

Lucania Wind Energy S.r.l

Marzo 2022

# Parco Eolico “Grottole” sito nel Comune di Grottole

Relazione tecnica impianto eolico





REGIONE BASILICATA  
PROVINCIA DI MATERA  
COMUNE DI GROTTOLE



Committente:

**LUCANIA WIND Energy S.r.l**

Via Sardegna, 40  
00187 ROMA

Titolo del progetto:

**Progetto Definitivo**  
**Parco Eolico "Grottole"**

Documento:

**A.9 - Relazione  
tecnica impianto  
eolico**

N° Documento:

	CONTR.	DISC.	SDISC.	REV.	ELABORATO	REV.
IT VesGro	Gem	GEN	CD	TR	004	1

Scala:

Progettista:



**Ing. Saverio PAGLIUSO**

**Ing. Mario PERRI**

**Ing. Giorgio SALATINO**



**F4 Ingegneria srl**

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971-55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni DI SANTO)



Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO 9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).



DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Marzo 2022	Aggiornamento	GDS	GMA	GZU
Gennaio 2022	Prima emissione	GDS	GMA	GZU



## Sommario

<b>1</b>	<b>Aerogeneratori</b>	<b>3</b>
1.1	Torre tubolare di sostegno	4
1.2	Rotore e pale	4
1.3	Navicella (gondola)	5
1.4	Sistema d'imbardata	6
1.5	Sistema di controllo	6
1.6	Sistema frenante	6
<b>2</b>	<b>Opere Civili</b>	<b>7</b>
2.1	Fondazioni	7
2.2	Adegamenti viabilità esistente	7
2.3	Piazzole di montaggio e stoccaggio	10
2.4	Area Cantiere	11
2.5	Dimensioni Complessive e Stima Movimenti terra di Strade, Piazzole e cavidotti	11
<b>3</b>	<b>Connessione alla RTN</b>	<b>14</b>
3.1	Opere di rete e schema per la connessione	14
3.2	Cavidotti	18
<b>4</b>	<b>Ripristini e Stato finale dell'opera</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Dimensionamento dell'impianto</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere</b>	<b>27</b>
6.1	Individuazione delle strutture da proteggere	27
6.2	Calcolo delle componenti di rischio	27





## **6.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini**

**32**





# 1 Aerogeneratori

Il parco eolico sarà composto da 6 aerogeneratori (siglati T1, T2, T3, T4, T5, T6) di potenza unitaria massima pari a 6 MW, per una potenza complessiva di 36 MW, ricadenti nel comune di Grottole (Mt).

Il comune di Grottole sarà interessato anche dalla realizzazione della Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione del nuovo impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

Le caratteristiche dimensionali degli aerogeneratori di progetto sono sintetizzate nella seguente tabella:

Potenza nominale aerogeneratore	6 MW
Diametro massimo rotore	162 m
Altezza totale	207 m
Area spazzata	20.600 m <sup>2</sup>
Posizione rotore	sopravento
Rate rotor speed	≈11 rpm
Numero di pale	3

Il modello di aerogeneratore previsto è del tipo Vestas V162-6 MW o similare.

Le torri sono tubolari in acciaio. In questo modo è assicurata la possibilità di un più semplice trasporto. Le torri tubolari in acciaio sono composte da un diverso numero di sezioni, che sono state ottimizzate per lunghezza, diametro e peso dal punto di vista del peso e del trasporto.

Il collegamento tra le singole sezioni è realizzato da flange ad anello a forma di L, che sono imbullonate tra loro. Il design dei tronchi di torre in acciaio è scelto in modo tale da permettere una combinazione modulare dei segmenti alle altezze al mozzo necessarie.

A causa dell'elevato numero di cambi di carico l'esecuzione delle saldature e delle produzioni tecniche dei segmenti delle torri deve essere di elevata qualità. Per questo motivo viene controllata costantemente e protocollata la qualità dei materiali usati e l'esecuzione delle saldature.

La protezione dalla corrosione necessaria è realizzata da un rivestimento a più strati da una mano di zinco e sistemi di verniciatura conformi alla specifica tecnica di protezione dalla corrosione.

La struttura interna delle torri tubolari in acciaio corrisponde ai requisiti generali per interventi industriali di montaggio e di servizio. A tal proposito le singole sezioni delle torri sono dotate di relative piattaforme di montaggio, sistemi di scale con elementi di sostegno, sistemi di illuminazione a norma e sistemi di illuminazione di emergenza. In questo modo gli interventi di assistenza e di montaggio sono quasi completamente indipendenti dalle condizioni atmosferiche esterne.

Opzionalmente gli impianti di energia eolica possono essere dotati di un ascensore in grado di trasportare due persone dalla base della torre alla navicella o viceversa.

Gli aerogeneratori sono ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala. La tipica configurazione di un aerogeneratore di questo tipo prevede un sostegno costituito da una torre tubolare che porta alla sua sommità, la navicella, all'interno della quale sono contenuti l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico, il convertitore, il trasformatore MT/BT e i dispositivi ausiliari.





La struttura in elevazione dell'aerogeneratore è costituita da una torre in acciaio di forma tronco-conica, realizzata in 6 tronchi assemblati in sito.

Il rotore si trova all'estremità dell'albero lento, ed è costituito da tre pale fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella. Il rotore è posto sopravento rispetto al sostegno. La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata).

Le tre pale, di lunghezza pari a 81 m circa, sono composte da fibra di vetro e plastica rinforzata con fibra di carbonio. Le tre pale sono incernierate al mozzo, nel quale è contenuto anche il sistema di regolazione del passo delle pale (pitch), costituito da 3 cilindri idraulici, uno per ciascuna pala. L'unità idraulica è installata nella navicella e fornisce pressione idraulica sia al sistema del passo che all'impianto frenante. Dall'albero lento l'energia meccanica è trasmessa al generatore tramite un moltiplicatore di giri.

Gli aerogeneratori potranno essere dotati di segnalazione cromatica, costituendo un ostacolo alla navigazione aerea a bassa quota. In particolare, ciascuna delle tre pale potrà essere verniciata sulle estremità con tre bande di colore rosso/bianco/rosso ognuna di larghezza minima pari a 6 m, fino a coprire 1/3 della lunghezza della pala. È inoltre prevista l'installazione delle segnalazioni "notturne", costituite da luci intermittenti di colore rosso sull'estradosso della navicella. Ad ogni modo le prescrizioni degli Enti proposti (ENAC/ENAV) potranno modificare le suddette segnalazioni.

## 1.1 Torre tubolare di sostegno

La torre di sostegno di tipo tubolare avrà una struttura in acciaio, il colore della struttura sarà chiaro, avrà una forma tronco-conica e sarà costituita 6 tronchi, avente altezza fino all'asse del rotore pari a massimi 126 m.

I tronchi saranno realizzati in officina quindi trasportati e montati in cantiere.

Alla base della torre ci sarà una porta che permetterà l'accesso ad una scala montata all'interno, dotata ovviamente di opportuni sistemi di protezione (parapetti). Per ogni tronco di torre è prevista una piattaforma di riposo. È previsto, inoltre, un sistema di illuminazione di emergenza interno. La torre sarà protetta contro la corrosione da un sistema di verniciatura multistrato.

Allo scopo di ridurre al minimo la necessità di raggiungere la navicella tramite le scale il sistema di controllo del convertitore e di comando dell'aerogeneratore saranno sistemati in quadri montati su una piattaforma separata alla base della torre.

L'energia elettrica prodotta viene trasmessa alla base della torre tramite cavi installati su una passerella verticale ed opportunamente schermati.

Per la trasmissione dei segnali di controllo alla navicella saranno installati cavi a fibre ottiche.

## 1.2 Rotore e pale

Il rotore avrà diametro massimo di 162 m e una velocità di rotazione variabile tra circa 4 e 11 rpm. Combinato con un sistema di regolazione del passo delle pale, fornisce la migliore resa possibile adattandosi allo stesso tempo alle specifiche della rete elettrica (accoppiamento con generatore) e minimizzando le emissioni acustiche.







Le pale avranno una lunghezza di circa 82 m, con la torre che avrà altezza fino all'asse del rotore pari al massimo a 126 m, mentre il massimo sviluppo verticale del sistema torre-pale sarà di massimi 207 m.

Le pale, a profilo alare, sono ottimizzate per operare a velocità variabile e saranno protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato. Saranno verniciate con colore chiaro.

L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto è il mozzo. I cuscinetti delle pale sono imbullonati direttamente sul mozzo, che sostiene anche le flange per gli attuatori di passo e le corrispondenti unità di controllo. Il gruppo mozzo è schermato secondo il principio della gabbia di Faraday, in modo da fornire la protezione ottimale ai componenti elettronici installati al suo interno.

Il mozzo sarà realizzato in ghisa fusa a forma combinata di stella e sfera, in modo tale da ottenere un flusso di carico ottimale con un peso dei componenti ridotto e con dimensioni esterne contenute.

Durante il funzionamento i sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico.

Oltre a controllare la potenza in uscita il controllo del passo serve da sistema di sicurezza primario. Durante la normale azione di frenaggio i bordi d'attacco delle pale vengono ruotati in direzione del vento. Il meccanismo di controllo del passo agisce in modo indipendente su ogni pala. Pertanto, nel caso in cui l'attuatore del passo dovesse venire a mancare su due pale, la terza può ancora riportare il rotore sotto controllo ad una velocità di rotazione sicura nel giro di pochi secondi. In tal modo si ha un sistema di sicurezza a tripla ridondanza.

Quando l'aerogeneratore è in posizione di parcheggio le pale del rotore vengono messe a bandiera. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre. Tale posizione, viene pertanto attuata in condizioni climatiche di bufera.

### **1.3 Navicella (gondola)**

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore, costituita da una struttura portante in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. All'interno della navicella sono contenute le principali apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla generazione di energia elettrica; in particolare si distinguono:

- Albero Lento
- Moltiplicatori di giri
- Albero Veloce
- Generatore
- Convertitore
- Trasformatore MT/BT

Tutti i componenti sono assemblati modularmente sul basamento. Ciò consente l'utilizzo di una gru di dimensioni ridotte per l'assemblaggio in sito e semplifica i successivi lavori di manutenzione e riparazione. La navicella contiene l'albero lento, unito direttamente al mozzo, che trasmette la potenza captata dalle pale al generatore attraverso un moltiplicatore di giri.





## 1.4 Sistema d'imbardata

---

L'aerogeneratore è dotato di due banderuole riscaldate a controllo incrociato per l'esatta corrispondenza dei segnali. Esse forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento. L'esatto allineamento del rotore alla direzione del vento è un requisito essenziale per ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo.

## 1.5 Sistema di controllo

---

Tutto il funzionamento dell'aerogeneratore è controllato da un sistema a microprocessori che attua un'architettura multiprocessore in tempo reale.

Tale sistema è collegato a un gran numero di sensori mediante cavi a fibre ottiche. In tal modo si garantisce la più alta rapidità di trasferimento del segnale e la maggior sicurezza contro le correnti vaganti o le fulminazioni. Il computer installato nell'impianto definisce i valori di velocità del rotore e del passo delle pale e funge quindi anche da sistema di supervisione dell'unità di controllo distribuita dell'impianto elettrico e del meccanismo di controllo del passo alloggiato nel mozzo.

## 1.6 Sistema frenante

---

L'aerogeneratore è dotato di due sistemi di frenata indipendenti: attuazione del passo delle pale e disco freno idraulico. Ciascun sistema, indipendentemente dall'inserimento dell'altro, è in grado di fermare la macchina. In tutte le attuazioni di fermata normale è usata solo l'attuazione del passo delle pale. Questa determina una frenata controllata dell'aerogeneratore con un minimo carico sull'intera costruzione. In situazioni molto critiche (emergenza) il disco freno idraulico interviene insieme all'attuazione del passo delle pale. In caso di sovravelocità del rotore, saranno attivati entrambi i sistemi frenanti.







## 2 Opere Civili

### 2.1 Fondazioni

L'aerogeneratore andrà a scaricare gli sforzi su una struttura di fondazione in cemento armato del tipo indiretto su pali. La fondazione è stata calcolata preliminarmente in modo tale da poter sopportare il carico della macchina e il momento prodotto sia dal carico concentrato posto in testa alla torre che dall'azione cinetica delle pale in movimento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione sono state eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette. Le strutture di fondazione sono dimensionate in conformità alla normativa tecnica vigente.

La fondazione degli aerogeneratori è su pali. Il plinto ed i pali di fondazione sono stati dimensionati in funzione delle caratteristiche tecniche del terreno derivanti dalle indagini geologiche e sulla base dall'analisi dei carichi trasmessi dalla torre (forniti dal costruttore dell'aerogeneratore), l'ancoraggio della torre alla fondazione sarà costituito da un tirafondo, tutti gli ancoraggi saranno tali da trasmettere sia forze che momenti agenti lungo tutte e tre le direzioni del sistema di riferimento adottato.

La fondazione è costituita da un plinto su pali; il plinto ha un diametro pari a circa 21.70 m ed altezza variabile da 2.30 m (esterno gona aerogeneratore) a 0.70 m (esterno plinto); si prevede di utilizzare 12 pali di diametro pari a 1.00 m e lunghezza 17.00 m.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali; in particolare si precisa che si utilizzerà un cls tipo C30/37 per il plinto e tipo C25/30 per i pali.

Tutti i calcoli eseguiti e la relativa scelta dei materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche significative per garantire i necessari livelli di sicurezza. Pertanto, quanto riportato nel presente progetto, potrà subire variazioni in fase di progettazione esecutiva, in termini sia dimensionali (diametro platea, lunghezza e diametro pali) sia di forma (platea circolare/dodecagonale/etc., numero pali) fermo restando le dimensioni di massima del sistema fondazionale.

### 2.2 Adeguamenti viabilità esistente

#### 2.2.1 Descrizione della viabilità di accesso all'area

Le aree interessate dal parco eolico risultano facilmente raggiungibili; il collegamento avviene attraverso viabilità Provinciale esistente per lo più idonea, in termini di pendenze e raggi di curvatura, al transito dei componenti necessari all'assemblaggio delle singole macchine eoliche in modo da minimizzare la viabilità di nuova costruzione.

L'accesso all'area parco potrà avvenire principalmente dalla SP65 fondo valle "Basentello", l'accessibilità alle singole aree in cui sono collocati gli aerogeneratori si avrà mediante viabilità locale/interpodereale.

Alcuni tratti di queste strade sterrate necessitano interventi di miglioramento e adeguamento della sede stradale, al fine di consentire il passaggio di trasporti eccezionali.





L'adeguamento di dette strade avrà un impatto positivo per i coltivatori della zona, andando a migliorarne la fruibilità e lasciando immutata la destinazione d'uso delle stesse, che rimarranno pubbliche.

## 2.2.2 Descrizione della viabilità interna al parco

L'area in cui ricade il progetto e le opere connesse rientrano in una fascia altimetrica compresa tra i 130 ed i 280 m circa sul livello del mare.

La viabilità interna al parco eolico sarà costituita da una serie di infrastrutture, in parte da adeguare e/o da realizzare ex-novo, che consentiranno di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno installati gli aerogeneratori.

La realizzazione di nuovi tratti stradali sarà contenuta e limitata al massimo; i percorsi stradali ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate tipo macadam (oppure cementata nei brevi tratti in cui le pendenze superano il 14 %) e avranno una larghezza pari a 5 m per uno sviluppo lineare complessivo pari a circa 2.800 metri in adeguamento, 4963 metri ex novo. E' prevista la realizzazione di 755 metri di tratti cementati che, una volta terminati i lavori di montaggio, verranno completamente rimossi.

**Tabella 1: Lunghezza tracciati stradali di progetto e da adeguare**

Tratto	Adeguamento (m)	Ex novo (m)	Misto stabilizzato compresa piazzola (mc)	Lunghezze tratti da Cementare (pendenza longitudinale >14%) (m)
Strada + piazzola T1-T2	1300	1181	11690	251
Strada + piazzola T3-T4	1500	2370	11104	197
Strada + piazzola T5	0	752	4868	279
Strada + piazzola T6	0	660	4684	77
<b>Totali</b>	<b>2800</b>	<b>4963</b>	<b>32346</b>	<b>755</b>



SEZIONI TIPO VIABILITA'  
(SCALA 1 : 25)

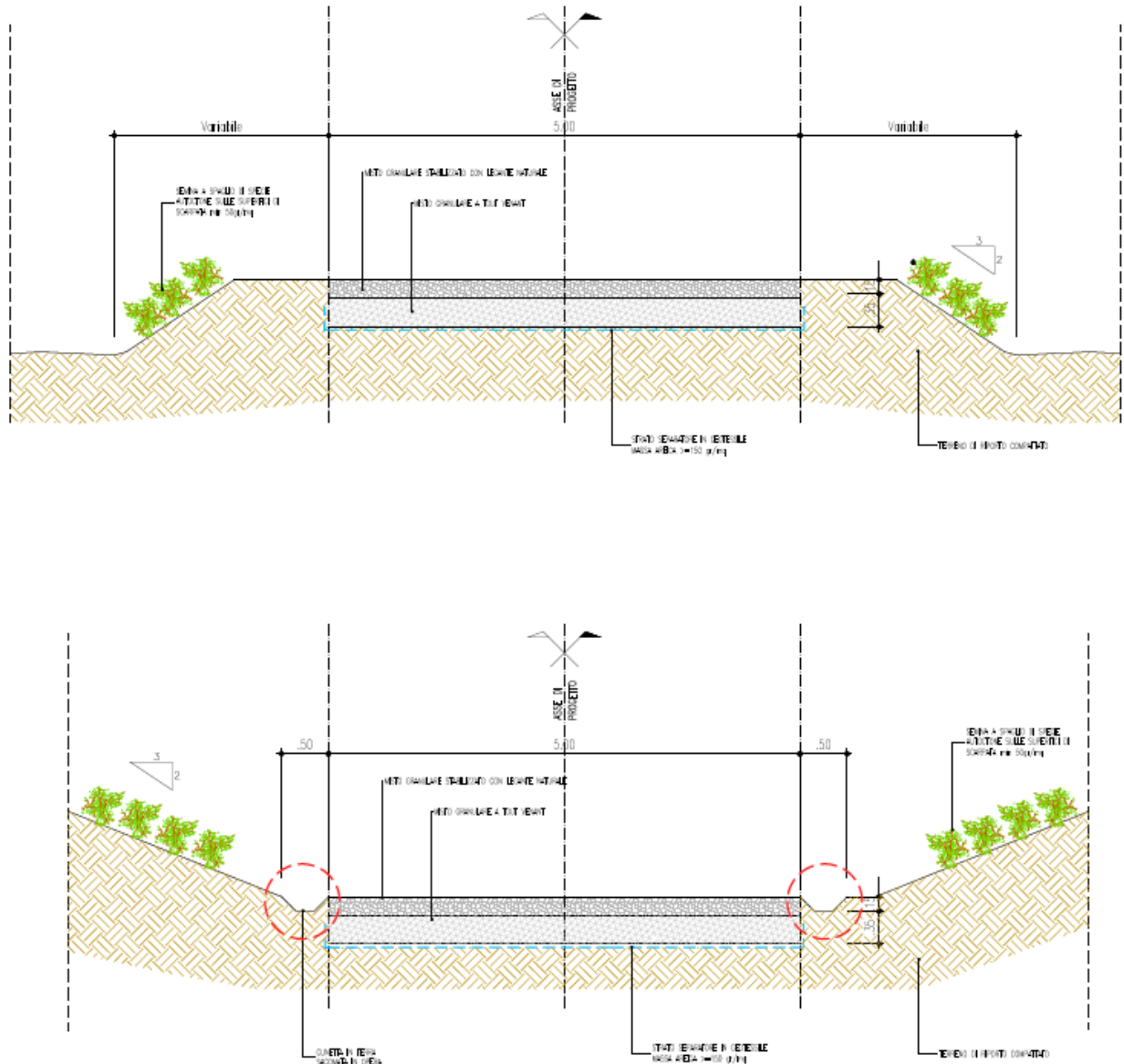


Figura 1: Sezioni stradali tipo

Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento, per poter essere riutilizzato nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Lo strato superficiale della sovrastruttura sarà realizzato in misto granulare stabilizzato di spessore minimo pari a 10 cm e massimo di 40 cm. Gli spessori del sottofondo e della sovrastruttura potranno subire delle variazioni, non significative, in fase di progettazione esecutiva, al fine di garantire le specifiche richieste dalla società di trasporto dei componenti.

Inoltre, per ridurre il fenomeno dell'erosione delle nuove strade causato dalle acque meteoriche, lungo i cigli delle stesse sono previste delle fasce di adeguata larghezza, realizzate con materiale lapideo di idonea pezzatura che, oltre a consentire il drenaggio delle stesse acque meteoriche saranno di contenimento allo strato di rifinitura delle strade.



Nelle zone in cui le strade di progetto percorreranno piste interpoderali esistenti, ove necessario, le opere civili previste consisteranno in interventi di adeguamento della sede stradale per la circolazione degli automezzi speciali necessari al trasporto degli elementi componenti l'aerogeneratore. Detti adeguamenti prevedranno raccordi agli incroci di strade e nei punti di maggiore deviazione della direzione stradale e ampliamenti della sede stradale nei tratti di minore larghezza. Nella fattispecie, le necessità di trasporto dei componenti di impianto impongono che le strade abbiano larghezza minima di 5 m, nei tratti in curva la larghezza potrà essere aumentata ed i raggi di curvatura dovranno essere ampi (almeno 70 m); saranno quindi necessari interventi di adeguamento di alcune viabilità presenti al fine di consentire il trasporto degli aerogeneratori.

Si precisa che gli allargamenti delle sedi stradali avverranno in sinistra o in destra in funzione dell'esistenza di vegetazione di pregio (aree arborate o colture di pregio); laddove non si riscontrassero situazioni particolari, legate all'eventuale uso del territorio, l'allargamento avverrà indifferentemente in entrambe le direzioni.

Tutte le strade realizzate ex novo saranno, in futuro, solo utilizzate per la manutenzione degli aerogeneratori, chiuse al pubblico passaggio (ad esclusione dei proprietari dei fondi interessati), e saranno realizzate seguendo il più possibile l'andamento topografico esistente in loco.

Per quanto possibile, all'interno dell'area di intervento si cercherà di utilizzare la viabilità esistente, costituita da stradine interpoderali in parte anche asfaltate, eventualmente adeguate alle necessità sopra descritte. L'adeguamento potrà consistere:

- nella regolarizzazione e spianamento del fondo;
- nell'allargamento della sede stradale;
- nel cambiamento del raggio di alcune curve.

## 2.3 Piazzole di montaggio e stoccaggio

Ogni aerogeneratore è collocato su una piazzola contenente la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

Le piazzole di montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori sono poste in prossimità degli stessi e devono essere realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra. Le piazzole saranno realizzate con materiali selezionati dagli scavi, adeguatamente compattati per assicurare la stabilità della gru, e dimensionate in modo tale da contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico che lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie). Esse devono quindi possedere i requisiti dimensionali e plano altimetrici specificatamente forniti dall'azienda installatrice degli aerogeneratori, sia per quanto riguarda lo stoccaggio e il montaggio degli elementi delle turbine stesse, sia per le manovre necessarie al montaggio e al funzionamento delle gru.

Nel caso di specie, la scelta delle macchine comporta la necessità di reperire per ogni aerogeneratore un'area libera da ostacoli di dimensioni complessive pari almeno a m 36 x 27 m di forma rettangolare e superficie portante, costituita da:

- Area oggetto di installazione turbina e relativa fondazione (non necessariamente alla stessa quota della piazzola di montaggio);
- area montaggio e stazionamento gru principale;
- area stoccaggio navicella;
- area stoccaggio sezioni torre;





- area movimentazione mezzi.

Tali spazi devono essere organizzati in posizioni reciproche tali da consentire lo svolgimento logico e cronologico delle varie fasi di lavorazione, come può evincersi anche dall'elaborato grafico del progetto allegato alla presente, in cui è riportato in dettaglio uno schema tipo di distribuzione.

Attigua alla piazzola precedente, è prevista un'area destinata temporaneamente allo stoccaggio delle pale, di dimensioni 92x21 m, spianata e livellata, che ospiterà i supporti a sostegno delle pale.

Il montaggio del braccio della gru principale sarà effettuato tra la piazzola dove sarà ubicato l'aerogeneratore e parte della viabilità di invito alla medesima mentre saranno realizzate 3 aree limitrofe di dimensioni approssimative 7x12 m che ospiteranno le gru ausiliarie necessarie all'installazione del braccio della gru principale. La geometria di queste aree potrà subire delle variazioni, non significative, in termini di dimensioni, ingombri ed orientamento, in fase esecutiva, in relazione alla tipologia di gru utilizzata.

Le caratteristiche e la tipologia della sovrastruttura delle piazzole devono essere in grado di sostenerne il carico dei mezzi pesanti adibiti al trasporto, delle gru e dei componenti. Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione da effettuarsi nel luogo ove verrà realizzata la piazzola sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento per poterlo riutilizzare nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Le superfici delle piazzole realizzate per consentire il montaggio e lo stoccaggio degli aerogeneratori, verranno in parte ripristinate all'uso originario (piazzole di stoccaggio) e in parte ridimensionate (piazzole di montaggio), in modo da consentire facilmente eventuali interventi di manutenzione o sostituzione di parti danneggiate dell'aerogeneratore.

Al termine dei lavori per l'installazione degli aerogeneratori la sovrastruttura in misto stabilizzato verrà rimossa nelle aree di montaggio e stoccaggio componenti, nonché nelle aree per l'installazione delle gru ausiliarie e nella zona di stoccaggio pale laddove presente.

Infine, la realizzazione delle piazzole prevede opere di regimazione idraulica tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, prevenendo dannosi fenomeni di dilavamento del terreno.

## 2.4 Area Cantiere

In adiacenza alla SP65 è prevista la realizzazione di un'area di cantiere di circa 2.500 mq sarà utilizzata per l'installazione di prefabbricati, adibiti a uffici, magazzini, servizi etc...

L'area sarà altresì utilizzata come deposito mezzi ed eventuale stoccaggio di materiali.

Le aree saranno realizzate secondo le modalità costruttive descritte per la piazzola e saranno ripristinate allo status quo ante al termine delle attività di realizzazione.

## 2.5 Dimensioni Complessive e Stima Movimenti terra di Strade, Piazzole e cavidotti

Nel presente paragrafo sono illustrate le dimensioni complessive delle strade e le stime di massima dei volumi di terreno interessati dalla realizzazione delle:

- Nuove Strade





- Piazzole di Montaggio e definitive
- Aree temporanee di stoccaggio
- Cavidotto MT

In particolare, per i cavidotti si prevede di riutilizzare il materiale di scavo per il riempimento, come di norma avviene per opere di questo tipo, in quantità pari al 90%. La movimentazione dei terreni per lo scavo dei cavidotti sarà limitata alle zone di scavo stesso (il terreno viene accantonato nei pressi dello scavo stesso) e per i brevi periodi necessari alla posa dei cavi.

Il volume di terreno da movimentare per la realizzazione del progetto è riportato nelle seguenti tabelle:

**Tabella 2 - Riepilogo dei volumi di terreno in esubero a fine lavori**

	CER	Scavo (m <sup>3</sup> )	Riporto (m <sup>3</sup> )	Terreno necessario per i ripristini (m <sup>3</sup> )
		Viabilità e Piazzole		
T1-T2	CER 17.05.04	1052	3198	2146
T3-T4	CER 17.05.04	299	4155	3856
T5	CER 17.05.04	1976	5536	3560
T6	CER 17.05.04	2008	2484	476
Esubero terreno pali di fondazione (mc)	CER 17.05.07	961		
Esubero terreno cavidotti (mc)	CER 17.05.04	624		
Esubero terreno plinti di fondazione	CER 17.05.04	2400		
Esubero terreno provenite da demolizioni di conglomerato bituminoso per realizzazione cavidotti	CER 17.03.02	686		
Esubero cls proveniente dalle demolizioni delle piste cementate	CER 17.09.04	1132		
<b>Volume complessivo di terreno in esubero a fine lavori (mc)</b>		<b>18.241</b>		

Come è possibile evincere dalla tabella precedente per la realizzazione delle turbine di progetto sono previste delle fondazioni di tipo indiretto: ogni plinto di fondazione sarà dotato di 12 pali DN1000 di lunghezza pari a 17 metri.

Complessivamente i terreni scavati per la realizzazione dei pali sommano a circa 961 mc.

Il volume di terreno in esubero finale è pari a 18.241 m<sup>3</sup> comprensivi di esubero terreno cavidotti, esubero terreno plinti di fondazione, esubero formazione di pali ed esubero cls proveniente da piste cementate da demolire.

Il materiale proveniente dagli scavi sarà accantonato temporaneamente nei pressi degli stessi siti di scavo (ad esempio nelle piazzole dei singoli aerogeneratori) e riutilizzato all'interno dello stesso sito o trasportato in altro sito all'interno del cantiere-impianto eolico per poi essere in seguito utilizzato per il ripristino di quelle aree da riportare alla situazione ante operam.







Dal momento che l'area delle piazzole di stoccaggio pale e delle aree adibite ad ospitare le gru ausiliarie verrà ripristinata, la stessa sarà rinaturalizzata mediante ricoprimento di terreno vegetale proveniente dallo scotico in fase di realizzazione e opportunamente stoccato.





## 3 Connessione alla RTN

La soluzione di connessione (soluzione tecnica minima generale STMG - codice pratica del preventivo di connessione 202100125 del 27.05.2021), prevede che il futuro impianto eolico venga collegata in antenna a **150 kV sulla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV da inserire in entra-esce sulla linea 380 kV "Matera - Aliano"**.

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione; in alternativa sarà necessario prevedere ulteriori interventi di ampliamento da progettare.

Si rappresenta, inoltre, che, al fine di razionalizzare l'utilizzo delle future infrastrutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione RTN Terna con altri produttori.

Pertanto, in adiacenza alla stazione utente è prevista un'area condivisa in condominio AT da cui partirà un cavo interrato AT fino allo stallo di arrivo della futura SE di trasformazione. Il nuovo elettrodotto a 150 kV per il collegamento del parco in oggetto allo stallo a 150 kV della stazione Elettrica di Trasformazione a 380/150 kV della RTN, costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

In particolare, l'energia prodotta dagli aerogeneratori del parco in oggetto verrà convogliata tramite un cavidotto interrato a 33 kV. A valle del cavidotto esterno in MT è prevista la realizzazione di una sottostazione elettrica di trasformazione da media ad alta tensione (MT/AT) situata nelle immediate vicinanze del punto di consegna.

Tale sottostazione, pertanto, sarà distinguibile in due unità separate: la prima, indicata come "area condivisa in condominio AT" rappresenta la stazione di condivisione a 150 kV, e sarà utilizzata per condividere lo stallo di connessione assegnato da Terna SpA tra diversi produttori di energia e la seconda, indicata come "Lucania Wind Energy S.r.l Codice Pratica 202100125" rappresenta la stazione utenza di trasformazione 33/150 kV. Il collegamento tra la sottostazione di trasformazione e la sottostazione di consegna verrà realizzato mediante cavo in alta tensione in modo da trasferire l'energia elettrica prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

### 3.1 Opere di rete e schema per la connessione

La stazione elettrica di trasformazione AT/MT, contenuta all'interno di un "condominio stalli" costituito da un altro produttore, è costituita da:

- N.1 stallo trasformatore AT/MT;
- N.1 stallo di arrivo linea in cavo AT da SE RTN di Grottole;
- N.1 edificio servizi per le apparecchiature MT e BT;
- Viabilità di accesso alla stazione elettrica e opere di accesso e recinzione.

L'impianto può essere suddiviso in due diverse sezioni, in relazione al livello di tensione che le caratterizza:

#### Sezione AT

- tensione massima sezione: 150 kV-170 kV
- frequenza nominale: 50 Hz
- Livello di isolamento:





- Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace) 315 kV
- Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50  $\mu$ s) (cresta) 1750 kV
- Tensione nominale di tenuta:
  - a. frequenza industriale (50 Hz/60 s): 325 kV efficace
  - b. impulso atmosferico (1.2/50  $\mu$ s): 750 kV picco
- Corrente nominale delle sbarre principali: 2000A
- Corrente di breve durata 150 Kv: 31.5 kA
- Durata nominale di cortocircuito 1 s
- condizioni ambientali limite: - 25/+40°C
- salinità di tenuta superficiale degli isolamenti elementi 150 kV: 56 kg/m<sup>3</sup>

#### Sezione MT

- Tensione nominale: 33 kV
- Tensione massima: 36 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Livello di isolamento:
  - Tensione a impulso atmosferico 170 kV
  - Tensione a frequenza industriale 70 kV
- Tensione nominale di tenuta:
  - c. frequenza industriale (50 Hz/60 s): 70 kV efficace
  - d. impulso atmosferico (1.2/50  $\mu$ s): 145 - 170 kV picco
- Corrente nominale delle sbarre principali: 1250 – 1600 A
- Corrente ammissibile di breve durata: 12,5 – 20 kA
- Durata nominale di cortocircuito 1 s

Lo stallo di trasformazione AT/MT produttore è costituito dalle seguenti apparecchiature AT:

- n.1 trasformatore AT/MT;
- n.1 terna di scaricatori di sovratensione;
- Modulo compatto AT composto da:
  - n.1 terna di trasformatori di corrente unipolari;
  - n.1 interruttore tripolare;
  - n.1 terna di trasformatori di tensione unipolari;
  - n.1 sezionatore di linea, con terna di lame di messa a terra (dedicato allo stallo trasformatore del produttore)

Lo stallo arrivo linea in cavo AT è costituito dalle seguenti apparecchiature AT:

- n. 1 terminale cavi AT;
- Modulo compatto AT composto da:
  - n.1 terna di trasformatori di corrente unipolari;
  - n.1 interruttore tripolare;
  - n.1 terna di trasformatori di tensione unipolari;
  - n.1 sezionatore di linea, con terna di lame di messa a terra (dedicato allo stallo trasformatore del produttore)





Negli edifici utente saranno collocati i quadri di distribuzione in media tensione, i sistemi di distribuzione per i servizi ausiliari sia in corrente continua che in corrente alternata ed i dispositivi per controlli e misure.

Il quadro misure sarà del tipo a parete costruito in poliestere, contenente un contatore statico a quattro quadranti di classe B. Oltre al contatore, all'interno sarà montato un modem per linea telefonica o GSM, completo di alimentatore.

Il quadro di distribuzione MT dovrà essere di tipo protetto con protezione arco interno, è composto dalle seguenti unità:

- Scomparto partenza trasformatore di potenza AT/MT, con interruttore asportabile e completo di relè a microprocessore per le protezioni max.I (50-51-51N) e con le misure di A, V, W, VAR, cosfi, frequenza;
- Scomparto protezione trasformatore S.A. con interruttore di manovra-sezionatore e fusibili;
- Cella TV di sbarre;
- Scomparti di arrivo dai parchi eolici, con interruttore asportabile e completo di relè a microprocessore per le protezioni max. I (50-51-67N) e con le misure di A, V, W, VAR, cosfi, frequenza.

Sono previsti due sistemi di distribuzione per i servizi ausiliari, uno in corrente alternata alla tensione 400/230 V e l'altro in corrente continua alla tensione di 110 V.

Il sistema di distribuzione in corrente alternata sarà costituito da:

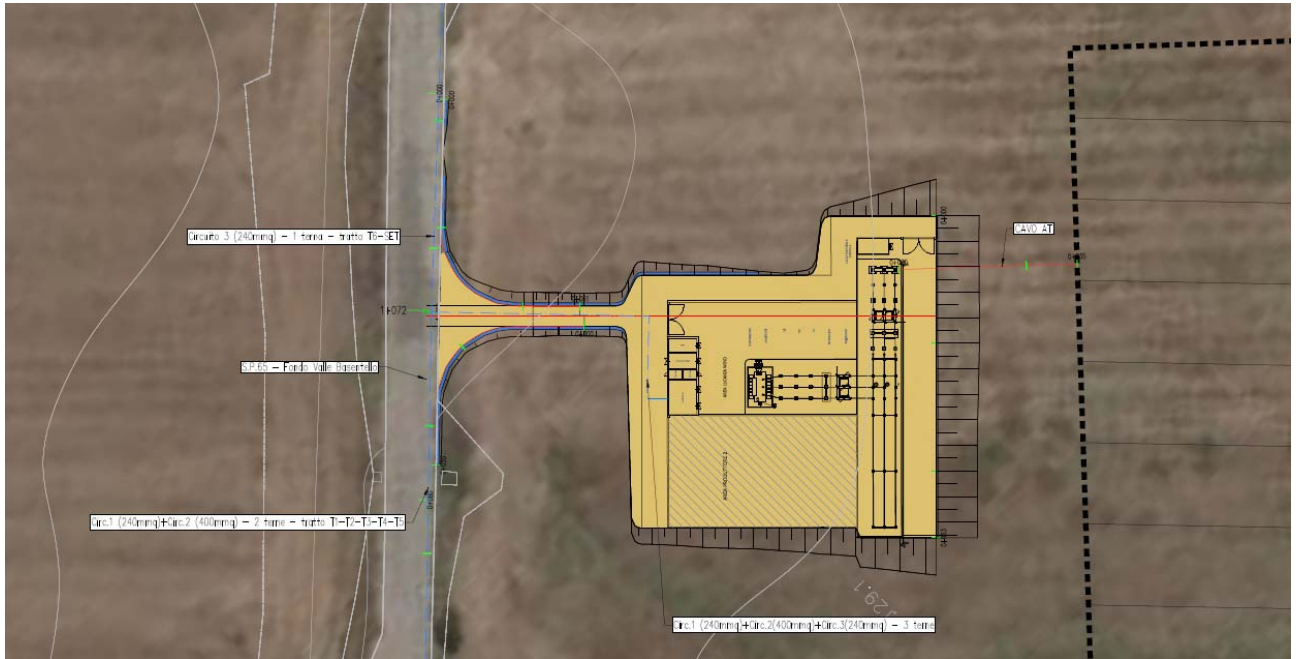
- Trasformatore di distribuzione, 100 kVA, 30/0,4 kV, in olio;
- Quadro di distribuzione 400/230V.

A livello di opere civili verranno realizzate le seguenti opere:

- Recinzione esterna ed interna;
- Strade di circolazione, accesso e piazzali carrabili;
- Costruzione edificio utente;
- Formazioni dei basamenti delle apparecchiature elettriche AT;
- Palo Telecomunicazioni

L'area complessivamente occupata dalla stazione AT/MT avrà dimensioni pari a ca. 60 x 60 m.





**Figura 2 – Stazione di trasformazione 33-150kV limitrofa alla futura SE Terna**

La strada di accesso, che permette di raggiungere la SET dall'accesso esistente, sarà bitumata ed occuperà un'area complessivamente di 1000 m<sup>2</sup> (L=250m).

Per la realizzazione della recinzione sarà necessario eseguire scavi in sezione ristretta con mezzo meccanico. L'altezza fuori terra della recinzione, rispetto alla parte accessibile dall'esterno, dovrà essere almeno di 2,60 m. L'opera sarà completata inserendo n°1 cancello carrabile e pedonale.

Nella sottostazione elettrica sarà presente n.1 edificio utente suddiviso in più locali tecnici per il contenimento delle apparecchiature MT, BT di stazione.

Per tutti i locali è prevista un'altezza fuori terra massima di 3.20 m come quota finita. Le dimensioni in pianta del fabbricato sono: lunghezza 15 m, profondità 4.5 m con annesso locale di misura.

La rete di terra sarà realizzata all'interno dell'area interessata dalla costruzione della nuova stazione di utenza, mediante una rete magliata disperdente in corda di rame nuda, di sezione pari a 63mm<sup>2</sup>, cui saranno connesse tutte le parti metalliche delle strutture portanti e le reti elettrosaldate mediante corda di rame nudo di sezione pari a 120mm<sup>2</sup>.

L'impianto di illuminazione esterno sarà realizzato con corpi illuminanti opportunamente distanziati dalle parti in tensione ed in posizione tale da non ostacolare la circolazione dei mezzi.

I proiettori saranno del tipo con corpo in alluminio, a tenuta stagna, doppio isolamento o isolamento rinforzato, grado di protezione minimo IP65, con lampade LED da 380W montati su pali in vetroresina, di altezza prevista pari a circa 8 m, installati su fondazione prefabbricata con pozzetto integrato.

E' prevista l'installazione di un sistema di lampade aventi le medesime caratteristiche, poste su pali metallici connessi a terra, di altezza pari a circa 3 m, per illuminare in condizioni di emergenza o manutenzione nelle ore notturne la zona di lavoro dello stallo AT all'aperto tra il trasformatore di potenza ed il sezionatore AT di linea con lame di terra.



L'impianto di illuminazione interna sia ordinaria che di emergenza, dei locali dell'edificio elettrico, sarà costituito da lampade fluorescenti di potenza fino a 58W, con installazione ad incasso nel controsoffitto o a plafone in relazione alla tipologia dei locali.

Per l'illuminazione esterna lungo il perimetro dell'edificio si utilizzeranno apparecchi stagni a lampade fluorescenti installati sotto gronda, alcuni dei quali dotati di accensione automatica mediante fotocellula.

Tutti i locali utente dell'edificio elettrico dovranno essere dotati di impianto di FM costituito da prese di corrente bivalenti 10/16A e da quadretti prese dotati di prese bipolari e tripolari fino a 25°C.

## 3.2 Cavidotti

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà trasportata alla Stazione Utente 33/150 kV, con funzione di trasformazione ed immessa nella RTN tramite il sistema di sbarre presente nella stessa.

I collegamenti tra il parco eolico e la Stazione Utente avverranno tramite linee in MT interrate, esercite a 33 kV, ubicate sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

Ciascun aerogeneratore sarà dotato di un generatore e relativo convertitore. Inoltre, sarà equipaggiato con un trasformatore BT/MT oltre a tutti gli organi di protezione ed interruzione atti a proteggere la macchina e la linea elettrica in partenza dalla stessa.

I trasformatori per impianti eolici devono costantemente sopportare problemi di sovratensioni di esercizio e vibrazioni meccaniche che mettono a dura prova la loro affidabilità nel tempo.

All'interno del generatore eolico, la tensione BT a 0.720 kV in arrivo dalla macchina verrà elevata a 30 kV tramite un trasformatore elevatore dedicato. Ogni aerogeneratore avrà al suo interno:

- L'arrivo del cavo BT (0.720 kV) proveniente dal generatore-convertitore;
- il trasformatore elevatore BT/MT (0.720/33 kV);
- la cella MT (33 kV) per la partenza verso i quadri di macchina e da lì verso la Stazione di trasformazione.
- Gli aerogeneratori del campo saranno suddivisi in 3 circuiti (o sottocampi) così costituiti:
  - o Sottocampo 1: 6 x 2 = 12 MW (T1-T2)
  - o Sottocampo 2: 6 x 3 = 18 MW (T3-T4-T5)
  - o Sottocampo 3: 6 x 1 = 6 MW (T6)

La rete elettrica MT sarà realizzata con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate.

Per il collegamento degli aerogeneratori si prevede la realizzazione di linee MT a mezzo di collegamenti del tipo "entra-esce".







Il percorso del collegamento del Parco Eolico alla Stazione di Trasformazione è stato scelto tenendo conto di molteplici fattori, quali:

- contenere per quanto possibile i tracciati dei cavidotti sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico-economica;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse ed isolate, rispettando le distanze prescritte dalla normativa vigente;
- Evitare interferenze con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minor pregio interessando aree prevalentemente agricole e sfruttando la viabilità esistente per quanto possibile.

La rete a 33 kV, di lunghezza totale pari a circa 15,4 km, sarà realizzata per mezzo di cavi del tipo ARE4H5E - 18/33 kV o equivalenti con conduttore in alluminio.

L'isolamento sarà garantito mediante guaina termo-restringente.

Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio ed il telecontrollo delle turbine sarà di tipo monomodale e verrà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC o in un monotubo in PEAD posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

Insieme al cavo di potenza ed alle fibre ottiche vi sarà anche un dispersore di terra a corda di 35 mm<sup>2</sup> che collegherà gli impianti di terra delle singole turbine allo scopo di abbassare le tensioni di passo e di contatto e di disperdere le correnti dovute alle fulminazioni.

I cavi verranno posati ad una profondità di circa 120 cm, con una placca di protezione in PVC (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza di 50 cm (cfr. sezioni tipo cavidotto). La sezione di posa dei cavi sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno (cfr. sezioni tipo cavidotto).

Come accennato, nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- eventuale rinterro parziale con strato di sabbia vagliata;
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originaria;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.

L'asse del cavo posato nella trincea si scosterà dall'asse della stessa solo di qualche centimetro a destra ed a sinistra, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno. Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro applicati ai conduttori non dovranno superare i 60 N/mm<sup>2</sup> rispetto alla sezione totale. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 3 m.

Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo verrà messo a terra da entrambe le estremità della linea.





In corrispondenza dell'estremità di cavo connesso alla stazione di utenza, onde evitare il trasferimento di tensioni di contatto pericolose a causa di un guasto sull'alta tensione, la messa a terra dello schermo avverrà solo all'estremità connessa alla stazione di utenza.

La realizzazione delle giunzioni verrà effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa saranno applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità d'esecuzione.

Su ciascun tronco fra l'ultima turbina e la stazione elettrica di utenza verranno collocati dei giunti di isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico). Essi garantiranno la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT.

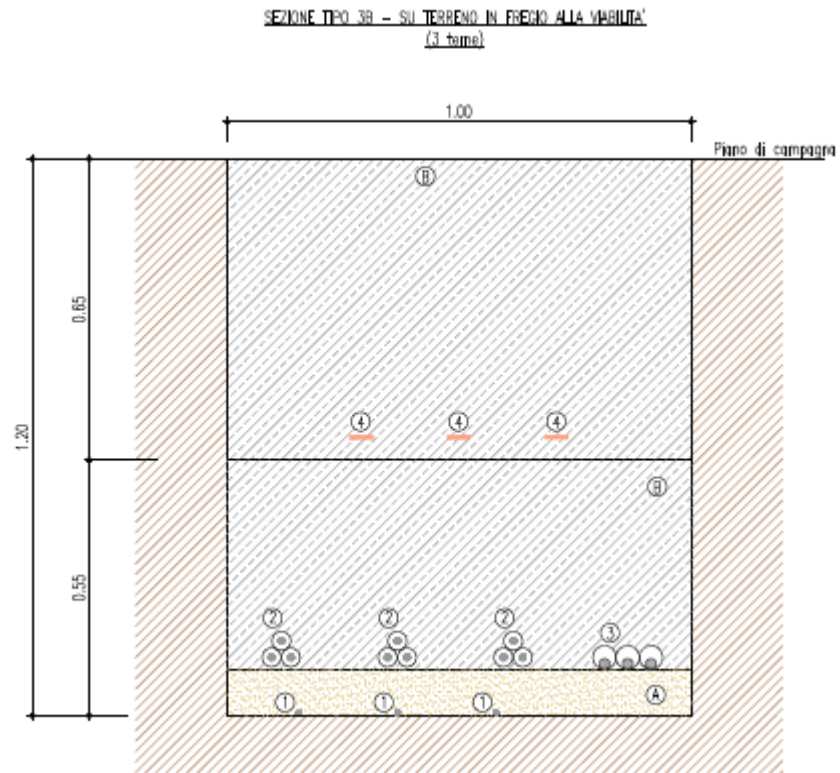
Le terminazioni dei cavi in fibra ottica dovranno essere effettuate nella seguente modalità:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo;
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

Le figure seguenti riportano alcune sezioni tipo del cavidotto:







**Figura 4: sezioni tipo 3B cavidotto**

LEGENDA	
(A) Sabbia $\phi$ 0-3 mm	(1) Cavo di terra
(B) Rintiro con terreno proveniente dagli scavi	(2) Cavi MT
(C) Conglomerato bituminoso - Strato di base	(3) Fibra ottica in tubazione $\phi$ 50
(D) Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Binder)	(4) Nastro monitor
(E) Strato di usura	

**NOTE:**

NOTA\*: si prevede l'impiego di cavi di media tensione "Prysmian airbag o similari"

NOTA\*\*: i cavi MT saranno posati in tubazioni compatte in corrispondenza dei tratti critici ossia in corrispondenza delle interferenze evidenziate nel elaborato grafico "A.16.a.20-Planimetria con individuazione di tutte le interferenze"

**Figura 5: legenda sezioni cavidotto**



## 4 Ripristini e Stato finale dell'opera

Al termine dei lavori, cioè quando non è più richiesta la presenza dei mezzi di trasporto di grandi dimensioni, l' "uso di suolo" sarà molto limitato in quanto molte delle aree impegnate in fase di cantiere verranno ripristinate al loro stato originario; ciò vale anche per il ripristino delle aree utilizzate per lo stoccaggio delle pale e per quelle dedicate al posizionamento delle gru ausiliare oltre che per le aree logistica e di trasbordo.

Tutte le scarpatine ai bordi della viabilità e delle piazzole definitive dell'impianto saranno oggetto di interventi di rinverdimento con specie arbustive ed arboree.

Le opere di ripristino del terreno vegetale superficiale possono attenuare notevolmente gli impatti sull'ambiente naturale, annullandoli quasi del tutto nelle condizioni maggiormente favorevoli. Tali opere hanno anche la finalità di evitare o limitare i fenomeni erosivi innescati dalla sottrazione e dalla modifica dei suoli. Inoltre, la ricostituzione della coltre erbosa può consentire notevoli benefici anche per quanto riguarda le problematiche legate all'impatto visivo.

Le stesse opere, inoltre, devono essere realizzate in funzione dello specifico sito di installazione del parco eolico, per cui la tipologia di piante e materiali impiegati a tale scopo dovrà essere adottata seguendo il criterio dell'uso di semine autoctone e materiali naturali. Solo in alcuni sporadici casi è previsto l'impiego di terre armate a causa delle maggiori pendenze.

Le aree che saranno ripristinate allo stato originario sono chiaramente evidenziate negli elaborati di progetto e possono essere così sintetizzate:

- Piazzole di stoccaggio;
- Piazzole di montaggio (saranno ridimensionate e la parte restante verrà ripristinata);
- Scarpate delle Piazzole di montaggio;
- Aree per lo stoccaggio dei componenti e delle pale;
- Aree per l'installazione del braccio della gru principale;
- Allargamenti e manti stradali;
- Aree di cantiere e trasbordo.

Saranno ripristinati i manti stradali utilizzando quanto più possibile i materiali di risulta dello scavo stesso; naturalmente, dove il manto stradale sarà di tipo sterrato sarà ripristinato allo stato originale mediante un'operazione di costipatura del terreno, mentre dove eventualmente il manto stradale è in materiale asfaltato sarà ripristinato l'asfalto asportato.

Per le scarpate (zone in scavo e riporto) sono previste in generale pendenze contenute, in modo da poter intervenire quasi esclusivamente con riporti di terreno vegetale e, quindi, consentire un efficace ripristino del manto vegetale senza alcuna necessità di ricorso ad operazioni più complesse ed onerose.





## 5 Dimensionamento dell'impianto

Il parco eolico, costituito da 6 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di 36 MW, nel settore nord del territorio comunale.

La futura Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) sarà realizzata nel territorio di Grottole (Mt).

Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla presente proposta progettuale è tipo Vestas V162-6 MW o altro modello similare.

Tabella 3 - ubicazione planimetrica degli aerogeneratori di progetto

WTG	Comune	D rotore (m)	H tot (m)	Hhub (m)	Coordinate UTM-WGS84 fuso 33		Coordinate GB-Roma 40 fuso est	
					E	N	E	N
T1	Grottole	162	206	125	615556	4504781	2635566	4504787
T2	Grottole	162	206	125	615997	4504754	2636006	4504760
T3	Grottole	162	206	125	617808	4505495	2637818	4505501
T4	Grottole	162	206	125	618415	4505818	2638424	4505825
T5	Grottole	162	206	125	618833	4506449	2638843	4506456
T6	Grottole	162	206	125	617624	4500670	2637633	4500677

L'impianto è costituito da 6 aerogeneratori di grande taglia, con potenza nominale unitaria pari a 6 MW; l'aerogeneratore ha le seguenti caratteristiche dimensionali:

altezza max. hub	125 m
diametro max.rotore	162 m
altezza max. totale	206m

### 5.1 Impianto elettrico

I cavi principali MT saranno dimensionati in modo tale che risulti soddisfatta la relazione:

$$I_b \leq I_z$$
$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego del cavo;
- $I_z$  è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$  è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino all'aerogeneratore più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

I cavi per l'impianto di media tensione a 33 kV saranno in alluminio di tipo unipolare e/o unipolare avvolto ad elica del tipo (AIRBAG) ARE4H5E o similari, direttamente interrati o infilati in







corrugato (Portata di corrente in suolo a 20 °C - temp. cond. 90 °C). Il cavo di collegamento tra trasformatore AT/MT e quadro MT sarà invece di tipo unipolare in rame del tipo RG7H1R.

La portata  $I_z$  di un cavo con una determinata sezione e isolante è notevolmente influenzata dalle condizioni di installazione. Nella posa interrata la portata può variare in funzione della profondità di posa, della resistività e della temperatura del terreno. Aumentando la profondità di posa, con temperatura del terreno invariata, la portata di un cavo si riduce.

La portata dipende però anche dalla resistività e dalla temperatura del terreno che aumentano verso la superficie, soprattutto nei periodi estivi, vanificando in tal modo i benefici che si possono ottenere a profondità di posa minori.

La portata di un cavo interrato diminuisce anche in caso di promiscuità con altre condutture elettriche e l'influenza termica tra i cavi aumenta sensibilmente se sono posati in terra piuttosto che in aria.

Per il calcolo della portata ci si riferisce alla tabella CEI UNEL 35026 fasc. 5777 "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1550 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata". Dalla norma viene fornita la formula per il calcolo della portata effettiva  $I_z$  che può essere ricavata, a partire dalla corrente  $I_0$ , tenendo conto di opportuni coefficienti di correzione relativi a condizioni di posa diverse da quelle di riferimento.

$$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

Dove:

$I_0$  = portata per posa interrata per cavi di tipo ARE4H5(AR)E con resistività terreno 1K m/W;

$K_1$  = fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;

$K_2$  = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;

$K_3$  = fattore di correzione per profondità di posa;

$K_4$  = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1Km/W.

Tanto più elevata è la resistività termica del terreno tanto maggiore diventa la difficoltà del cavo a smaltire il calore attraverso gli strati del terreno. La resistività termica varia a seconda del tipo di terreno e del suo grado di umidità.





Tabella 4

Circuito	Tratto	Potenza					Sezione di posa	Ib (corrente di impiego)	I <sub>o</sub> min - portata minima del cavo	Sezione cavo	I <sub>o</sub>	I <sub>z</sub> (Portata)	Lunghezza	Caduta di tensione	Caduta di tensione	Caduta di tensione complessiva
1	T1-T2-SET	6.0	1.00	1.00	0.96	1.00	1 terna	116.6	121.5	240	408	391.68	536	9.81	0.03%	0.03%
		6.0	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	116.6	135.0	240	408	352.51	16	0.33	0.00%	0.03%
		12.0	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	233.3	270.0	240	408	352.51	16	0.65	0.00%	0.03%
		12.0	1.00	1.00	0.96	1.00	1 terna	233.3	243.0	240	408	391.68	2732	99.97	0.30%	0.34%
		12.0	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	233.3	270.0	240	408	352.51	1072	43.58	0.13%	0.47%
		12.0	1.00	0.85	0.96	1.00	3 terne	233.3	285.9	240	408	332.93	63	2.71	0.01%	0.48%
2	T3-T4-T5-SET	6	1.00	1.00	0.96	1.00	1 terna	116.64	121.5	240	408	391.68	749	13.70	0.04%	0.04%
		6	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	116.64	135.0	240	408	352.51	18	0.37	0.00%	0.04%
		12	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	233.27	270.0	240	408	352.51	18	0.73	0.00%	0.04%
		12	1.00	1.00	0.96	1.00	1 terna	233.27	243.0	240	408	391.68	162	5.93	0.02%	0.06%
		12	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	233.27	270.0	240	408	352.51	742	13.02	0.04%	0.10%
		18.0	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	349.91	405.0	400	526	454.46	742	29.28	0.09%	0.19%
		18.0	1.00	1.00	0.96	1.00	1 terna	349.91	364.5	400	526	504.96	2952	104.83	0.32%	0.51%
		18.0	1.00	0.90	0.96	1.00	2 terne	349.91	405.0	400	526	454.46	1072	42.30	0.13%	0.64%
		18.0	1.00	0.85	0.96	1.00	3 terne	349.91	428.8	400	526	429.22	63	2.63	0.01%	0.64%
3	T6-SET	6	1.00	1.00	0.96	1.00	1 terna	116.64	121.5	240	408	391.68	4362	51.63	0.16%	0.16%
		6.0	1.00	0.85	0.96	1.00	3 terne	116.64	142.9	240	408	332.93	63	0.88	0.00%	0.16%





## **6 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere**

Nel presente capitolo si effettua la valutazione del rischio di fulminazione delle strutture facenti parte dell'impianto eolico in oggetto, con riferimento al rischio di perdita di vita umana. Il calcolo non tiene conto del fatto che l'area in esame, data la sua collocazione, è caratterizzata da una scarsa presenza di persone, che di fatto riduce la probabilità di danno a valori inferiori a quelli risultanti dall'applicazione della suddetta procedura.

### **6.1 Individuazione delle strutture da proteggere**

Le strutture da installare all'interno dell'impianto eolico consistono in:

- aerogeneratori comprendenti al loro interno tutte le apparecchiature elettriche
- nuovo impianto di trasformazione MT/AT

Per tali strutture si è proceduto al calcolo del solo rischio di perdita di vite umane (rischio di tipo 1), secondo quanto previsto dalla Norma CEI EN 62305-2.

### **6.2 Calcolo delle componenti di rischio**

L'impostazione della valutazione del rischio secondo la Norma CEI EN 62305-2 si basa sulle seguenti definizioni:

Sorgenti di danno

- S1: fulmine sulla struttura
- S2: fulmine in prossimità della struttura
- S3: fulmine sulla linea
- S4: fulmine in prossimità della linea

Tipo di danno

- D1: danno ad esseri viventi per elettrocuzione
- D2: danno materiale
- D3: guasto di impianti elettrici ed elettronici

Tipo di perdita

- L1: perdita di vite umane, alla quale è associato il rischio R1
- L2: perdita di servizio pubblico, alla quale è associato il rischio R2
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile, alla quale è associato il rischio R3
- L4: perdita economica, alla quale è associato il rischio R4

Nel presente documento si fa riferimento alla sola perdita di vite umane (L1), in quanto le altre non sono di interesse per il caso specifico.





## Componenti di rischio

Le singole componenti di rischio definite nella suddetta norma sono le seguenti:

### Sorgente S1

- RA = componente relativa ai danni ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno alle calate.
- RB = componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono anche essere pericolose per l'ambiente.
- RC = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

### Sorgente S2

- RM = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

### Sorgente S3

RU = componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovuta alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura stessa.

RV = componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura) dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso la linea entrante.

RW = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

### Sorgente S4

RZ = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

La Tabella seguente della Norma, di seguito riportata, associa le componenti di rischio ai rischi relativi a ciascun tipo di perdita.





Sorgente di danno	Fulminazione diretta della struttura (S1)			Fulminazione in prossimità della struttura (S2)	Fulminazione diretta di una linea entrante (S3)	Fulminazione in prossimità di una linea entrante (S4)		
	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
R1	X	X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	X	X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X <sup>(2)</sup>	X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X	X	X

<sup>(1)</sup> Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui i guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana

<sup>(2)</sup> Soltanto in strutture ad uso agricolo in cui si può verificare la perdita di animali

Nel caso in esame, ove è di interesse il solo rischio R1 si ha pertanto:

$$R_1 = R_A + R_U + R_B + R_V$$

Il calcolo delle componenti di rischio è effettuato con le seguenti formule:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \text{ dove: } L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \text{ dove: } L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_U = (N_L + N_{Dj}) \times P_U \times L_U \text{ dove: } L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_V = (N_L + N_{Dj}) \times P_V \times L_V \text{ dove: } L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760 \text{ e}$$

dove:

- N<sub>D</sub> = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura
- N<sub>L</sub> = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta di una linea
- N<sub>Dj</sub> = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura adiacente
- P<sub>A</sub> = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sulla struttura)
- P<sub>B</sub> = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sulla struttura) P<sub>U</sub> = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sul servizio connesso)
- P<sub>V</sub> = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sul servizio connesso)
- L<sub>T</sub> = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso
- L<sub>F</sub> = percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causato da un evento pericoloso
- r<sub>t</sub> = fattore di riduzione dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione
- r<sub>p</sub> = fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio
- r<sub>f</sub> = fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio
- h<sub>z</sub> = fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari n<sub>z</sub> = numero delle persone nella zona
- n<sub>t</sub> = numero di persone nella struttura
- t<sub>z</sub> = tempo in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona

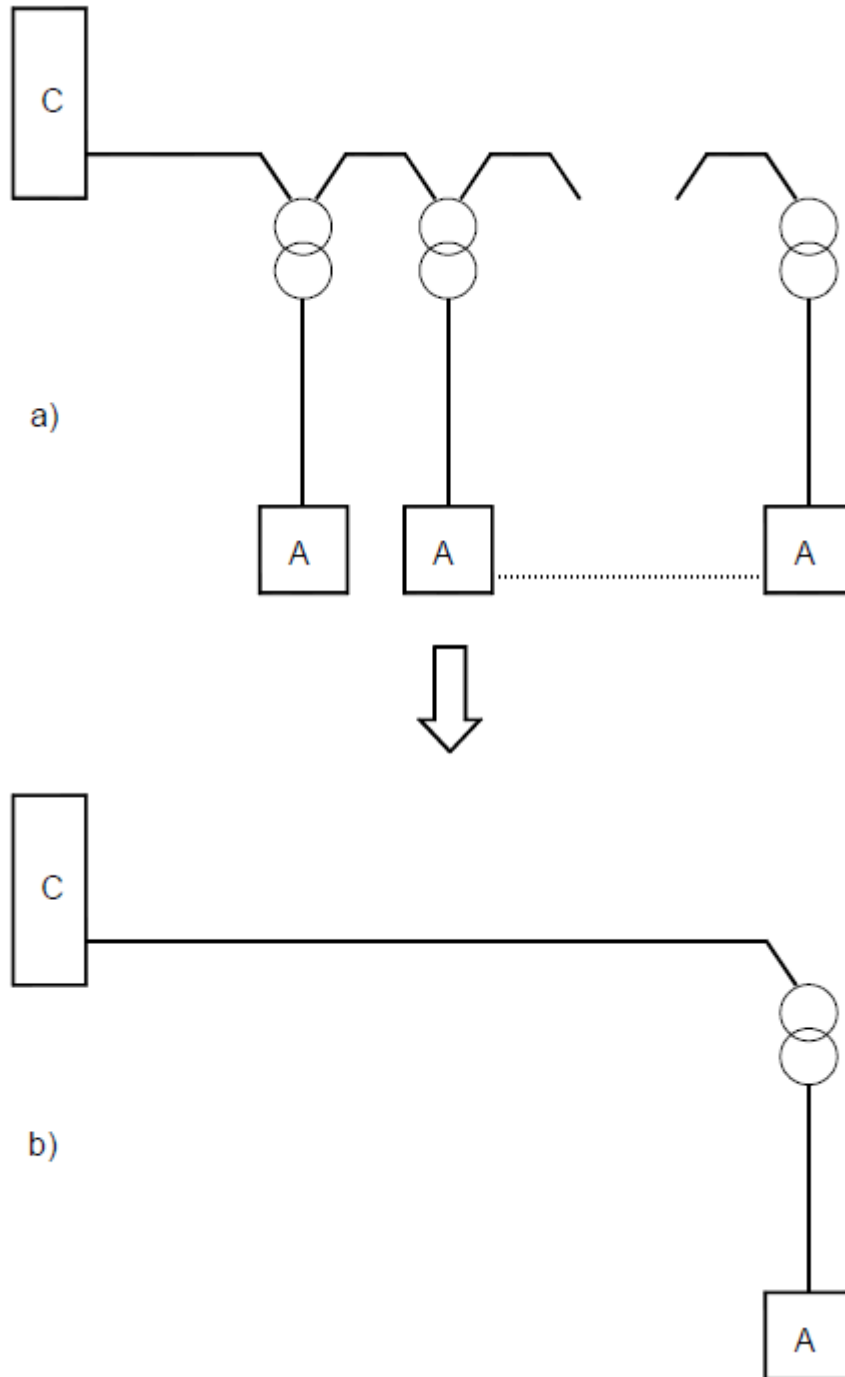
Individuazione delle strutture da proteggere e delle linee ad esse collegate

Per l'impianto in oggetto le strutture da proteggere sono le seguenti:



- Aerogeneratori (A)
- Stazione elettrica SSE AT/MT (C)

Il collegamento tra tali strutture è schematizzato nella seguente figura seguente: si nota la presenza di un trasformatore (MT/BT) in corrispondenza dell'arrivo di ciascun aerogeneratore



Sulla base delle caratteristiche delle strutture in esame e delle modalità di collegamento tra di esse si può affermare quanto segue:





- relativamente agli aerogeneratori, la componente  $N_{Da}$  che tiene conto del rischio di danno materiale causato da un fulmine che colpisce la struttura connessa a quella in esame, può ritenersi nullo, in quanto gli aerogeneratori sono tra loro separati da due trasformatori. Pertanto, ai fini del calcolo del rischio dovuto a fulminazione indiretta lo schema equivalente da considerare è quello di figura (b), dove sono state trascurate le connessioni fra aerogeneratori;
- relativamente alla cabina di consegna, la linea che alimenta il sottocampo, ai fini del calcolo della probabilità di fulminazione indiretta tale linea è schematizzata come un'unica linea equivalente;
- ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, per tale linea è stata considerata cautelativamente una tensione di tenuta all'impulso  $U_m = 6$  kV, anche se, la loro tensione di tenuta all'impulso è senz'altro maggiore;
- sempre ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, tale linea è caratterizzata da uno schermo avente resistenza  $1 < R_s < 5 \Omega/km$ ;
- coefficienti di installazione CI delle linee sopra dette, riportati in tabella A.2 (Norma CEI 81-10), sono riferiti a  $\rho = 400 \Omega m$ .

I parametri di base assunti per il calcolo del rischio di fulminazione sono i seguenti (desunti da una banca dati europea conforme alla guida CEI 81-30):

- $N_g = 1.80$  fulmini/anno/ $km^2$  – area parco eolico;
- $N_g = 2.00$  fulmini/anno/ $km^2$  – area SET.

Tipi di struttura: Struttura di tipo industriale

Tipo di suolo fino a 5m di distanza dalla struttura:

- SSE AT/MT: cemento
- Aerogeneratori: vegetale

Rischio di incendio:

- Aerogeneratori: ordinario
- Cabina di consegna: ordinario

Rischio ammissibile:  $10^{-5}$  (n° morti/anno)

Coefficiente di posizione delle strutture:

- SSE AT/MT:  $C_d = 1$  (struttura isolata)
- Aerogeneratori:  $C_d = 2$  (struttura isolata sulla cima di una collina).

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'utilizzo di apposito software (Impiantus - Fulmini ACCA Software) si può concludere che le strutture non autoprotette sono gli aerogeneratori, a causa dell'elevata componente di rischio RA.

Per la SSE AT/MT il rischio ottenuto è inferiore al valore limite, nonostante le numerose ipotesi cautelative assunte per i calcoli.

Per quanto riguarda gli aerogeneratori, per ridurre la componente di rischio RA, secondo la Tabella B.2 della Norma verrà adottato un LPS di classe I unito ad un adeguato sistema disperdente per limitare le tensioni di passo e contatto.



In tal modo i nuovi valori del rischio calcolato R saranno compatibili con la normativa di settore.

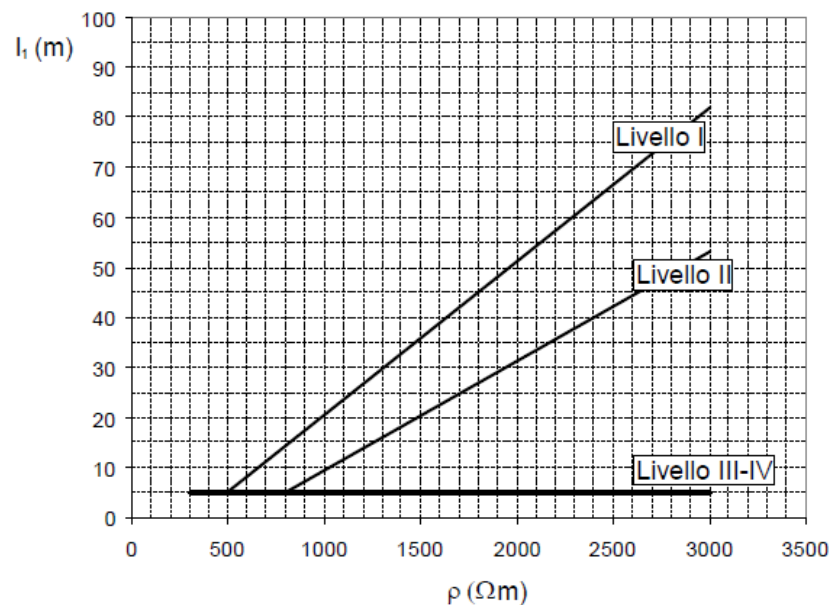
## 6.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini

La verifica si riferisce al dispersore dell'aerogeneratore il quale dovrà assolvere agli scopi di protezione contro i contatti indiretti e di protezione contro le scariche atmosferiche (LPS).

Il dispersore sarà posato intorno alla struttura dell'aerogeneratore e sarà formato da almeno quattro anelli di cui tre posati sopra la fondazione ed uno annegato all'interno della stessa. Gli anelli saranno collegati tra loro nel collettore principale.

Con riferimento alla Norma CEI EN 62305-3 il dispersore d'impianto è di tipo B; appartengono a questo tipo di dispersore sia quello ad anello esterno alla struttura in contatto con il suolo per almeno l'80% della sua lunghezza totale, sia il dispersore di fondazione. Nel caso in esame, l'anello che circonda il basamento del sostegno di ogni singolo aerogeneratore dovrà essere tale che, il raggio  $r$  del cerchio equivalente all'area racchiusa dallo stesso dispersore ad anello, non risulti essere inferiore al valore di  $I_1$  rilevato dal grafico riportato nella figura seguente (vedi Fig.2 par.5.4.2.1 Norma CEI EN 62305-3), secondo i livelli di protezione I, II, III, IV rispettivamente.

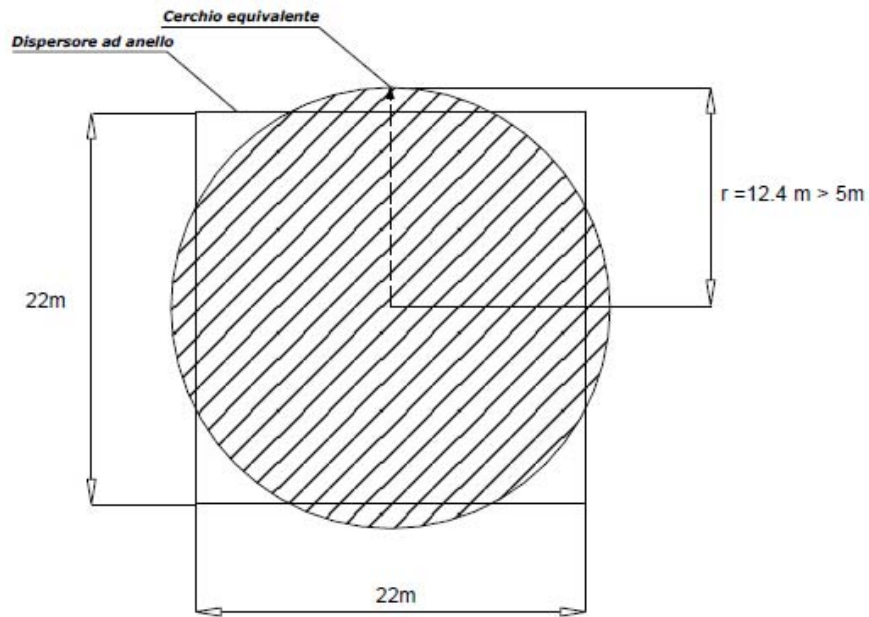
Nel caso in oggetto, poiché il LPS è di livello I nel caso dell'aerogeneratore e la resistività del suolo è pari a  $100 \Omega\text{m}$ , si ha di  $I_1 = 5 \text{ m}$ .



Lunghezza minima degli elementi del dispersore in funzione dei livelli di protezione (il III e IV sono indipendenti dalla resistività del suolo)  
Dovrà essere pertanto:

$$r \geq 5\text{m}$$

Nel caso dell'aerogeneratore risulta che il raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore di terra dell'aerogeneratore misura 13 m circa, pertanto è conforme alla suddetta prescrizione normativa.



Raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore ad anello tipo "B" di ogni singolo aerogeneratore



