



AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' UNI EN ISO 9001:2000 CERTIFICATO DA ICMQ
Certificato N. 96095 Organismo di progettazione: Attività di Progettazione e
Coordinamento nei settori di specializzazione relativi a Linee Metropolitane,
Ferroviarie e Tranviarie urbane ed extraurbane; Viabilità urbana ed extraurbana;
Parcheggi e Strutture di Interscambio; Opere idrauliche, Acquedotti e Fognature;
Riqualificazione del territorio e Bonifiche; Interventi Edilizi; Aerostazioni e Manufatti
Aeroportuali. Gestione del processo costruttivo: Direzione, Coordinamento e
Supervisione Lavori.
Certificato N. 00436 Esperimento Gare d'Appalto riguardanti Lavori e forniture
in conformità alle disposizioni di legge della Repubblica Italiana.

METROPOLITANA MILANESE SPA

Commessa YA

**RILANCIO E RIQUALIFICAZIONE DEI
MERCATI GENERALI DI MILANO**

FASE 1.0

LOTTO 1.02- MERCATO AVICUNICOLO

PROGETTO ESECUTIVO

**VALUTAZIONE DEL PERICOLO DI
FULMINAZIONE
YA-0285**



| DATA | COM | WBE | N° | REV | DESCR | REDAT | VERIF | ACQ | APPR |
|-------------|-----|--------|------|-----|------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 13.01.2013 | YA | 1EII E | 0285 | 0 | Emissione | * | M.Cargnel | M.Recalcati | M.Recalcati |
| Giugno 2013 | YA | 1EII E | 0285 | E | Aggiornamento generale | M.Cargnel | M.Cargnel | M.Recalcati | M.Recalcati |
| Giugno 2013 | YA | 1EII E | 0285 | 14 | Progetto esecutivo | | | | M.Recalcati |

*Con la collaborazione di Coldenergy s.r.l

| | | |
|--|---|---|
| <p>Il Direttore Tecnico Dott. Ing Dario Comini Ordine degli Ingegneri di Lecco n° 304</p>  | <p>Il Progettista Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Dott. Ing. Massimo Recalcati Ordine degli Ingegneri di Milano n°A15444</p> | <p>Il Progettista Responsabile Dott. Ing. Massimo Recalcati Ordine degli Ingegneri di Milano n°A15444</p> |
|--|---|---|



INDICE

| | | |
|-----------------|---|------------------|
| <u>1</u> | <u>VERIFICA DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DOVUTO AL FULMINE</u> | <u>4</u> |
| 1.1 | OBBLIGO GIURIDICO DELLA PROTEZIONE CONTRO I FULMINI | 4 |
| 1.2 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 4 |
| 1.3 | GENERALITÀ | 5 |
| <i>1.3.1</i> | <i>CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA</i> | <i>6</i> |
| <i>1.3.2</i> | <i>CARATTERISTICHE DELLE LINEE ENTRANTI</i> | <i>6</i> |
| <i>1.3.3</i> | <i>CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI INTERNI</i> | <i>8</i> |
| 1.4 | NUMERO ANNUO ATTESO DI EVENTI PERICOLOSI PER LA STRUTTURA | 8 |
| 1.5 | VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA DI VITE UMANE R1 PER LA STRUTTURA | 9 |
| 1.6 | CONCLUSIONI | 10 |
| 1.7 | VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI PERDITA ECONOMICA R4 | 10 |
| <u>2</u> | <u>ALLEGATI</u> | <u>13</u> |

1 VERIFICA DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DOVUTO AL FULMINE

1.1 Obbligo giuridico della protezione contro i fulmini

L'obbligo giuridico di conoscere se è necessario proteggere, o meno, contro i fulmini (o contro le scariche atmosferiche, secondo la terminologia impiegata dalle norme di legge) è oggetto di leggi, decreti e regolamenti.

Nel caso in esame, le norme giuridiche che prescrivono esplicitamente l'obbligo della protezione contro i fulmini sono quelle di carattere generale: CC 2087, DPR 462/01, DLgs 81/08, art. 84 e art. 86 così come modificati da DLgs 106/09.

1.2 Riferimenti normativi

I riferimenti normativi (norme del Comitato Elettrotecnico Italiano, non cogenti, in forza della Direttiva dell'Unione Europea 98/34 CE, salvo che non siano espresse dalla regola dell'arte) sono i seguenti:

CEI EN 62 305 - 1 Protezione contro il fulmine - Parte 1: Principi generali
(Aprile 2006);

CEI EN 62 305 - 2 Protezione contro il fulmine - Parte 2: Gestione del rischio
(Aprile 2006);

CEI EN 62 305 - 3 Protezione contro il fulmine - Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone (Aprile 2006), variante V1 (2009);

CEI EN 62 305 - 4 Protezione contro il fulmine - Parte 4: Sistemi elettrici ed elettronici all'interno delle strutture (Aprile 2006);

CEI 81-3 Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico. Elenco dei Comuni (Maggio 1999);

CEI 81-10, V1 *Protezione contro i fulmini* (Settembre 2008).

Le citate norme considerano non soltanto gli effetti dei fulmini che colpiscono direttamente le strutture da proteggere, ma anche quelli dei fulmini che, pur non interessandole direttamente, possono tuttavia arrecarvi danno attraverso linee e servizi entranti nelle strutture stesse.

1.3 Generalità

Per la struttura in esame, sono state considerate le perdite sociali, riguardanti le perdite di vite umane come indicato in Tabella 1.2

| | |
|---|----|
| Perdita di vite umane (L1) | Sì |
| Perdita di servizio pubblico (L2) | NO |
| Perdita di patrimonio culturale insostituibile (L3) | NO |
| Perdita economica (L4) | SI |

Tabella Perdite considerate

In merito alla valutazione economica del rischio, l'analisi qui non ha interesse, dal momento che tale valutazione non è utilizzata dal punto di vista assicurativo e poiché il confronto tra i valori protetti e i costi delle protezioni impiegabili non ha rilevanza per le decisioni da prendere.

La valutazione svolta permette, quindi, di ottenere il valore del rischio R_1 . I calcoli sono stati elaborati con il programma *Flash* (versione 3.0), edito dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).

Il rischio R_1 ottenuto è accettabile se inferiore al valore di rischio tollerabile R_T , riportato nella norma CEI EN 62 305-2, Tabella 7¹.

Qualora il rischio R_1 sia superiore a tale limite, è necessario studiare la realizzazione di un impianto di protezione contro i fulmini LPS (*Lightning Protection System*).

L'impianto di protezione contro i fulmini consiste in:

- impianto di protezione esterno (LPS esterno), costituito di captatori, calate e dispersori per intercettare i fulmini diretti sulla struttura, condurre a terra la corrente di fulmine e, infine, disperdere a terra la medesima corrente;

È infine necessario svolgere la valutazione del rischio della struttura con le suddette misure di protezione aggiuntive.

Nel caso in cui la valutazione del rischio imponga di realizzare un impianto di protezione contro i fulmini, deve essere redatta la documentazione del progetto, di cui alla citata norma CEI EN 62 305-3.

¹ Norma CEI EN 62 305-2 Tabella 7. Tipici valori di rischio tollerabile

| Tipo di perdita | R_T (anni ⁻¹) |
|--|-----------------------------|
| Perdita di vite umane o danni permanenti | 10^{-5} |
| Perdita di servizio pubblico | 10^{-3} |
| Perdita di patrimonio culturale insostituibile | 10^{-3} |

1.3.1 Caratteristiche della struttura

Per la descrizione della struttura, si rimanda agli altri documenti di progetto.
Per poter impiegare il programma sono state stabilite le seguenti assunzioni:

- una linea di bassa tensione entrante;
- due sottoservizi;

I principali dati della struttura sono specificati nella tabella che segue.

| Parametro | Commento | Simbolo | Valore |
|--|-------------------------|-----------------------------|--|
| Dimensioni [m] valori medi | Struttura complessa | $(L_b \cdot W_b \cdot H_b)$ | 200x48x11 |
| Coefficiente di posizione | Non Isolata | Cdb | 0,5 |
| LPS | IV CLASSE | PB | 0,2 |
| Schermatura della struttura | Non presente | KS1 | 1,0 |
| Densità di fulmini al suolo | 1/km ² /anno | Ng | 4,0 |
| Persone presenti nella struttura (inferiore alle 100 presenze contemporanee) | esterno ed interno | Nt | Non considerate (valore di rischio associato alle stesse trascurabile) |

Tabella Caratteristiche della struttura

Il valore dell'area di raccolta della struttura isolata A_{db} è pari a 26985 m².
Il valore dell'area di raccolta dei fulmini in prossimità della struttura A_m è pari a 332950 m².

1.3.2 Caratteristiche delle linee entranti

I principali dati delle linee elettriche entranti nella struttura, approssimate come descritto sopra, nonché i valori calcolati delle aree di raccolta (A_l e A_i) e del numero di eventi attesi pericolosi (N_L e N_i) sono specificati nelle seguenti tabelle.

| Parametro | Commento | Simbolo | Valore |
|--|---|---------|----------|
| Descrizione | illuminazione | | |
| Resistività del suolo [W m] | | r | 500 |
| Tensione nominale [V] | | | 400 |
| Lunghezza [m] | | L_c | 1000 |
| Altezza [m] | Linea interrata | | |
| Sezione schermo [mm ²] | Linea non schermata | | |
| Trasformatore AT/BT | Presente | C_t | 1,0 |
| Coefficiente di posizione della linea | Non Isolata | C_d | 0,5 |
| Coefficiente ambientale della linea | urbana | C_e | 0,1 |
| Connessione alla barra equipotenziale | Schermo non collegato a barra equipotenziale apparecchiature | | |
| Area di raccolta dei fulmini sulla linea [m ²] | | A_l | 21622.8 |
| Area di raccolta dei fulmini vicino alla linea [m ²] | | A_i | 559017.0 |
| Frequenza di fulminazione diretta della linea | | N_L | 0.04325 |

| | | | |
|---|--|---------------------------|---------|
| Frequenza di fulminazione indiretta della linea | | N_I | 0.22361 |
| Dimensioni della struttura adiacente [m] | | $L_a \cdot W_a \cdot H_a$ | |
| Frequenza di fulminazione della struttura adiacente | | ND_a | 0,0 |

Tab. 3.2 - Caratteristiche della linea entrante linea n.2

| Parametro | Commento | Simbolo | Valore |
|--|--|-----------------------------|----------|
| Descrizione | alimentazione 2 | | |
| Resistività del suolo (Wm) | | r | 500 |
| Tensione nominale (V) | | | 400 |
| Lunghezza (m) | | L_c | 1000 |
| Altezza (m) | Linea interrata | | |
| Sezione schermo (mm ²) | Linea non schermata | | |
| Trasformatore AT/BT | Non presente | C_t | 1,0 |
| Coefficiente di posizione della linea | Non isolata | C_d | 0,5 |
| Coefficiente ambientale della linea | Urbano | C_e | 0,1 |
| Connessione alla barra equipotenziale | Schermo non collegato a barra equip. apparecchiature | | |
| Area di raccolta dei fulmini sulla linea (m ²) | | A_l | 21622,8 |
| Area di raccolta dei fulmini vicino alla linea (m ²) | | A_i | 559017,0 |
| Frequenza di fulminazione diretta della linea | | N_L | 0,04325 |
| Frequenza di fulminazione indiretta della linea | | N_I | 0,22361 |
| Dimensioni della struttura adiacente (m) | | $(L_a \cdot W_a \cdot H_a)$ | |
| Frequenza di fulminazione della struttura adiacente | | N_{Da} | 0,0 |

Tab. 3.3 - Caratteristiche della linea entrante linea n.3

| Parametro | Commento | Simbolo | Valore |
|--|--|-----------------------------|----------|
| Descrizione | telefono 1 | | |
| Resistività del suolo (Wm) | | r | 500 |
| Tensione nominale (V) | | | 60 |
| Lunghezza (m) | | L_c | 1000 |
| Altezza (m) | Linea interrata | | |
| Sezione schermo (mm ²) | Linea non schermata | | |
| Trasformatore AT/BT | Non presente | C_t | 1,0 |
| Coefficiente di posizione della linea | Non isolata | C_d | 0,5 |
| Coefficiente ambientale della linea | Urbano | C_e | 0,1 |
| Connessione alla barra equipotenziale | Schermo non collegato a barra equip. apparecchiature | | |
| Area di raccolta dei fulmini sulla linea (m ²) | | A_l | 21622,8 |
| Area di raccolta dei fulmini vicino alla linea (m ²) | | A_i | 559017,0 |
| Frequenza di fulminazione diretta della linea | | N_L | 0,04325 |
| Frequenza di fulminazione indiretta della linea | | N_I | 0,22361 |
| Dimensioni della struttura adiacente (m) | | $(L_a \cdot W_a \cdot H_a)$ | |
| Frequenza di fulminazione della struttura adiacente | | N_{Da} | 0,0 |

Tab. 3.4 - Caratteristiche della linea entrante linea n.4

| Parametro | Commento | Simbolo | Valore |
|-----------|----------|---------|--------|
|-----------|----------|---------|--------|

| | | | |
|---|--|-----------------------------|----------|
| Descrizione | telefono 2 | | |
| Resistività del suolo (Wm) | | r | 500 |
| Tensione nominale (V) | | | 60 |
| Lunghezza (m) | | L_c | 1000 |
| Altezza (m) | Linea interrata | | |
| Sezione schermo (mm^2) | Linea non schermata | | |
| Trasformatore AT/BT | Non presente | C_t | 1,0 |
| Coefficiente di posizione della linea | Non isolata | C_d | 0,5 |
| Coefficiente ambientale della linea | Urbano | C_e | 0,1 |
| Connessione alla barra equipotenziale | Schermo non collegato a barra equip. apparecchiature | | |
| Area di raccolta dei fulmini sulla linea (m^2) | | A_l | 21622,8 |
| Area di raccolta dei fulmini vicino alla linea (m^2) | | A_i | 559017,0 |
| Frequenza di fulminazione diretta della linea | | N_L | 0,04325 |
| Frequenza di fulminazione indiretta della linea | | N_I | 0,22361 |
| Dimensioni della struttura adiacente (m) | | $(L_a \cdot W_a \cdot H_a)$ | |
| Frequenza di fulminazione della struttura adiacente | | N_{Da} | 0,0 |

Tabella Caratteristiche della linea entrante

1.3.3 Caratteristiche degli impianti interni

I principali dati e caratteristiche degli impianti elettrici presenti all'interno della struttura sono specificati nelle seguenti Tabelle 4.

Tab. 4.1 - Caratteristiche impianto interno *impianto n.1*

| Parametro | Commento | Simbolo | Valore |
|--|------------------------|-----------|--------|
| Descrizione | ... | | |
| Tensione nominale (V) | | | 0 |
| Sezione schermo (mm^2) | Impianto non schermato | | |
| Precauzioni nel cablaggio interno | Nessuna precauzione | K_{S3} | 0,0 |
| Tensione di tenuta degli apparati U_w | $U_w=1000$ V | K_{S4} | 0,0 |
| Protezione con sistema coordinato di SPD | Non presente | P_{SPD} | |

1.4 Numero annuo atteso di eventi pericolosi per la struttura

Il numero annuo atteso di eventi pericolosi per la struttura è valutato secondo l'Allegato A della norma. I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

| Simbolo | Valore (1/anno) |
|---------|-----------------|
| ND | 0.05397 |
| NM | 1.27783 |

Tabella Numero annuo atteso di eventi pericolosi

1.5 Valutazione del rischio di perdita di vite umane r1 per la struttura

Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

I valori di probabilità P e delle perdite L sono riportati nelle Tabelle 7.1.1 e 7.1.2 per le diverse zone

Tab. 7.1.1 - Rischio R_I - Valori delle probabilità nelle diverse zone per la struttura non protetta

| | Zona 1 |
|-----------------|---------------|
| P_A | 0,0 |
| P_B | 0,2 |
| P_U (linea 1) | 0,0 |
| P_V (linea 1) | 0,0 |
| P_U (linea 2) | 0,0 |
| P_V (linea 2) | 0,0 |
| P_U (linea 3) | 0,0 |
| P_V (linea 3) | 0,0 |
| P_U (linea 4) | 0,0 |
| P_V (linea 4) | 0,0 |

Tab. 7.1.2 - Rischio R_I - Valori delle perdite nelle diverse zone per la struttura non protetta

| | Zona 1 |
|-------|---------------|
| L_A | 0,0 |
| L_B | 0,0002 |
| L_U | 0,0001 |
| L_V | 0,0002 |

I valori delle componenti di rischio per la struttura non protetta sono riportati nella Tabella 7.1.3

Tab. 7.1.3 - Rischio R_I - Valori delle componenti di rischio nelle diverse zone per la struttura non protetta (valori $\times 10^{-5}$)

| | Zona 1 | Struttura |
|-----------------|---------------|------------------|
| R_A | 0,0 | 0,0 |
| R_B | 0,216 | 0,2159 |
| R_U (linea 1) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 1) | 0,0 | 0,0 |
| R_U (linea 2) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 2) | 0,0 | 0,0 |
| R_U (linea 3) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 3) | 0,0 | 0,0 |
| R_U (linea 4) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 4) | 0,0 | 0,0 |
| TOTALE | 0,216 | 0,216 |

1.6 Conclusioni

Poiché, per il rischio considerato, il rischio dovuto al fulmine non è superiore al valore di rischio tollerato, la protezione contro il fulmine della struttura non è necessaria.

In definitiva, non è necessario realizzare alcun sistema di protezioni contro i fulmini per la struttura in questione in quanto il rischio dovuto al fulmine è già al di sotto del limite tollerato.

In altre parole, la struttura è da considerarsi

AUTOPROTETTA.

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.

Allegati: calcoli eseguiti con *Flash 3* del CEI

1.7 Valutazione del rischio di perdita economica R4

I valori di probabilità P e delle perdite L sono riportati nelle Tabelle 7.4.1 e 7.4.2 per le diverse zone

Tab. 7.4.1 - *Rischio R_4 - Valori delle probabilità nelle diverse zone per la struttura non protetta*

| | Zona 1 |
|-----------------|---------------|
| P_B | 0,2 |
| P_C | 0,0 |
| P_M | 0,0 |
| P_V (linea 1) | 0,0 |
| P_W (linea 1) | 0,0 |
| P_Z (linea 1) | 0,0 |
| P_V (linea 2) | 0,0 |
| P_W (linea 2) | 0,0 |
| P_Z (linea 2) | 0,0 |
| P_V (linea 3) | 0,0 |
| P_W (linea 3) | 0,0 |
| P_Z (linea 3) | 0,0 |
| P_V (linea 4) | 0,0 |
| P_W (linea 4) | 0,0 |
| P_Z (linea 4) | 0,0 |

Tab. 7.4.2 - Rischio R_4 - Valori delle perdite nelle diverse zone per la struttura non protetta

| | Zona 1 |
|-------|---------------|
| L_B | 0,0004 |
| L_C | 0,01 |
| L_M | 0,01 |
| L_V | 0,0004 |
| L_W | 0,01 |
| L_Z | 0,01 |

I valori delle componenti di rischio per la struttura non protetta sono riportati nella Tabella 7.4.3

Tab. 7.4.3 - Rischio R_4 - Valori delle componenti di rischio nelle diverse zone per la struttura non protetta (valori $\times 10^{-3}$)

| | Zona 1 | Struttura |
|-----------------|---------------|------------------|
| R_B | 0,004 | 0,0043 |
| R_C | 0,0 | 0,0 |
| R_M | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 1) | 0,0 | 0,0 |
| R_W (linea 1) | 0,0 | 0,0 |
| R_Z (linea 1) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 2) | 0,0 | 0,0 |
| R_W (linea 2) | 0,0 | 0,0 |
| R_Z (linea 2) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 3) | 0,0 | 0,0 |
| R_W (linea 3) | 0,0 | 0,0 |
| R_Z (linea 3) | 0,0 | 0,0 |
| R_V (linea 4) | 0,0 | 0,0 |
| R_W (linea 4) | 0,0 | 0,0 |
| R_Z (linea 4) | 0,0 | 0,0 |
| TOTALE | 0,004 | 0,004 |



Conclusioni dal calcolo di R4

Per il rischio di perdite economiche (rischio 4), la valutazione della convenienza dell'installazione di misure di protezione deve essere valutata caso per caso. La Norma CEI EN 62305-2 prevede, a tale proposito, un'apposita procedura di valutazione (Appendice G della Norma)

Misure di protezione adottate

Per la protezione della struttura in questione si è scelto di adottare le seguenti misure di protezione:

Nessuna misura di protezione adottata.

Applicando le suddette misure di protezione il rischio dovuto al fulmine viene ridotto come indicato ai seguenti paragrafi

Valutazione del rischio per la struttura protetta

Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

Nessuna misura di protezione indicata

Valutazione del rischio di perdita economica R4

Nessuna misura di protezione indicata



2 ALLEGATI

VERIFICA SCARICHE ATMOSFERICHE *(CEI flash 3)*