



REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA SUD SARDEGNA



ESTERZILI



ESCALAPLANO



SEUI

# PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO COMPOSTO DA 29 AEROGENERATORI E RELATIVE OPERE CONNESSE CON POTENZA COMPLESSIVA DI 153,9 MW NEI COMUNI DI ESTERZILI (SU), ESCALAPLANO (SU) E SEUI (SU)



PropONENTE



**LOTO RINNOVABILI SRL**

Largo Augusto n.3 20122  
Milano  
pec:lotorinnovabili@legalmail.it

PROGETTAZIONE



**AGREENPOWER s.r.l.**

Sede legale: Via Serra, 44  
09038 Serramanna (SU) - ITALIA  
Email: info@agreenpower.it

Gruppo di lavoro:

Ing. Simone Abis - Civile Ambientale  
Ing. Michele Angei - Elettrico  
Ing. Enea Tocco - Civile Ambientale  
Ing. Stefano Fanti - Civile Ambientale  
Dott. Gianluca Fadda

Collaboratori:

Vamirgeoind Ambiente, Geologia e Geofisica S.r.l.  
Dott. Archeologo Matteo Tatti  
Dott. Naturalista Francesco Mascia  
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi  
Ing. Federico Miscali - Tecnico Acustica  
Ing. Nicola Sollai - Strutturista  
Dott. Geologo Andrea Usai  
Dott. Geologo Luigi Sancliu  
Ing. Michele Pigliaru - Elettrico  
Ing. Luigi Cuccu - Elettrotecnico

ELABORATO

Nome Elaborato:

## VERIFICA PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

00	Settembre - 2022	PRIMA EMISSIONE	Agreenpower Srl	Agreenpower Srl	Agreenpower Srl
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	--				
Formato:	<b>A4</b>	Codice Commessa	<b>W2204EES</b>	Codice Elaborato	<b>REL.PE.04</b>

## SOMMARIO

<b>1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE</b> .....	<b>5</b>
<b>4. DATI INIZIALI</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1. Densità annua di fulmini a terra</b> .....	<b>5</b>
<b>4.2. Dati relativi alle strutture</b> .....	<b>5</b>
<b>4.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne</b> .....	<b>5</b>
<b>4.4. Definizione e caratteristiche delle zone</b> .....	<b>6</b>
<b>5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA (STRUTTURA E LINEE ELETTRICHE ESTERNE)</b> .....	<b>6</b>
<b>6. VALUTAZIONE DEI RISCHI</b> .....	<b>6</b>
<b>6.1. Aerogeneratore</b> .....	<b>6</b>
6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane .....	6
<b>6.1. SSEU</b> .....	<b>7</b>
6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane.....	7
<b>7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE</b> .....	<b>7</b>
<b>8. CONCLUSIONI</b> .....	<b>7</b>
<b>9. APPENDICI</b> .....	<b>9</b>
<b>9.1. Caratteristiche delle strutture</b> .....	<b>9</b>
<b>9.2. Caratteristiche delle linee elettriche</b> .....	<b>9</b>
9.2.1. Aerogeneratore.....	9
9.2.2. SSEU.....	9
<b>9.3. Caratteristiche delle zone: Aerogeneratore</b> .....	<b>10</b>
9.3.1. Struttura .....	10
9.3.2. Impianto interno: ELETTRICO .....	10
9.3.3. Valori medi delle perdite per la zona .....	10
<b>9.4. Caratteristiche delle zone: SSEU</b> .....	<b>10</b>
9.4.1. Struttura .....	10
9.4.2. Impianto interno: ELETTRICO .....	10
9.4.3. Valori medi delle perdite per la zona .....	11
<b>9.5. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: Aerogeneratore</b> .....	<b>11</b>
9.5.1. Struttura .....	11
9.5.2. Linee elettriche.....	11
<b>9.6. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: SSEU</b> .....	<b>11</b>
9.6.1. Struttura .....	11

9.6.2. Linee elettriche.....	11
<b>9.7. Valori delle probabilità P per le strutture non protette.....</b>	<b>12</b>
9.7.1. Zona Z1A: Aerogeneratore .....	12
9.7.2. Zona Z1B: SSEU .....	12
<b>10. DIMENSIONI STRUTTURE E AREE DI RACCOLTA .....</b>	<b>13</b>
<b>10.1. Aerogeneratore .....</b>	<b>13</b>
10.1.1. Dimensioni della struttura .....	13
10.1.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD .....	14
10.1.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM .....	15
<b>10.2. SSEU .....</b>	<b>16</b>
10.2.1. Dimensioni della struttura .....	16
10.2.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD .....	17
10.2.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM .....	18
<b>11. VALORE DI <math>N_G</math> .....</b>	<b>19</b>

## **1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO**

Questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
  - la scelta delle misure di protezione da adottare ove necessarie;
- per le strutture del parco eolico ubicato nei comuni di Esterzili (SU), Escalaplano (SU) e Seui (SU).

## **2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO**

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme:

- CEI EN 62305-1  
"Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali"  
Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2  
"Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"  
Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3  
"Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"  
Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4  
"Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"  
Febbraio 2013;
- CEI 81-29  
"Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305"  
Maggio 2020;
- CEI EN IEC 62858  
"Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali"  
Maggio 2020.

### 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.

Si considerano come strutture in esame:

- l'aerogeneratore, trattato come struttura a sé stante e fisicamente separato da altre costruzioni;
- la Sottostazione Elettrica dell'Utente (SSEU).

Le dimensioni e le caratteristiche delle strutture considerate, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, sono quelle dell'aerogeneratore e quelle delle apparecchiature e dei fabbricati costituenti la SSEU.

### 4. DATI INIZIALI

#### 4.1. Densità annua di fulmini a terra

La densità annua di fulmini a terra al kilometro quadrato nella posizione in cui è ubicata la struttura (in proposito vedere l'allegato 11 - VALORE DI  $N_G$ ), vale:

$$N_g = 1,28 \text{ fulmini/anno km}^2$$

#### 4.2. Dati relativi alle strutture

La pianta delle strutture è riportata nel capitolo 10 - DIMENSIONI STRUTTURE E AREE DI RACCOLTA

La destinazione d'uso prevalente delle strutture è: altro

In relazione anche alla loro destinazione d'uso, le strutture possono essere soggette 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;

L'aerogeneratore ha struttura portante metallica.

Le apparecchiature presenti nella SSEU (trasformatori, sbarre, dispositivi di interruzione e/o sezionamento) sono costituiti prevalentemente da elementi metallici.

#### 4.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne

Le strutture sono servite dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: ELETTRICA AT
- Linea di energia: ELETTRICA MT

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'appendice 9.2 - *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:

- Z1A: Struttura aerogeneratore tipo
- Z1B: SSEU

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nelle Appendici 9.3. *Caratteristiche delle zone: Aerogeneratore* e 9.4 - *Caratteristiche delle zone: SSEU*

### **5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA (STRUTTURA E LINEE ELETTRICHE ESTERNE)**

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

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 analiticamente o graficamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3.

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 e A.5.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice 9.5 - *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 9.7 - *Valori delle probabilità P per le strutture non protette*.

## **6. VALUTAZIONE DEI RISCHI**

### **6.1. Aerogeneratore**

#### **6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane**

##### *Calcolo del rischio R1*

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

Z1A: Struttura

RA: 1,28E-06

RB: 1,57E-07

RU(ELETTRICO): 1,17E-10

RV(ELETTRICO): 2,34E-11

Totale: 1,54E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,54E-06

### ***Analisi del rischio R1***

Il rischio complessivo R1 = 1,54E-06 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05

## **6.1. SSEU**

### **6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane**

#### ***Calcolo del rischio R1***

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

Z1B: Struttura

RA: 6,37E-09

RB: 1,27E-07

RU(ELETTRICO): 1,73E-10

RV(ELETTRICO): 3,46E-09

Totale: 1,37E-07

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,37E-07

#### ***Analisi del rischio R1***

Il rischio complessivo R1 = 1,37E-07 è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05

## **7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE**

Poiché il rischio complessivo:

- R1 = 1,54E-06 per l'aerogeneratore
- R1 = 1,37E-07 per la SSEU

è inferiore a quello tollerato RT = 1E-05, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo ulteriormente.

## **8. CONCLUSIONI**

### **Secondo la norma CEI EN 62305-2 le strutture:**

- **Aerogeneratore**
- **SSEU**

**sono protette contro le fulminazioni.**





## 9. APPENDICI

### 9.1. Caratteristiche delle strutture

Dimensioni: vedi disegni

Coefficiente di posizione: isolata in cima ad una collina ( $CD = 2$ )

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno  $km^2$ )  $N_g = 1,28$

### 9.2. Caratteristiche delle linee elettriche

#### 9.2.1. Aerogeneratore

Caratteristiche della linea: ELETTRICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

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

Lunghezza (m)  $L = 1000$

Resistività (ohm x m)  $r = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

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

SPD ad arrivo linea: livello I ( $PEB = 1$ )

#### 9.2.2. SSEU

**Caratteristiche della linea: ELETTRICA AT**

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - aerea

Lunghezza (m)  $L = 50$

Resistività (ohm x m)  $r = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

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

SPD ad arrivo linea: livello I ( $PEB = 1$ )

Si considera una struttura adiacente (stazione AT TERNA) con dimensioni stimate in:

- $L_{ADJ}$  85 m
- $W_{ADJ}$  50 m
- $H_{ADJ}$  10 m

**Caratteristiche della linea: ELETTRICA MT**

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

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

Lunghezza (m)  $L = 1000$

Resistività (ohm x m)  $r = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

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

SPD ad arrivo linea: livello I (PEB = 1)

### **9.3. Caratteristiche delle zone: Aerogeneratore**

#### **9.3.1. Struttura**

Tipo di zona: esterna

Tipo di pavimentazione: erba ( $r_t = 0,01$ )

Rischio di incendio: nullo ( $r_f = 0$ )

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ( $h = 1$ )

Protezioni antincendio: manuali ( $r_p = 1$ )

Schermatura di zona: assente ( $KS2 = 1$ )

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna ( $PTA = 1$ )

#### **9.3.2. Impianto interno: ELETTRICO**

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: nessuna precauzione, cavo non schermato ( $Ks3 = 1$ )

Tensione di tenuta: 2,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ( $PSPD = 1$ )

#### **9.3.3. Valori medi delle perdite per la zona**

##### ***Rischio 1***

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 100

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1)  $LA = LU = 1,14E-06$

Perdita per danno fisico (relativa a R1)  $LB = LV = 2,28E-07$

##### ***Rischi e componenti di rischio presenti nella zona***

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

### **9.4. Caratteristiche delle zone: SSEU**

#### **9.4.1. Struttura**

Tipo di zona: esterna

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

Rischio di incendio: medio ( $r_f = 1E-01$ )

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

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

Schermatura di zona: assente ( $KS2 = 1$ )

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna ( $PTA = 1$ )

#### **9.4.2. Impianto interno: ELETTRICO**

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: nessuna precauzione, cavo non schermato ( $Ks3 = 1$ )

Tensione di tenuta: 2,5 kV

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

### 9.4.3. Valori medi delle perdite per la zona

#### Rischio 1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 100

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1)  $LA = LU = 1,14E-06$

Perdita per danno fisico (relativa a R1)  $LB = LV = 2,28E-05$

#### Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

## 9.5. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: Aerogeneratore

### 9.5.1. Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura  $AD = 4,39E-01 \text{ km}^2$

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura  $AM = 8,10E-01 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura  $ND = 1,12$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura  $NM = 1,04$

### 9.5.2. Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

ELETTRICA

$AL = 0,04 \text{ km}^2$

$AI = 4,00 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

ELETTRICA

$NL = 5,12E-03$

$NI = 5,12E-01$

## 9.6. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: SSEU

### 9.6.1. Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura  $AD = 8,71E-03 \text{ km}^2$

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura  $AM = 8,87E-01 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura  $ND = 5,58E-03$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura  $NM = 1,13$

### 9.6.2. Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

LINEA ENTRANTE	ELETTRICA AT	ELETTRICA mT
----------------	--------------	--------------

AL	0,002 km <sup>2</sup>	0,04 km <sup>2</sup>
AI	0,2 km <sup>2</sup>	4,00 km <sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

LINEA ENTRANTE	ELETTRICA AT	ELETTRICA mT
NL	5,12E-04	5,12E-03
NI	5,12E-02	5,12E-01

## 9.7. Valori delle probabilità P per le strutture non protette

### 9.7.1. Zona Z1A: Aerogeneratore

$$PA = 1,0$$

$$PB = 1,0$$

$$PU = 0,02$$

$$PV = 0,02$$

### 9.7.2. Zona Z1B: SSEU

$$PA = 1,0$$

$$PB = 1,0$$

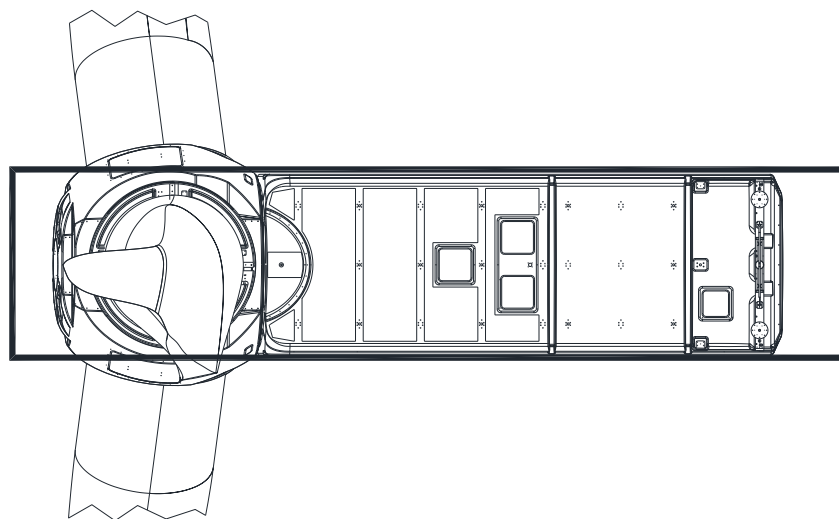
$$PU = 0,02$$

$$PV = 0,02$$

## 10.DIMENSIONI STRUTTURE E AREE DI RACCOLTA

### 10.1. Aerogeneratore

#### 10.1.1. Dimensioni della struttura

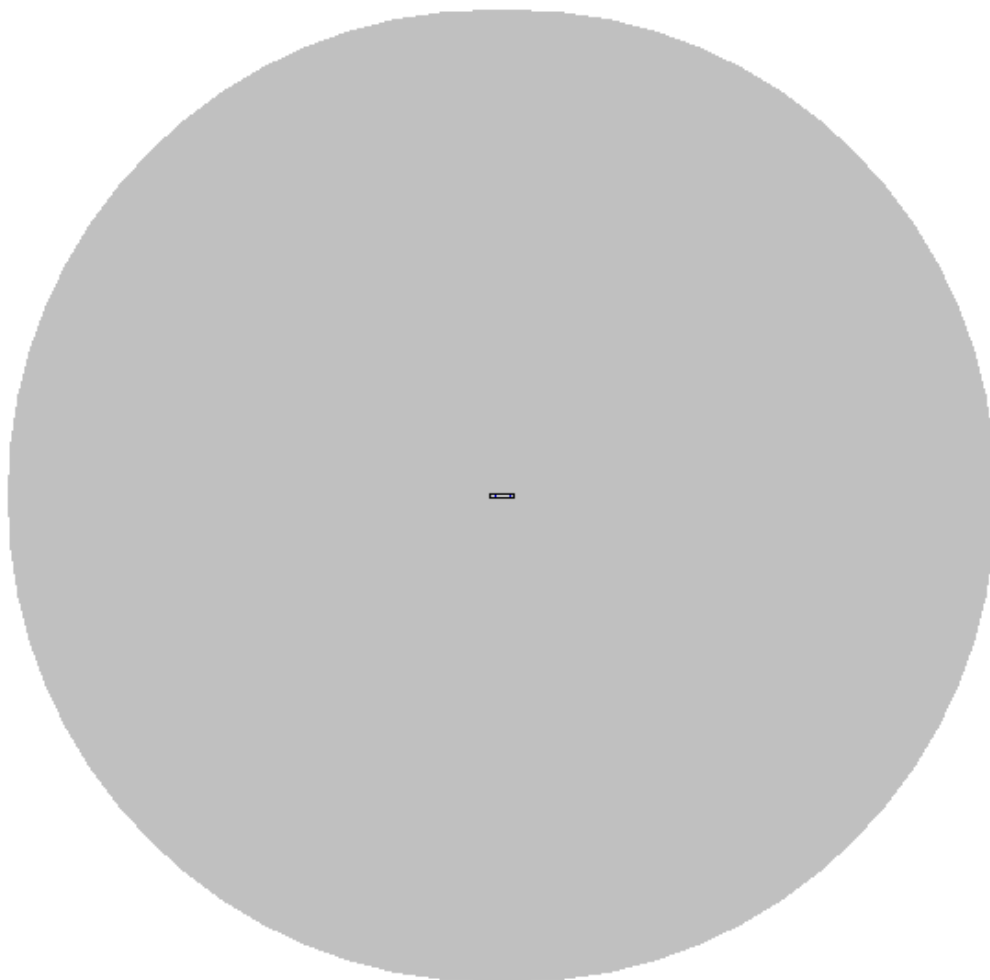


Allegato – Dimensioni della struttura.

Si è ipotizzata una struttura avente dimensioni in pianta coincidenti con quelle della navicella e altezza pari a quella del soffitto della navicella stessa.

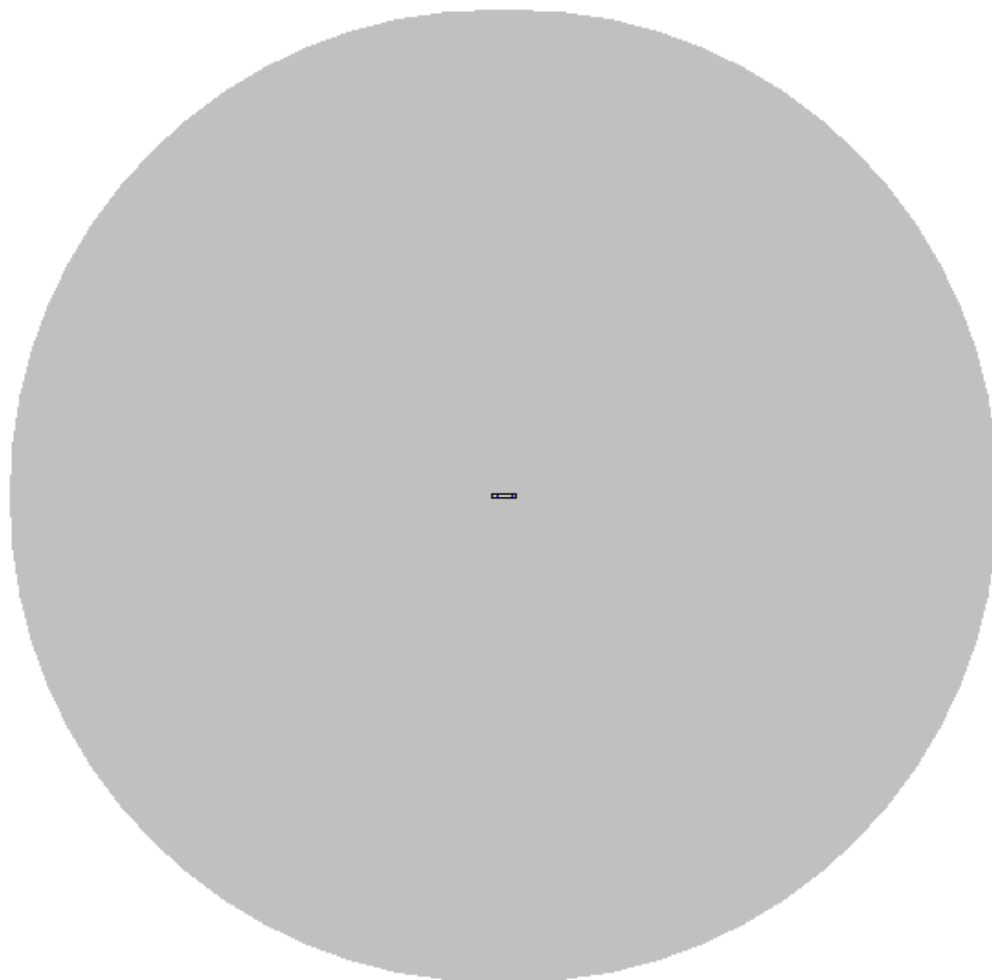
Dimensioni: **20mx4,5mx122m.**

### 10.1.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD



Area di raccolta AD = **4,39E-01 km<sup>2</sup>**

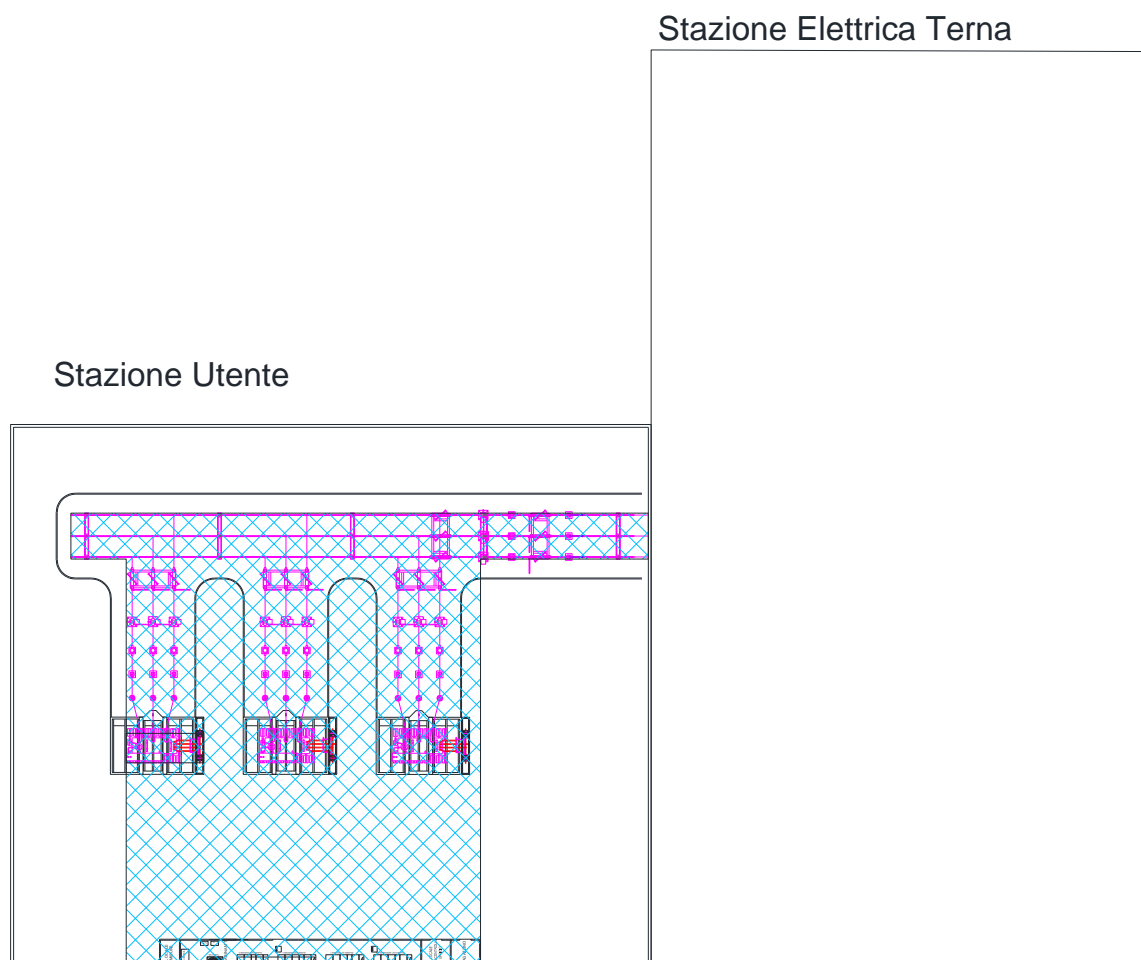
### 10.1.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM



Area di raccolta AM = **8,10E-01 km<sup>2</sup>**

## 10.2. SSEU

### 10.2.1. Dimensioni della struttura

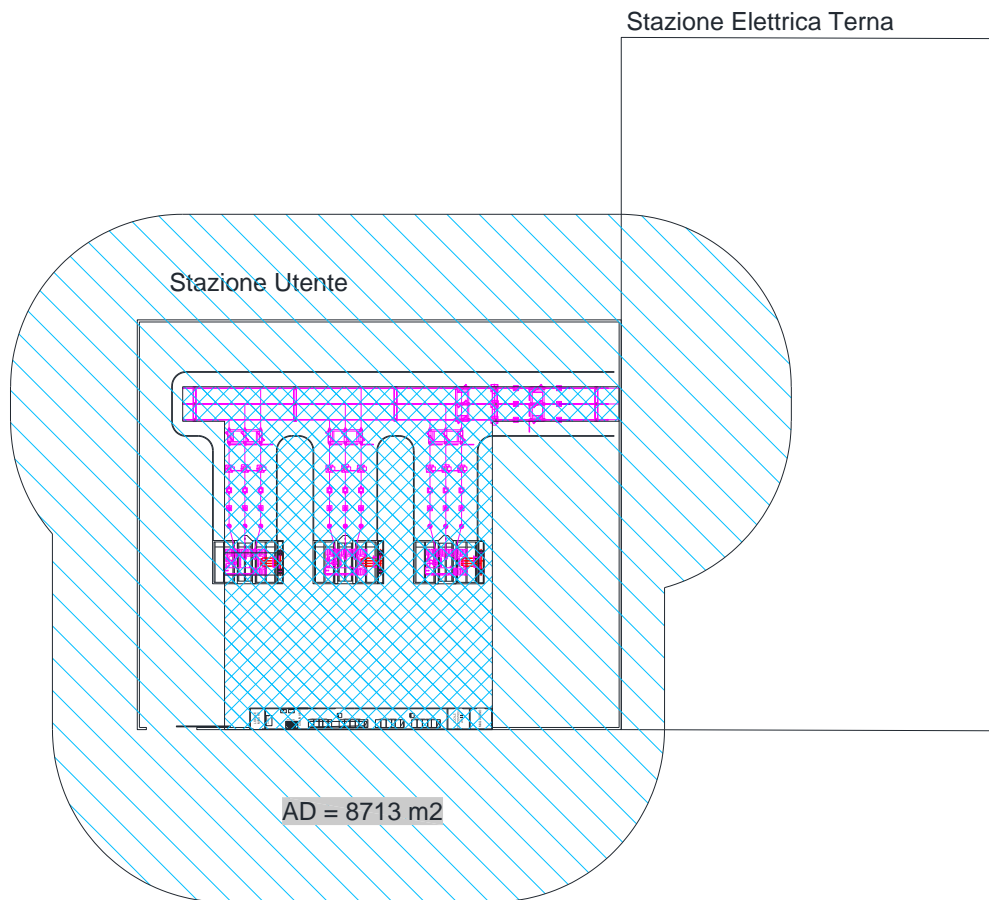


Allegato – Dimensioni della struttura.

Si è ipotizzata una struttura avente dimensioni in pianta coincidenti con quelle occupate dalle apparecchiature e dagli edifici e altezza pari a quella dell'apparecchiatura più alta (8 m).

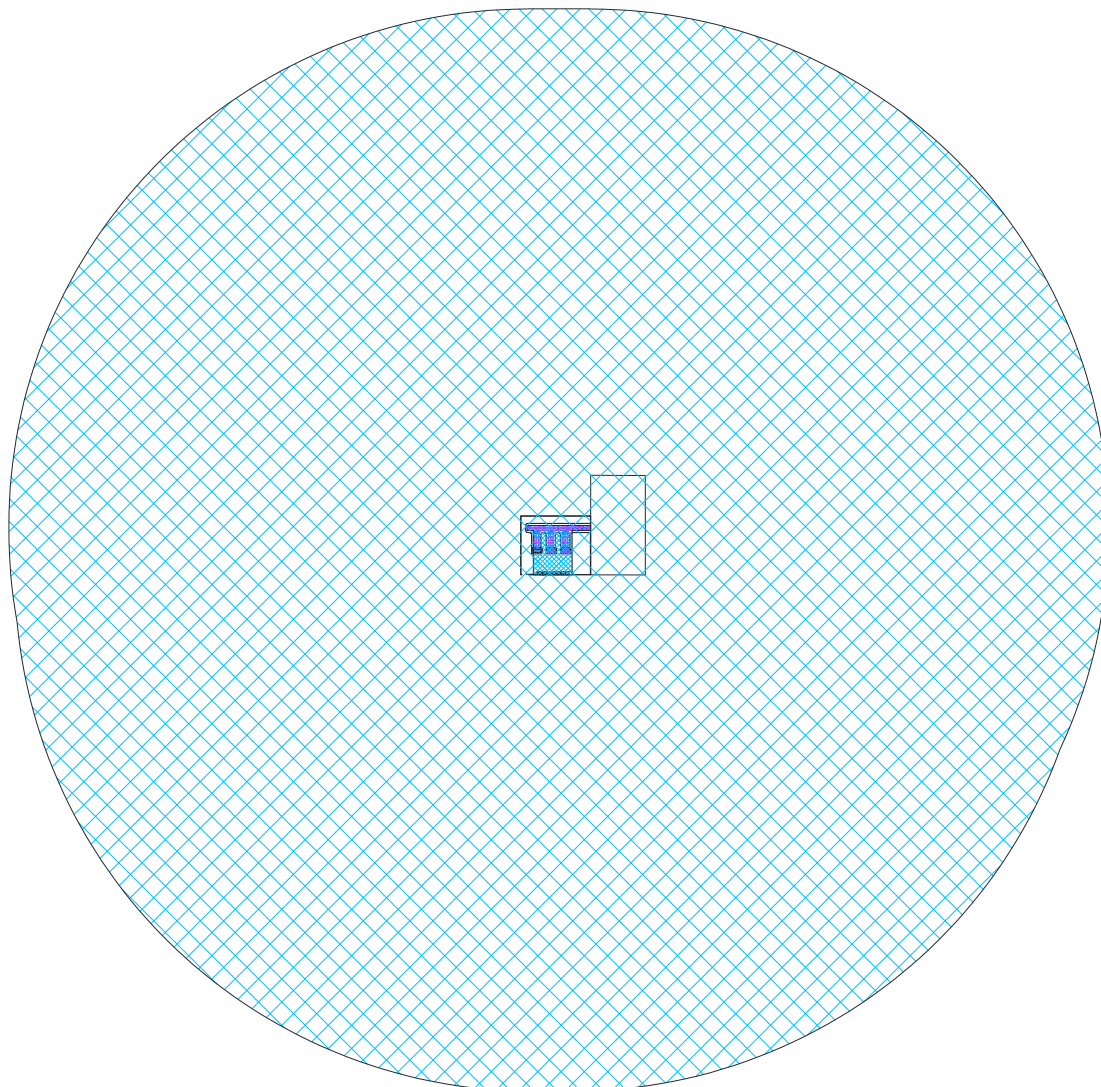


### 10.2.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD



Area di raccolta AD = **8713 m²**

### 10.2.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM



Area di raccolta AM = **8,87E-01 km<sup>2</sup>**

## 11. VALORE DI $N_G$



### VALORE DI $N_G$

(CEI EN 62305 - CEI EN IEC 62858)

$$N_G = 1,28 \text{ fulmini / (anno km}^2\text{)}$$

#### POSIZIONE

Latitudine: **39,709561° N**

Longitudine: **9,352186° E**

#### INFORMAZIONI

- Il valore di  $N_G$  è riferito alle coordinate geografiche fornite dall'utente (latitudine e longitudine, formato WGS84). E' responsabilità dell'utente verificare l'affidabilità degli strumenti utilizzati per la rilevazione delle coordinate stesse, ivi inclusi la precisione e l'accuratezza di eventuali rilevatori GPS utilizzati per rilevazioni sul campo.
- I valori di  $N_G$  derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- Il valore di  $N_G$  dipende dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di  $N_G$ .
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di  $N_G$  a causa della natura discreta della mappa cartografica.
- I dati forniti da TNE srl possiedono le caratteristiche indicate dalla norma CEI EN IEC 62858 per essere utilizzati nella analisi del rischio prevista dalla norma CEI EN 62305-2.
- I valori di  $N_G$  forniti sono di proprietà di TNE srl. Senza il consenso scritto da parte della TNE, è vietata la raccolta e la divulgazione dei suddetti dati, anche a titolo gratuito, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo.

#### VALIDITA' TEMPORALE

- Il valore di  $N_G$  riportato sul presente attestato, in accordo con la norma CEI EN IEC 62858, art. 4.3, dovrà essere rivalutato a partire dal 1° gennaio 2027.

Data 21/07/2022

---

TNE srl - Strada dei Ronchi 29 - 10133 Torino - Tel. 011.661.12.12 - Fax 011.661.81.05 - info@tne.it - www.tne.it