = 0,2)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II (Pspd = 0,02)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_8

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) Lt = 4,00E-04

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 2,00E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_8

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_9

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_u = 0,01$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Impianto interno: RETE ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: RIVELAZIONI FUMI

Non alimentato da alcuna linea

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: III ($P_{spd} = 0,03$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_9

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 8,67E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 4,33E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_9

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_10

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_u = 0,01$)

Rischio di incendio: elevato ($r_f = 0,1$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: automatiche ($r_p = 0,2$) manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Impianto interno: RETE ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: RIVELATORE FUMI

Non alimentato da alcuna linea

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: III ($P_{spd} = 0,03$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_10

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 4,67E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 2,33E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_10

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_ESTERNA

Tipo di zona: esterna

Tipo di suolo: asfalto ($r_a = 0,00001$)

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_ESTERNA

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) $L_t = 2,67E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_ESTERNA

Rischio 1: Ra

Caratteristiche della zona: ZONA_11

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: asfalto ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: ridotto ($r_f = 0,001$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: RETE ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_11

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 1,33E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 6,67E-05$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_11

Rischio 1: Rb Ru Rv

Caratteristiche della zona: ZONA_12

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: legno ($r_u = 0,00001$)

Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: RETE ELETTRICA

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m²) ($K_{s3} = 0,2$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: II ($P_{spd} = 0,02$)

Impianto interno: RETE TELEFONICA

Alimentato dalla linea TELEFONICA

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²) ($K_{s3} = 0,02$)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ($P_{spd} = 1$)

Valori medi delle perdite per la zona: ZONA_12

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 9,33E-04$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 4,67E-04$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ZONA_12

Rischio 1: Rb Ru Rv

APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi.

Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $A_d = 4,95E-02$ km²

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_m = 3,61E-01$ km²

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_d = 9,90E-02$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_m = 1,35E+00$

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (A_l) e indiretta (A_i) delle linee:

ELETTRICA

$A_l = 0,010952 \text{ km}^2$

$A_i = 0,279508 \text{ km}^2$

TELEFONICA

$A_l = 0,022133 \text{ km}^2$

$A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

TELEFONICA

$A_l = 0,010952 \text{ km}^2$

$A_i = 0,279508 \text{ km}^2$

ELETTRICA

$A_l = 0,010952 \text{ km}^2$

$A_i = 0,279508 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (N_l) e indiretta (N_i) delle linee:

ELETTRICA

$N_l = 0,004381$

$N_i = 0,111803$

TELEFONICA

$N_l = 0,044265$

$N_i = 1,118034$

TELEFONICA

$N_l = 0,010952$

$N_i = 0,559017$

ELETTRICA

$N_l = 0,002190$

$N_i = 0,111803$

APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: ZONA_1

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c (\text{ELETTRICA}) = 1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m (\text{ELETTRICA}) = 1,00E-04$

$P_m = 1,00E-04$

$P_u (\text{ELETTRICA}) = 1,00E-02$

$P_v (\text{ELETTRICA}) = 1,00E-02$

Pw (ELETTRICA) = 1,00E-02

Pz (ELETTRICA) = 1,00E-02

Zona Z2: ZONA_2

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (ELETTRICA) = 1,00E+00

Pc (TELEFONICA) = 1,00E+00

Pc (RIVELATORE GAS) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pm (TELEFONICA) = 9,00E-03

Pm (RIVELATORE GAS) = 9,00E-03

Pm = 3,76E-02

Pu (ELETTRICA) = 1,00E-02

Pv (ELETTRICA) = 1,00E-02

Pw (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pz (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pu (TELEFONICA) = 1,00E-02

Pv (TELEFONICA) = 1,00E-02

Pw (TELEFONICA) = 1,00E+00

Pz (TELEFONICA) = 1,00E+00

Zona Z3: ZONA_3

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (ELETTRICA) = 1,00E+00

Pc (RIVELAZIONI FUMI) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pm (RIVELAZIONI FUMI) = 9,00E-03

Pm = 2,88E-02

Pu (ELETTRICA) = 1,00E-02

Pv (ELETTRICA) = 1,00E-02

Pw (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pz (ELETTRICA) = 2,00E-02

Zona Z4: ZONA_4

Pa = 0,00E+00

Pb = 1,0

Pc (ELETTRICA) = 1,00E+00

Pc (TELEFONICA) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pm (TELEFONICA) = 9,00E-03

Pm = 2,88E-02

Pu (ELETTRICA) = 0,00E+00

Pv (ELETTRICA) = 1,00E-02

Pw (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pz (ELETTRICA) = 2,00E-02

Pu (TELEFONICA) = 0,00E+00

Pv (TELEFONICA) = 1,00E-02
Pw (TELEFONICA) = 1,00E+00
Pz (TELEFONICA) = 1,00E+00

Zona Z5: ZONA_5

Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (ELETTRICA) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (ELETTRICA) = 2,00E-02
Pm = 2,00E-02
Pu (ELETTRICA) = 1,00E-02
Pv (ELETTRICA) = 1,00E-02
Pw (ELETTRICA) = 2,00E-02
Pz (ELETTRICA) = 2,00E-02

Zona Z6: ZONA_6

Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (ELETTRICA) = 1,00E+00
Pc (TELEFONICA) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (ELETTRICA) = 2,00E-02
Pm (TELEFONICA) = 9,00E-03
Pm = 2,88E-02
Pu (ELETTRICA) = 1,00E-02
Pv (ELETTRICA) = 1,00E-02
Pw (ELETTRICA) = 2,00E-02
Pz (ELETTRICA) = 2,00E-02
Pu (TELEFONICA) = 1,00E-02
Pv (TELEFONICA) = 1,00E-02
Pw (TELEFONICA) = 1,00E+00
Pz (TELEFONICA) = 1,00E+00

Zona Z7: ZONA_7

Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pc (RETE ELETTRICA) = 1,00E+00
Pc (RIVELATPRE FUMI) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (RETE TELEFONICA) = 9,00E-03
Pm (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pm (RIVELATPRE FUMI) = 9,00E-03
Pm = 3,76E-02
Pu (RETE TELEFONICA) = 1,00E-02
Pv (RETE TELEFONICA) = 1,00E-02
Pw (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pz (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pu (RETE ELETTRICA) = 1,00E-02
Pv (RETE ELETTRICA) = 1,00E-02

Pw (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pz (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02

Zona Z8: ZONA_8

Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pc (RETE ELETTRICA) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (RETE TELEFONICA) = 1,00E-04
Pm (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pm = 2,01E-02
Pu (RETE TELEFONICA) = 1,00E-02
Pv (RETE TELEFONICA) = 1,00E-02
Pw (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pz (RETE TELEFONICA) = 4,00E-01
Pu (RETE ELETTRICA) = 1,00E-02
Pv (RETE ELETTRICA) = 1,00E-02
Pw (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pz (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02

Zona Z9: ZONA_9

Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pc (RETE ELETTRICA) = 1,00E+00
Pc (RIVELAZIONI FUMI) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (RETE TELEFONICA) = 9,00E-03
Pm (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pm (RIVELAZIONI FUMI) = 9,00E-03
Pm = 3,76E-02
Pu (RETE TELEFONICA) = 1,00E-02
Pv (RETE TELEFONICA) = 1,00E-02
Pw (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pz (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pu (RETE ELETTRICA) = 1,00E-02
Pv (RETE ELETTRICA) = 1,00E-02
Pw (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pz (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02

Zona Z10: ZONA_10

Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (RETE TELEFONICA) = 1,00E+00
Pc (RETE ELETTRICA) = 1,00E+00
Pc (RIVELATORE FUMI) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (RETE TELEFONICA) = 9,00E-03
Pm (RETE ELETTRICA) = 2,00E-02
Pm (RIVELATORE FUMI) = 9,00E-03

$P_m = 3,76E-02$
 P_u (RETE TELEFONICA) = $1,00E-02$
 P_v (RETE TELEFONICA) = $1,00E-02$
 P_w (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$
 P_z (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$
 P_u (RETE ELETTRICA) = $1,00E-02$
 P_v (RETE ELETTRICA) = $1,00E-02$
 P_w (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_z (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$

Zona Z11: ZONA_11

$P_a = 1,00E+00$
 $P_b = 1,0$
 P_c (RETE ELETTRICA) = $1,00E+00$
 P_c (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$
 $P_c = 1,00E+00$
 P_m (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_m (RETE TELEFONICA) = $9,00E-03$
 $P_m = 2,88E-02$
 P_u (RETE ELETTRICA) = $1,00E-02$
 P_v (RETE ELETTRICA) = $1,00E-02$
 P_w (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_z (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_u (RETE TELEFONICA) = $1,00E-02$
 P_v (RETE TELEFONICA) = $1,00E-02$
 P_w (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$
 P_z (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$

Zona Z12: ZONA_12

$P_a = 1,00E+00$
 $P_b = 1,0$
 P_c (RETE ELETTRICA) = $1,00E+00$
 P_c (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$
 $P_c = 1,00E+00$
 P_m (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_m (RETE TELEFONICA) = $9,00E-03$
 $P_m = 2,88E-02$
 P_u (RETE ELETTRICA) = $1,00E-02$
 P_v (RETE ELETTRICA) = $1,00E-02$
 P_w (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_z (RETE ELETTRICA) = $2,00E-02$
 P_u (RETE TELEFONICA) = $1,00E-02$
 P_v (RETE TELEFONICA) = $1,00E-02$
 P_w (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$
 P_z (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$

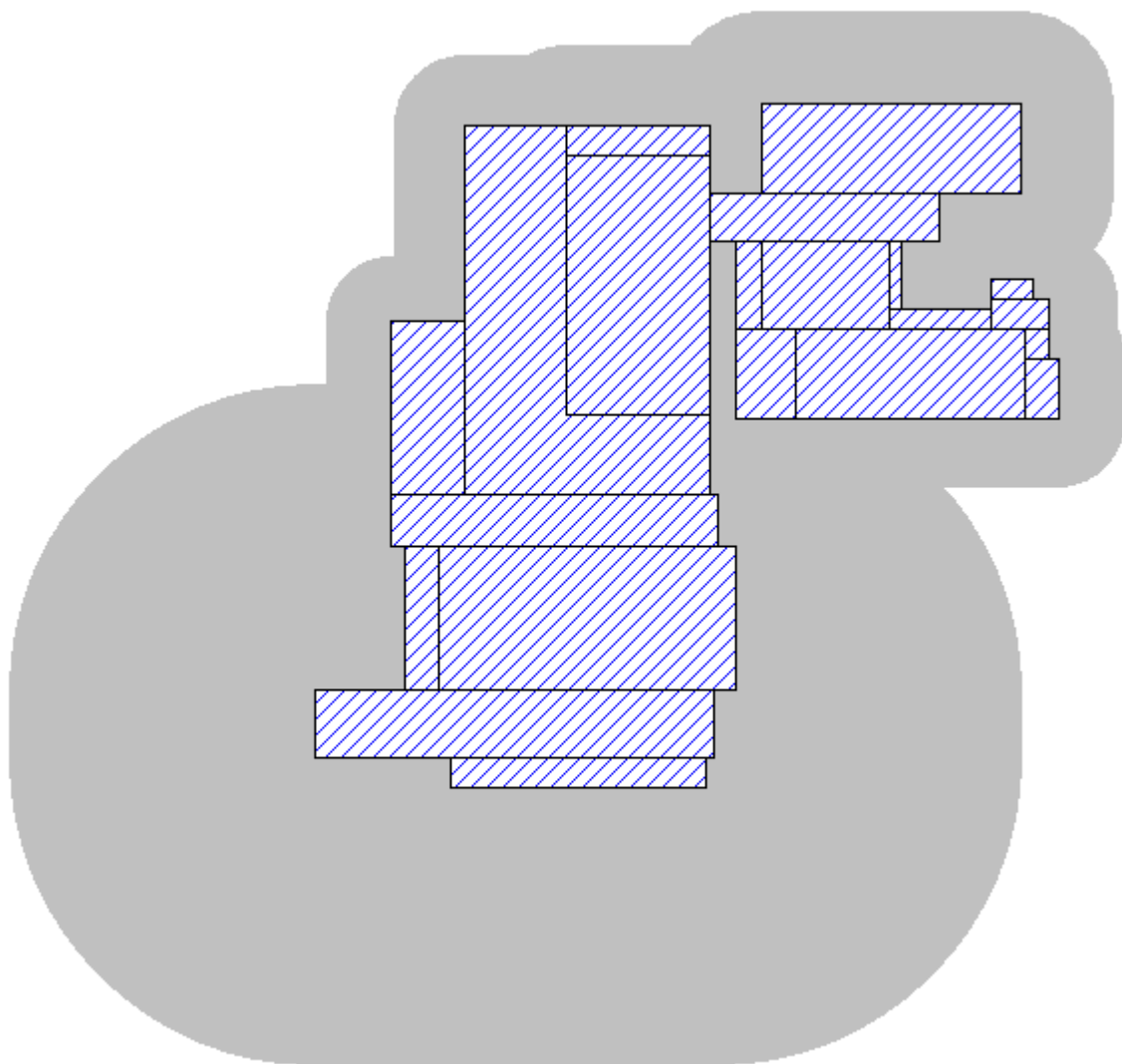
Zona Z13: ZONA_13

$P_a = 1,00E+00$
 $P_b = 1,0$
 P_c (LINEA ELETTRICA) = $1,00E+00$
 P_c (RETE TELEFONICA) = $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$
 $P_m (\text{LINEA ELETTRICA}) = 2,00E-02$
 $P_m (\text{RETE TELEFONICA}) = 9,00E-03$
 $P_m = 2,88E-02$
 $P_u (\text{LINEA ELETTRICA}) = 1,00E-02$
 $P_v (\text{LINEA ELETTRICA}) = 1,00E-02$
 $P_w (\text{LINEA ELETTRICA}) = 2,00E-02$
 $P_z (\text{LINEA ELETTRICA}) = 2,00E-02$
 $P_u (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E-02$
 $P_v (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E-02$
 $P_w (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E+00$
 $P_z (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E+00$

Zona Z14: ZONA_ESTERNA

$P_a = 1,00E+00$
 $P_b = 1,0$
 $P_c (\text{RILEVATORE FUMI}) = 1,00E+00$
 $P_c (\text{LINEA ELETTRICA}) = 1,00E+00$
 $P_c (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E+00$
 $P_c = 1,00E+00$
 $P_m (\text{RILEVATORE FUMI}) = 9,00E-03$
 $P_m (\text{LINEA ELETTRICA}) = 7,50E-01$
 $P_m (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E-04$
 $P_m = 7,52E-01$
 $P_u (\text{LINEA ELETTRICA}) = 1,00E-02$
 $P_v (\text{LINEA ELETTRICA}) = 1,00E-02$
 $P_w (\text{LINEA ELETTRICA}) = 6,00E-01$
 $P_z (\text{LINEA ELETTRICA}) = 2,00E-02$
 $P_u (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E-02$
 $P_v (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E-02$
 $P_w (\text{RETE TELEFONICA}) = 1,00E+00$
 $P_z (\text{RETE TELEFONICA}) = 4,00E-01$



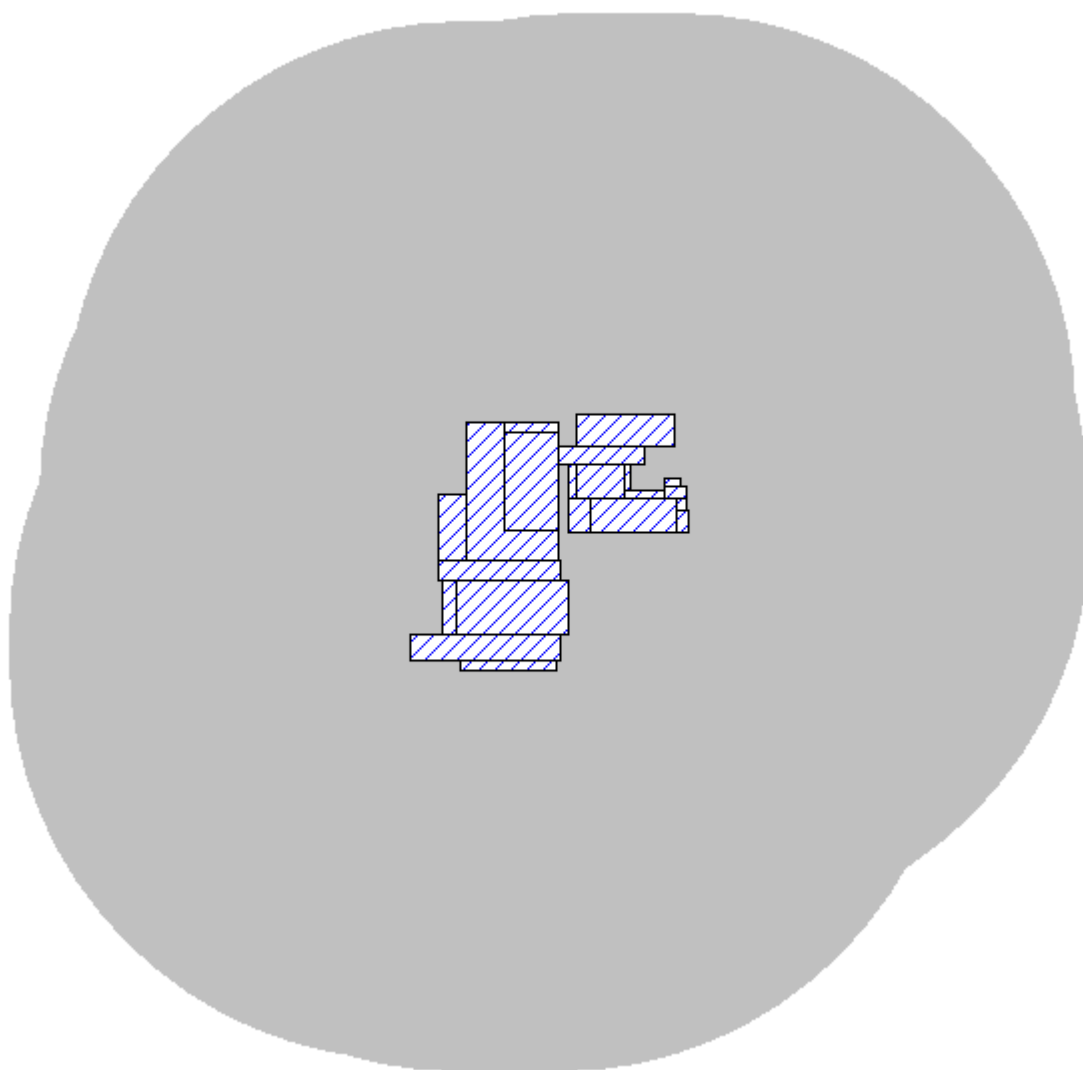
Allegato - Area di raccolta per fulminazione diretta Ad

Area di raccolta Ad (km²) = 4,95E-02

Committente: FANTON

Comune: CONSELVE

Provincia: PD



Allegato - Area di raccolta per fulminazione indiretta Am

Area di raccolta Am (km²) = 3,61E-01

Committente: FANTON
Comune: CONSELVE
Provincia: PD

Relazione tecnica:

VALUTAZIONE RISCHIO SCARICHE ATMOSFERICHE

Edificio mensa

Committente: *FANTON SpA – Conselve (PD)*

Conselve, agosto 2011

SOMMARIO

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO
2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO
3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE
4. DATI INIZIALI
 - 4.1 Densità annua di fulmini a terra.
 - 4.2 Dati relativi alla struttura.
 - 4.3 Dati relativi alle linee esterne.
 - 4.4 Definizione e caratteristiche delle zone
5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE
6. VALUTAZIONE DEI RISCHI
 - 6.1 Rischio R_1 di perdita di vite umane
 - 6.1.1 Calcolo del rischio R_1
 - 6.1.2 Analisi del rischio R_1
7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE
8. CONCLUSIONI
9. APPENDICI
10. ALLEGATI

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO

Questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- il progetto di massima delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme CEI:

- CEI 81-10/1 (EN 62305-1): "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-10/2 (EN 62305-2): "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-10/3 (EN 62305-3): "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-10/4 (EN 62305-4): "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"
Aprile 2006;
Variante V1 (Settembre 2008);
- CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico."
Maggio 1999.

3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.1.2 della Norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

4. DATI INIZIALI

4.1 Densità annua di fulmini a terra

Come rilevabile dalla Norma CEI 81-3, la densità annua di fulmini a terra per kilometro quadrato nel comune di CONSELVE in cui è ubicata la struttura vale :

$$N_t = 4,0 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

4.2 Dati relativi alla struttura

Le dimensioni massime della struttura sono:

A (m): 13,9 B (m): 31,4 H (m): 7,3 Hmax (m): 7,3

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: industriale

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a :

- perdita di vite umane

In accordo con la Norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato :

- rischio R1;

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte perché espressamente non richieste dal Committente.

4.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: ENERGIA
- Linea di segnale: TELECOMUNICAZIONI

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle linee elettriche*.

4.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

Z1: ESTERNA

Z2: INTERNA

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle Zone*.

5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta A_d dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.2.

L'area di raccolta A_m dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.3.

Le aree di raccolta A_l e A_i di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.4.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice *Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi*.

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'Appendice *Valori delle probabilità P per la struttura non protetta*.

6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

6.1 Rischio R1: perdita di vite umane

6.1.1 Calcolo del rischio R1

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

Z1: ESTERNA

RA: 7,86E-11

Totale: 7,86E-11

Z2: INTERNA

RB: 9,83E-07

RU(ELETTRICO): 1,75E-10

RV(ELETTRICO): 2,18E-09

RU(TELEF): 1,75E-10

RV(TELEF): 2,18E-09

Totale: 9,88E-07

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 9,88E-07

6.1.2 Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 9,88E-07$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$

7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo $R1 = 9,88E-07$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

8. CONCLUSIONI

Rischi che non superano il valore tollerabile: R1

SECONDO LA NORMA CEI EN 62305-2 LA STRUTTURA E' PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 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.

Conselve 25/08/2011

ing. Massimo Negrisolo

9. APPENDICI

APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 13,9 B (m): 31,4 H (m): 7,3 Hmax (m): 7,3

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore ($C_d = 0,5$)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno) $N_t = 4$

APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: ENERGIA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) $L_c = 100$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

SPD ad arrivo linea: livello I ($P_{spd} = 0,01$)

Caratteristiche della linea: TELECOMUNICAZIONI

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) $L_c = 100$

Resistività (ohm x m) $\rho = 500$

Coefficiente di posizione (C_d): in area con oggetti di altezza maggiore

Coefficiente ambientale (C_e): suburbano ($h \leq 10$ m)

SPD ad arrivo linea: livello I ($P_{spd} = 0,01$)

APPENDICE - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: ESTERNA

Tipo di zona: esterna
Tipo di suolo: asfalto ($r_a = 0,00001$)
Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Valori medi delle perdite per la zona: ESTERNA
Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R_1) $L_t = 1,00E-03$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: ESTERNA
Rischio 1: R_a

Caratteristiche della zona: INTERNA
Tipo di zona: interna
Tipo di pavimentazione: ceramica ($r_u = 0,001$)
Rischio di incendio: ordinario ($r_f = 0,01$)
Pericoli particolari: medio rischio di panico ($h = 5$)
Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$)
Schermatura di zona: assente
Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: ELETTRICO
Alimentato dalla linea ENERGIA
Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m^2) ($K_{s3} = 0,2$)
Tensione di tenuta: $2,5 \text{ kV}$
Sistema di SPD - livello: I ($P_{spd} = 0,01$)
Impianto interno: TELEF
Alimentato dalla linea TELECOMUNICAZIONI
Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a $0,5 \text{ m}^2$) ($K_{s3} = 0,02$)
Tensione di tenuta: $1,5 \text{ kV}$
Sistema di SPD - livello: I ($P_{spd} = 0,01$)

Valori medi delle perdite per la zona: INTERNA
Perdita per tensioni di contatto (relativa a R_1) $L_t = 1,00E-02$
Perdita per danno fisico (relativa a R_1) $L_f = 5,00E-03$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: INTERNA
Rischio 1: R_b R_u R_v

APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi.

Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $A_d = 3,93E-03 \text{ km}^2$
Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_m = 2,19E-01 \text{ km}^2$
Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_d = 7,86E-03$
Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_m = 8,68E-01$

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (Al) e indiretta (Ai) delle linee:

ENERGIA

$A_l = 0,001746 \text{ km}^2$

$A_i = 0,055902 \text{ km}^2$

TELECOMUNICAZIONI

$A_l = 0,001746 \text{ km}^2$

$A_i = 0,055902 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (Nl) e indiretta (Ni) delle linee:

ENERGIA

$N_l = 0,001746$

$N_i = 0,111803$

TELECOMUNICAZIONI

$N_l = 0,001746$

$N_i = 0,111803$

APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: ESTERNA

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m = 1,00E+00$

Zona Z2: INTERNA

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c \text{ (ELETTRICO)} = 1,00E+00$

$P_c \text{ (TELEF)} = 1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m \text{ (ELETTRICO)} = 1,00E-02$

$P_m \text{ (TELEF)} = 9,00E-03$

$P_m = 1,89E-02$

$P_u \text{ (ELETTRICO)} = 1,00E-02$

$P_v \text{ (ELETTRICO)} = 1,00E-02$

$P_w \text{ (ELETTRICO)} = 1,00E-02$

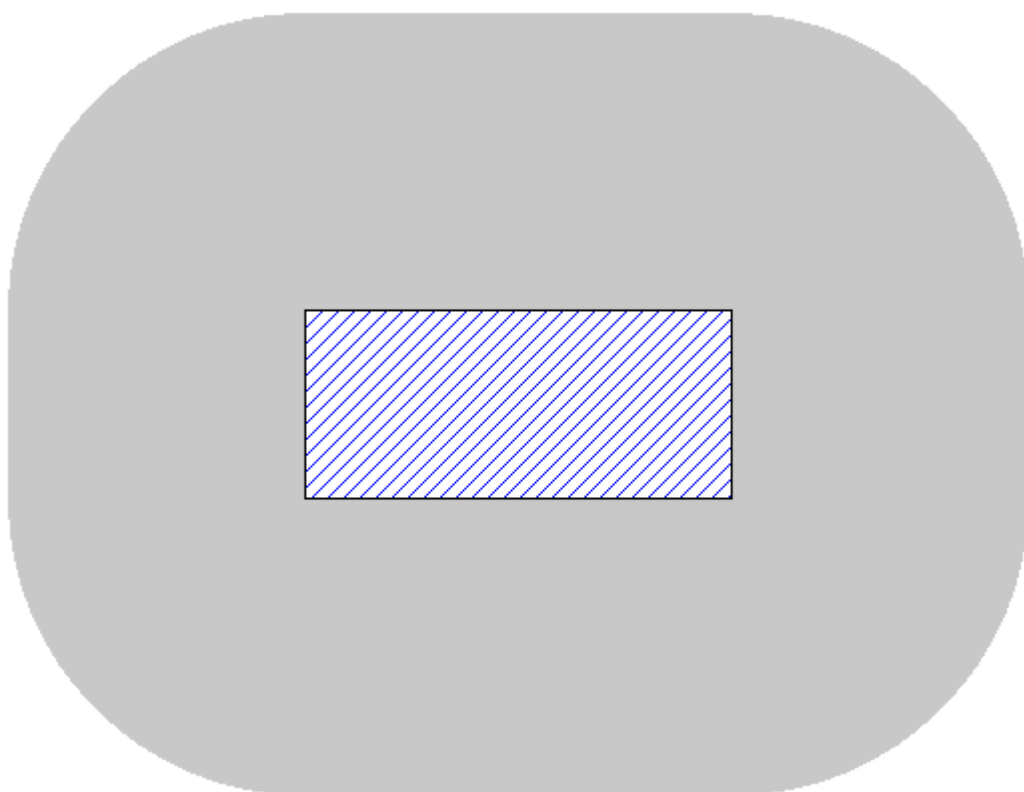
$P_z \text{ (ELETTRICO)} = 1,00E-02$

$P_u \text{ (TELEF)} = 1,00E-02$

$P_v \text{ (TELEF)} = 1,00E-02$

$P_w \text{ (TELEF)} = 1,00E-02$

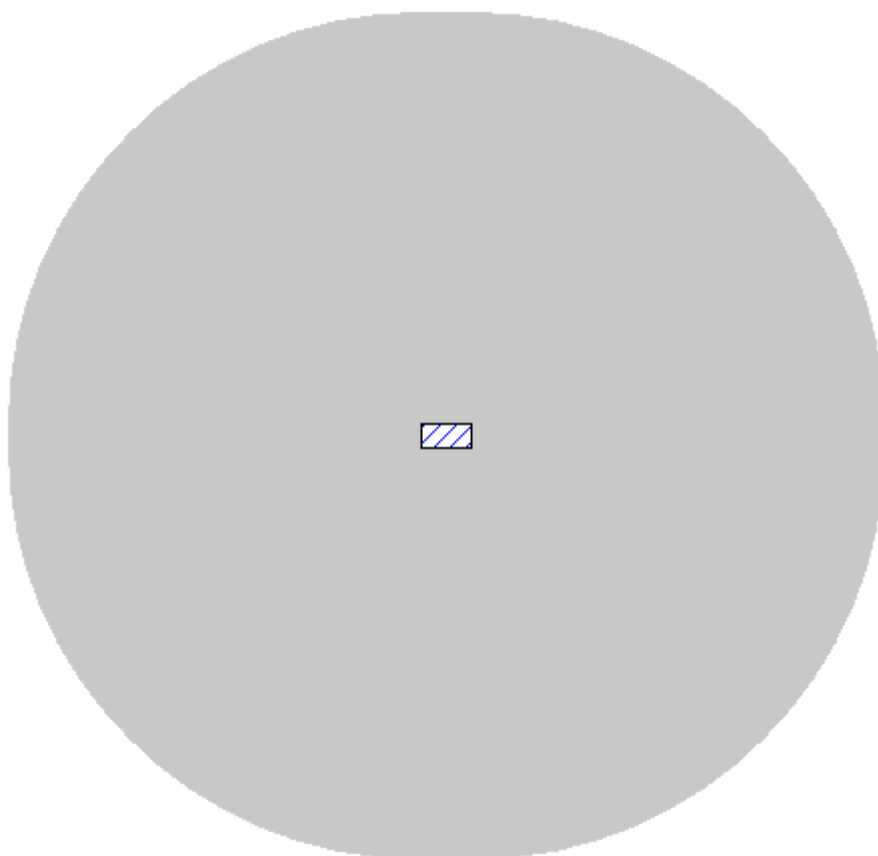
$P_z \text{ (TELEF)} = 1,00E-02$



Allegato - Area di raccolta per fulminazione diretta Ad

Area di raccolta Ad (km²) = 3,93E-03

Committente: FANTON
Comune: CONSELVE
Provincia: PD



Allegato - Area di raccolta per fulminazione indiretta Ad

Area di raccolta A_m (km²) = 2,19E-01

Committente: FANTON

Comune: CONSELVE

Provincia: PD

XI. CONCLUSIONE

Nei circa tre mesi di lavoro, dopo un'attenta lettura e studio della Normativa vigente CEI-81/10, si è proceduto nella valutazione del rischio di scariche atmosferiche dell'edificio adibito ad uso industriale, come richiesto dal committente, al fine di renderlo conforme alla suddetta normativa.

L'analisi della situazione pre-esistente aveva messo in luce fin da subito un valore di rischio calcolato $R1$ superiore ai limiti consentiti. Da ciò si è mosso il nostro lavoro spendendosi nell'individuare protezioni adatte a svolgere con più efficacia, rispetto a quelle già esistenti; il loro compito e portandoci, a conclusione delle nostre scelte, ad un dimensionamento di massima che ha permesso di limitare il rischio $R1$ ad un valore inferiore a RT come previsto dalla norma in vigore.

A conclusione di tutto il lavoro si può pertanto affermare che, se realizzato, il nuovo sistema di protezione renderà l'edificio più adeguato alla norma per quanto riguarda la protezione delle persone, delle cose contenute al suo interno e dell'edificio stesso contro le scariche atmosferiche.

XII. GUIDA BIBLIOGRAFICA

Storia della tecnologia: Autore MASSIMO GUANIERI.

Tecnica delle alte tensioni: Autore GIORGIO BALDO.

Materiali per l'ingegneria elettrica: Autore GABRIELE MARCHESI.

Codice della sicurezza "disciplina della prevenzione e dell'igiene sui luoghi di lavoro" Aggiornato con il D. Lgs. 9 aprile 2008, n.81 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Protezione contro le sovratensioni: Autori G. B. Lo PIPARO, G. CARRESCIA.

Norma CEI 81-10/1 (EN 62305-1): "Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali"

Aprile 2006;

Variante V1 (Settembre 2008);

Norma CEI 81-10/2 (EN 62305-2): "Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"

Aprile 2006;

Variante V1 (Settembre 2008);

Norma CEI 81-10/3 (EN 62305-3): "Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"

Aprile 2006;

Variante V1 (Settembre 2008);

Norma CEI 81-10/4 (EN 62305-4): "Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"

Aprile 2006;

Variante V1 (Settembre 2008);

Norma CEI 81-3 : "Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico."

Maggio 1999.

Indirizzi internet utilizzati

<http://bol.it.abb.com>: Tutte le soluzioni per la Bassa Tensione e l'Automazione

http://www.professionisti.bticino.it/it_IT/browser/attachments/bin/library/C_46_EditorialContent_490_Lib_Props_GLib_AList_GLib_AItem_0_GLib_ABin.pdf

http://www.obo-bettermann.com/downloads/it/kataloge/cat_generale_tbs1_it.pdf "scelta e l'installazione degli SP"

http://www.dehn.de/design07_frame/pdf/italia/pag605-616e619-622.pdf " Scelta degli scaricatori di sovratensione DEHNmid."