



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI POTENZA
 COMUNI DI VENOSA E MONTEMILONE



AUTORIZZAZIONE UNICA EX. D. LGS. 387/03

Progetto Definitivo Parco Eolico "Tre mani"

Titolo elaborato

A.9 - Relazione tecnica impianto eolico

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0359	B	R07	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Agosto 2020	Prima emissione	CGU	FMO	GDS

Proponente



GR VALUE DEVELOPMENT S.r.l.

C.so Venezia, 37 - 20121 Milano

Tel: +39 02 50043159

www.grvalue.com - grvaluedevelopment@pec.it

Progettazione



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).





Sommario

1	Aerogeneratori	3
1.1	Torre tubolare di sostegno	3
1.2	Rotore e pale	4
1.3	Navicella (gondola)	5
1.4	Generatore	7
1.5	Sistema di imbardata	9
1.6	Sistema di controllo	9
1.7	Sistema frenante	10
2	Opere Civili	11
2.1	Fondazioni	11
2.2	Adeguamenti viabilità esistente	12
2.2.1	Descrizione della viabilità di accesso all'area	12
2.2.2	Strade	12
2.3	Piazzole di montaggio e stoccaggio	13
2.4	Area Cantiere	14
2.5	Dimensioni Complessive e Stima Movimenti terra di Strade e Piazzole	15
3	Connessione alla RTN	18
3.1	Cavidotti, rete elettrica e sottostazione	19
4	Ripristini e Stato finale dell'opera	21
5	Dimensionamento dell'impianto	22
5.1	Regime di vento del sito e disposizione ed orientamento degli aerogeneratori	22



5.2	Previsione di produzione di energia	22
5.3	Impianto elettrico	25
6	Criteria di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere	28
6.1	Individuazione delle strutture da proteggere	28
6.2	Calcolo delle componenti di rischio	28
6.3	Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini	33

1 Aerogeneratori

Il parco in oggetto è costituito da n. 6 aerogeneratori (siglati VEN1, VEN2, VEN3, VEN4, VEN5 e MON6) della potenza unitaria di 5.6 MW, per una potenza complessiva di 33.6 MW, cinque dei quali ricadenti in agro di Venosa ed uno in agro di Montemilone. Il comune di Montemilone sarà inoltre interessato dalla realizzazione della Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione del nuovo impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) da realizzarsi in adiacenza ad una futura cabina primaria Terna in località "Perillo Soprano". L'aerogeneratore utilizzato è prodotto da Vestas ed è denominato V150-5.6MW-HH125; le caratteristiche dimensionali sono le seguenti:

Tabella 1

Vestas V150-5.6MW
• potenza nominale aerogeneratore: 5.6MW
• altezza hub: 125 m
• diametro rotore: 150 m
• altezza totale: 200 m

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 trasformatore MT/BT e i dispositivi ausiliari.

1.1 Torre tubolare di sostegno

L'aerogeneratore è alloggiato su una torre metallica tubolare tronco-conica d'acciaio, zincata e verniciata, di altezza complessiva fino all'asse del rotore pari a 125 m; si presenta rastremata all'estremità superiore per permettere alle pale, flesse per la spinta del vento, di poter ruotare liberamente.

La torre è costruita da 6 tronchi che vengono uniti tramite flangia interna a piè d'opera ed innalzate mediante una gru ancorata alla fondazione con un'altra flangia.

Alla base della torre è posizionata una porta che permette l'accesso ad una scala montata all'interno, completa di dispositivi di sicurezza e di piattaforma di disaccoppiamento e protezione, nonché di adeguato dispositivo ausiliario di illuminazione. Per ogni tronco di torre è prevista una piattaforma di riposo. All'interno della torre può essere montato un ascensore-montacarichi.

Sempre all'interno della torre, trovano adeguata collocazione i cavi per il convogliamento e trasporto dell'energia prodotta alla cabina di trasformazione posta alla base della stessa, dalla quale è poi convogliata nella rete di interconnessione interna al parco eolico, per essere indirizzata tramite elettrodotto interrato alla sottostazione.

1.2 Rotore e pale

Il rotore è costituito da tre pale, in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fibra di carbonio, lunghe 73.66 m e con profilo aerodinamico simile a quello dell'ala di un aliante.

Questo tipo di aerogeneratore è dotato di sistema OptiTip®, che gestisce l'angolo di rotazione della pala rispetto al proprio asse, in maniera tale da garantire, nelle diverse condizioni di ventosità, la necessaria superficie da opporre al vento per rendere sempre massima l'efficienza della turbina. Infatti, la produzione di energia elettrica viene garantita in un intervallo di velocità media del vento variabile tra i 3 m/s (velocità di cut-in) ed i 25 m/s (velocità di cut-out). Per velocità inferiori la pala è ruotata rispetto al proprio asse in maniera tale da offrire la massima superficie alla direzione del vento (quindi un angolo di "pitch" pari a 0°) in attesa che la velocità del vento aumenti. Al crescere di quest'ultima, la pala tende lentamente ma progressivamente a ruotare offrendo man mano una superficie sempre minore e tale da fare mantenere sempre costante il numero di giri del rotore in un intervallo che va dai 4.9 ai 12.6 giri al minuto. Superati i 25 m/s le pale raggiungono un angolo di rotazione di 90°, ovvero sono disposte di taglio rispetto alla direzione del vento e offrono quindi ad esso la superficie minima. Questo fa sì che il rotore sia sottoposto ad un'azione aerodinamica di frenata che riduce repentinamente i giri a zero evitando rischi di rotture elettromeccaniche o strutturali in torre.

Le caratteristiche principali del rotore sono elencate di seguito.

Tabella 2: specifiche del rotore

Diametro	150 m
Area spazzata	17671 m ²
Intervallo di velocità di rotazione	4.9 : 12.6 rpm
Velocità massima di rotazione	12,8 rpm
Velocità, intervallo dinamico di funzionamento	3 – 25 m/s
Direzione di rotazione	In senso orario (vista di fronte)
Orientamento	Sopravento
Tilt	6°
Numero delle pale	3
Freni aerodinamici	Frange intere

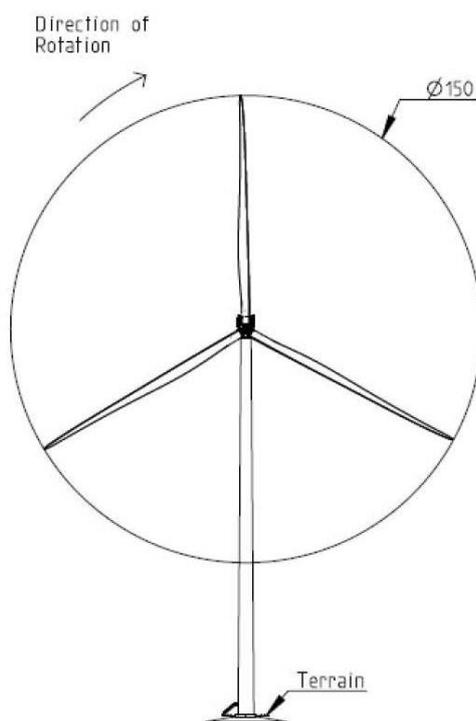


Figura 1: vista frontale modello Vestas V150-5.6 MW

Le pale hanno una lunghezza di 73.66 m, una corda massima di 4.2 m e le loro caratteristiche sono riportate di seguito.

Nonostante la larghezza delle pale sia pari a quella delle pale di lunghezza 54 metri (Vestas V112), l'area spazzata è però maggiore del 79%, con una produzione notevolmente più alta. Le pale, infine, sono progettate per essere meno sensibili all'accumulo di sostanze presenti nell'aria con il risultato di ottenere prestazioni migliori anche nei siti con atmosfera salina, con presenza di insetti o con pulviscolo.

Tabella 3: specifiche delle pale

Descrizione tipo	Gusci a profilo alare vincolati ad una trave
Lunghezza della pala	73.66 m
Materiale	Fibra di vetro rinforzata con fibre epossidiche e di carbonio
Connessione delle pale	Inserti in acciaio
Profili	Profilo ad alta portanza
Corda massima	4,0 m
Inclinazione	6°
Cono della pala	6°
Freni aerodinamici	3

1.3 Navicella (gondola)

La navicella, ossia il corpo centrale dell'aerogeneratore posizionato sulla cima della torre, è una cabina in cui sono alloggiati tutti i componenti dell'aerogeneratore; è presente anche un

anemometro elettronico (su di un braccio rotante connesso alla banderuola) collegato all'unità di controllo, per ottimizzare la produzione energetica dell'aerogeneratore, e ad un trasformatore di potenza, la cui collocazione all'interno serve ad evitare ingombri alla base del pilone o sul terreno adiacente la pala (la piattaforma della gondola dispone di un foro per accedervi dalla torre). Inoltre, nella gondola è installato un circuito di illuminazione.

Il telaio della navicella, composto da profilati tubolari, cavi e lastre di acciaio, poggia sulla corona di orientamento e slitta su un alloggiamento di nylon per evitare che gli sforzi trasmessi generino eccessive tensioni sugli ingranaggi del sistema di orientamento. Le dimensioni di ingombro (altezza x larghezza x lunghezza) non sono indicate nella scheda tecnica a disposizione del produttore né sul sito della Vestas. Nell'ipotesi che la navicella degli aerogeneratori di progetto sia la stessa degli aerogeneratori V150 da 4.2 MW, le dimensioni sarebbero pari a 6.9 x 4.2 x 12.8 m.

Tutto il dispositivo, ad eccezione dell'anemometro e della veletta, è protetto da una copertura chiusa in poliestere rinforzato con fibra di vetro appoggiata su una banda in gomma ai bordi del telaio. Questo tipo di chiusura totale protegge i diversi componenti dagli agenti atmosferici, e, nello stesso tempo, riduce il rumore emesso dall'aerogeneratore impedendo la sua trasmissione attraverso l'aria. Ciò nonostante l'involucro incorpora i fori di ventilazione sufficienti a garantire un'efficace raffreddamento del moltiplicatore e del generatore.

La parte superiore dell'involucro può essere aperta per consentire al personale di servizio di stare in piedi nella gondola per la manutenzione dei componenti o per sostituirli senza smontare l'involucro stesso. Un'apertura situata sulla parte frontale dell'involucro permette l'introduzione del rotore e degli appoggi delle pale.

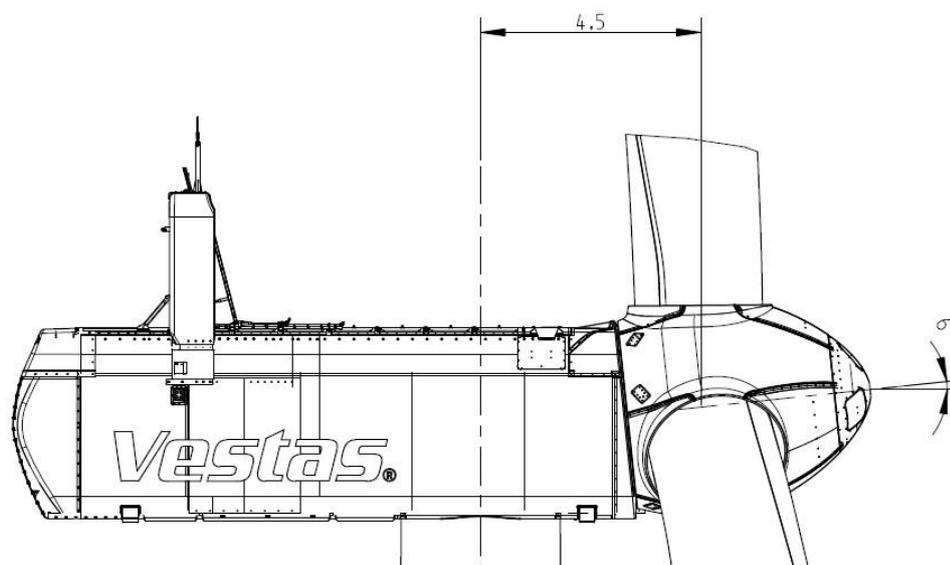


Figura 7: navicella Vestas V150



Figura 8: vista della navicella e del mozzo dell'aerogeneratore previsto in progetto

1.4 Generatore

Il generatore trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. I giri al minuto dell'aerogeneratore, e quindi la frequenza dell'energia elettrica prodotta, sono molto variabili (come lo è la velocità del vento).

Il nucleo di supporto delle pale si avvita a quello principale del sistema appoggiato su due supporti a rulli sferici che assorbono gli sforzi assiali e radiali del rotore.

L'albero principale trasmette la potenza al generatore attraverso la scatola ad ingranaggi – moltiplicatore di giri. La scatola ad ingranaggi è costituita da una trasmissione combinata planetario – assi paralleli.

Dal moltiplicatore di giri la potenza è trasmessa al generatore elettrico mediante un accoppiamento in materiale composito, esente da manutenzione. Il generatore elettrico è del tipo sincrono con magnete permanente, con rotore avvolto, anelli di contatto e VCS.

Le caratteristiche del sistema di trasmissione sono riportate in tabella.

Tabella 4: specifiche del sistema di trasmissione

Tipo	4 stadi planetari / 1 stadio elicoidale
Frequenza	50 – 60 Hz
Sistema di raffreddamento	Pompa ad olio con raffreddamento ad olio;

L'asse ad alta velocità aziona il generatore e tiene fermo il freno meccanico. La connessione del generatore all'asse di rotazione è ottenuta tramite accoppiamento cardanico che assorbe gli

spostamenti radiali, assiali ed angolari e che assicura la precisione dell'allineamento e la massima trasmissione dello sforzo di rotazione.

Il generatore è del tipo sincrono con magnete permanente, collegato alla rete tramite un convertitore in scala reale. L'alloggiamento del generatore consente la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore. L'aria-acqua per lo scambio di calore avviene in uno scambiatore di calore esterno.

Tabella 5: specifiche del generatore

Tipo	Sincrono con magnete permanente
Potenza nominale	Fino a 5850 kW (variabile in funzione della turbine)
Frequenza (range) [fN]	0-138 Hz
Tensione Statore [UNs]	3 X 800 V (alla velocità nominale)
Numero di poli	36
Tipo dell'avvolgimento	Impregnante pressurizzato sotto vuoto
Connessione dell'avvolgimento	Stella
Velocità nominale	0-460 giri/minuto
Limite di fuori giri in accordo con IEC (2 minuti)	TBD – To Be Defined
Sensori di temperatura, statore	3 sensori PT 100 posizionati nei punti caldi e 3 di riserva
Sensori di temperatura, cuscinetti	1 per cuscinetto ed uno di riserva per ognuno
Classe di isolamento	H
Allegato	IP 54

Il trasformatore si trova in una stanza chiusa separata nella parte posteriore della navicella. Esso è del tipo trifase a due avvolgimenti, a secco, autoestinguente. Gli avvolgimenti sono solitamente collegati a triangolo sul lato dell'alta tensione a meno che non sia diversamente specificato.

Tabella 6: specifiche del trasformatore

Trasformatore MT	
Descrizione tipo	Getto di resina a secco
Tensione primaria [UN]	30 kV
Tensione secondaria [UNs]	3 x 720 V
Potenza nominale apparente [SN]	7000 kVA
Senza perdite di carico [Po] (tolleranze IEC)	6,6 kW
Trasformatore HT	
Tensione avvolgimento secondario	3 x 720 V
Potere Nominale Apparente	7000 kVA
Perdite di carico (@ 75° C) [PN]	≤ 58.40 - ≤ 61.73 kW
Senza potenza di carico reattiva [Q0]	Ca. 35 kWAr
Piena potenza di carico reattiva [QN]	Ca. 700 kWAr
Gruppo vettore	Dyn11
Frequenza [fN]	50/60 Hz
Corrente di inserzione	5.8 x In
Impedenza della sequenza positiva di corto circuito alla potenza nominale e 75°C	9.9%
Resistenza della sequenza positiva di corto circuito alla potenza nominale e 75°C	1.0 %
Impedenza della sequenza zero di corto circuito alla potenza nominale e 75°C	9.0 %
Resistenza della sequenza zero di corto circuito alla potenza nominale e 75°C	1.0 %
Classe di resistenza alla corrosione	kC3

1.5 Sistema di imbardata

Negli aerogeneratori di media e grossa taglia 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; l'allineamento è garantito da un servomeccanismo detto sistema di imbardata.

Il sistema di imbardata, di tipo attivo per assicurare un ottimo adattamento a terreni complessi, è costituito da motori alimentati elettricamente e monitorati dal sistema di controllo sulla base delle informazioni ricevute dalla veletta montata sulla sommità della gondola circa lo scostamento dell'asse della direzione del vento.

Il motore, una volta azionato, riallinea la navicella, che a sua volta fornisce una misurazione molto accurata della direzione del vento.

1.6 Sistema di controllo

Tutti i generatori eolici possiedono sistemi più o meno sofisticati di regolazione e controllo, in grado di adeguare istantaneamente le condizioni di lavoro della macchina al variare della velocità e della direzione dei venti.

Il funzionamento di un aerogeneratore quindi è regolato da un sistema di controllo che ne gestisce le diverse operazioni di lavoro e aziona il dispositivo di sicurezza per l'arresto in caso di malfunzionamento e di sovraccarico dovuto ad eccessiva velocità del vento.

La turbina è controllata e monitorata dal sistema di controllo VMP8000. Si tratta di un sistema di controllo basato su microprocessore formato da 4 processori principali posti nella torre, nella navicella, nel mozzo e all'interno del convertitore, interconnessi tramite una rete ArcNet a 10 Mbit a base ottica. In aggiunta ai 4 processori principali il sistema VMP8000 è costituito da un certo numero di moduli I/O distribuiti interconnessi attraverso una rete CAN a 500 kbit. I moduli I/O sono collegati ai moduli di interfaccia CAN tramite un bus digitale seriale, il CTBus. Il controller VMP8000 svolge le seguenti funzioni principali:

- Monitoraggio e supervisione complessiva delle operazioni.
- Sincronizzazione del generatore sulla rete durante la sequenza di connessione allo scopo di limitare la corrente di spunto;
- Funzionamento della turbina durante varie situazioni di errore;
- Imbardata automatica della navicella;
- Controllo di passo delle pale;
- Controllo della capacità di reazione e variazione di velocità;
- Controllo delle emissioni sonore;
- Monitoraggio delle condizioni ambientali;
- Monitoraggio della rete;
- Monitoraggio del sistema di detenzione dei fumi.

Il software di controllo della turbina è il programma Phoenix, i cui compiti principali sono:

- controllo globale della turbina;
- supporto all'organizzazione del service nell'individuazione ed eliminazione dei guasti sulle turbine da locale (sul sito) e da remoto;
- fornire dati e comandi al sistema SCADA per il controllo e l'analisi dei dati operativi.



Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono costantemente monitorate e controllate da diverse unità a microprocessore. La turbina eolica è dotata di sistema SGRE SCADA il quale, attraverso un controllo remoto invia informazioni utili per la valutazione del funzionamento delle macchine tra cui dati elettrici e meccanici, stato di funzionamento e guasto, dati meteorologici e della stazione.

Oltre al sistema SGRE SCADA, la turbina eolica è caratterizzata da un sistema che controlla il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta l'effettivo spettro di vibrazione con una serie di spettri di riferimento stabiliti; revisionando poi i risultati si ottiene un'analisi dettagliata sullo stato degli aerogeneratori.

I dati trasmessi ai centri diagnostici, consentono la rilevazione precoce di anomalie e la prevenzione di potenziali guasti ottimizzando il piano di assistenza e anticipando le riparazioni prima che si verificano danni gravi.

1.7 Sistema frenante

L'aerogeneratore è equipaggiato con 2 sistemi indipendenti di frenata, attivati idraulicamente e interconnessi al fine di controllare la turbina in tutte le condizioni di funzionamento. Il sistema di arresto principale è costituito dal blocco totale delle pale, mentre quello secondario è un sistema di emergenza a disco attivato idraulicamente e montato sull'albero del sistema di riduzione. In particolare, l'azione congiunta del freno primario aerodinamico e del freno meccanico di emergenza (situato all'uscita dell'asse veloce del moltiplicatore) con sistema di controllo idraulico, permette una frenata controllata che evita danneggiamenti a causa di trasmissione di carichi eccessivi.

Il sistema di frenatura, dunque, è garantito dall'unità idraulica che mantiene una riserva permanente di energia immagazzinando fluido in pressione ed essendo così sempre disponibile indipendentemente dalla fornitura elettrica.

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 costituita da un plinto su pali ed 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.

Il plinto ed i pali di fondazione sono stati dimensionati in funzione:

- Delle caratteristiche tecniche del terreno derivanti dalle indagini geologiche e delle verifiche di stabilità dello stesso e delle strutture di fondazione, eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica;
- Dell'analisi dei carichi trasmessi dalla torre (forniti dal costruttore degli aerogeneratori), tenendo conto delle massime sollecitazioni che la struttura può trasmettere al terreno.

Le strutture sono dimensionate in conformità alla normativa tecnica vigente.



Figura 2: vista tridimensionale della fondazione dell'aerogeneratore

La giunzione tra torre e fondazione sarà realizzata mediante una flangia in acciaio a T bullonata. Si prevedono 12 pali in C25/30 di diametro pari a 1 m e lunghezza pari a 15 m. I plinti saranno in C30/37, di forma tronco-conica con diametro pari a circa 21.7 m.

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 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 di tipo Statale e 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.

Il sito interessato è localizzato a nord della SS 655 Bradanica; nello specifico, l'accesso all'area parco potrà avvenire attraverso i due sottopassi della SS655 disposti a ovest ed a est e mediante viabilità interpoderale.

Alcuni tratti di queste strade sterrate necessitano interventi di adeguamento della sede stradale, al fine di consentire il passaggio di trasporti eccezionali, tuttavia non saranno necessari movimenti terra significativi, per le condizioni generalmente discrete delle strade stesse.

2.2.2 Strade

La viabilità interna al parco eolico consisterà in una serie di strade e di piazzole che consentono di raggiungere agevolmente tutti i siti in cui verranno sistemati gli aerogeneratori. Tale viabilità di servizio sarà costituita da alcune strade interpoderali già esistenti e da nuovi tratti da realizzare ex novo.

La realizzazione di nuovi tratti stradali sarà contenuta e limitata ai brevi percorsi che vanno dalle strade esistenti all'area di installazione degli aerogeneratori, i percorsi stradali ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate di misto granulare stabilizzato, similmente alle carrarecce esistenti.

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.

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 degli allargamenti in corrispondenza delle viabilità caratterizzate da raggi di curvatura troppo stretti ad 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 4.5 m; nei tratti in curva la larghezza potrà essere aumentata, i raggi di curvatura dovranno essere ampi (almeno 70 m) e i raccordi pari

perlomeno a 40 m; saranno quindi necessari interventi di adeguamento di alcune viabilità presenti al fine di consentire il trasporto degli aerogeneratori.

Nello specifico, si prevedono un allargamento della strada nei pressi del sottopasso SS655 e altri due nei pressi dell'aerogeneratore VEN4. Inoltre, per quanto riguarda l'accesso agli aerogeneratori VEN1, VEN2, VEN4, VEN5 E MON6 è garantito dalla realizzazione di una nuova viabilità, contrariamente a quanto accade per la VEN3 dove si procede a adeguare la strada esistente.

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 riscontrano situazioni particolari, legate all'eventuale uso del territorio, l'allargamento avverrà indifferentemente in entrambe le direzioni.

Tutte le strade saranno in futuro solo utilizzate per la manutenzione degli aerogeneratori, e saranno realizzate seguendo l'andamento topografico esistente in loco, cercando di ridurre al minimo eventuali movimenti di terra.

Tabella 7

Tracciati stradali	Adeguamento (m)	Ex novo (m)	Misto stabiliz Ex novo (m)	Misto stabiliz Adeguamento (m)
SS655-VEN4	180	-	-	180
VEN4	-	112	112	-
VEN4-VEN5	78	-	-	78
VEN5	-	272	272	-
VEN3	790	-	-	790
VEN2	-	223	223	-
VEN1	-	263	555	-
MON6	-	384	384	-
Totali	1048	1254	1254	1048

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 1-2% al massimo) per favorire il deflusso delle acque e ridurre i movimenti terra. Le piazzole devono contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico e 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 piano 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 pari a circa 4250 mq per tutti gli aerogeneratori, 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 trami torre;
- area movimentazione mezzi;
- area stoccaggio delle pale di circa 1580 mq.

Tali spazi devono essere organizzati in posizioni reciproche tali da consentire lo svolgimento logico e cronologico delle varie fasi di lavorazione.

Saranno inoltre realizzate 2 piccole aree ausiliarie di dimensioni approssimative 7 x 18 m che ospiteranno due delle tre gru ausiliarie necessarie all'installazione del braccio della gru principale.

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. Nel caso di specie, la piazzola alla fine dei lavori sarà di soli 2101 mq, a fronte dei 4250mq in fase di realizzazione.

Le caratteristiche e la tipologia della sovrastruttura delle piazzole devono essere in grado di sostenere 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.

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 prossimità della strada di accesso all'aerogeneratore VEN5 sarà realizzata un'area di cantiere pari a circa 4532 mq 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, per lo scarico delle pale dai comuni convogli di trasporto e per consentire un più agevole attraversamento all'interno dell'area del parco fino al sito di installazione. In particolare, potrà essere usata come area di manovra per l'accesso all'aerogeneratore VEN3, considerato che non sono realizzabili adeguati raccordi di accesso diretto, se non in sovrapposizione ad uno di due fabbricati esistenti (anche se in cattivo stato di manutenzione).

Montate le torri e installate su ciascuna delle loro sommità la navicella con il rotore e le pale, si procederà a smantellare l'area di cantiere in quanto temporanea e strumentale alla esecuzione delle opere, ripristinando così lo status quo ante.

2.5 Dimensioni Complessive e Stima Movimenti terra di Strade e Piazzole

Le attività di scavo possono essere suddivise in diverse fasi:

- **scotico:** asportazione di uno strato superficiale del terreno vegetale, per una profondità fino a 30 cm, eseguito con mezzi meccanici; l'operazione verrà eseguita per rimuovere la bassa vegetazione spontanea e per preparare il terreno alle successive lavorazioni (scavi, formazione di sottofondi per opere di pavimentazione, ecc.). Il terreno di scotico normalmente possiede buone caratteristiche chimico-fisiche e potrà essere utilizzato per rinverdimenti e ripristini fondiari;
- **scavo di sbancamento/splateamento:** per la realizzazione della viabilità di progetto e delle piazzole di montaggio. Nel progetto proposto lo scavo di sbancamento ha profondità alquanto limitate.
- **scavo a sezione ristretta obbligata:** per la realizzazione dei cavidotti e delle fondazioni. In entrambe le lavorazioni la maggior parte dei terreni scavati verrà utilizzato per rinterrare i cavi. Si genererà una lieve eccedenza che verrà gestita in analogia a quanto previsto per il terreno proveniente dallo sbancamento (cfr Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti).

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
- Svincoli Temporanei
- Cavidotto MT

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 nelle varie fasi di lavoro è riportato nelle tabelle seguenti:



Tabella 8 - Movimento materie per la realizzazione delle opere civili

Tratto	FONDAZIONI			FASE DI CANTIERE			PASSAGGIO ALLA FASE DI ESERCIZIO			VOLUMI MISTO	
	Scavo Fondazione Plinti (m³)	Rinterro Fondazione Plinti (m³)	Esubero terreno da fondazione (m³)	Scavo (m³)	Riporto (m³)	Esubero terreno da viabilità e piazzole (m³) - FASE 1	Scavo (m³)	Riporto (m³)	Terreno stoccato a bordo piazzola al termine dei ripristini (m³)	Misto Piazzole e definitive (m³)	Misto Viabilità (m³)
VEN1	14080	10630	3450	17429	3385	14044	1512	9730	5825	1050	460
VEN2				11508	3509	7998	1940	7809	2129	1050	368
VEN3				7250	10645	-3395	1267	5554	-7682	1050	1103
VEN4				5871	59	5812	890	3811	2890	1050	178
VEN5 + Area cantiere				13031	772	12260	1198	9905	3552	1050	400
MON6				6794	5897	897	1447	4044	-1700	1050	590
Allargamenti Viabilità	\	\		816	4	812	11	358	466	\	\
Totali			3450			38428			5482	6300	3099

Tabella 9 - Interventi sulla viabilità

viabilità	(m)
viabilità da adeguare	1048
viabilità ex novo	1254
Totale	2302

Tabella 10 - Movimento materia per la realizzazione dei cavidotti

ID_Circuiti	ID_Tracciati cavidotti	Lunghezze (m)	Larg. Scavo	Profondità	Scavo (m³)	Rinterro (m³)
Circuito 1	VEN4-Incrocio VEN5	1112	0.6	1.2	801	367
	VEN5-Incrocio VEN3	1218	0.6	1.2	877	402
	VEN3-Incrocio VEN2	1645	0.6	1.2	1184	543
Circuito 2	VEN2-Strada	275	0.6	1.2	198	91
	VEN1-Strada	318	0.6	1.2	229	105
Circuito 1+2	Incrocio VEN2-MON6-SET	4039	0.6	1.2	2908	1333
			0.6			



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

Il comune di Montemilone ospiterà l'ultimo tratto del cavidotto di trasporto dell'energia oltre alla Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) per la connessione dell'impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN), da realizzare in adiacenza ad una cabina primaria Terna, non ancora esistente.

Il futuro impianto eolico sarà collegato alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante la realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) MT/AT.

La nuova Stazione Elettrica si rende necessaria per consentire l'immissione nella Rete Elettrica Nazionale di proprietà di Terna SpA dell'energia prodotta dai nuovi impianti di produzione da fonti rinnovabili. Al momento di redazione del presente documento non sono disponibili informazioni dettagliate sulle modalità di connessione. Nel presente progetto si prevede che il collegamento tra la stazione utente e la stazione Terna avvenga mediante raccordo aereo della lunghezza di circa 30 m, non configurabile come elettrodotto.

In analogia con altri progetti, la nuova stazione sarà dotata di interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni, bobine ad onde convogliate per la trasmissione dei segnali.



Figura 3 – Planimetria della stazione elettrica utente

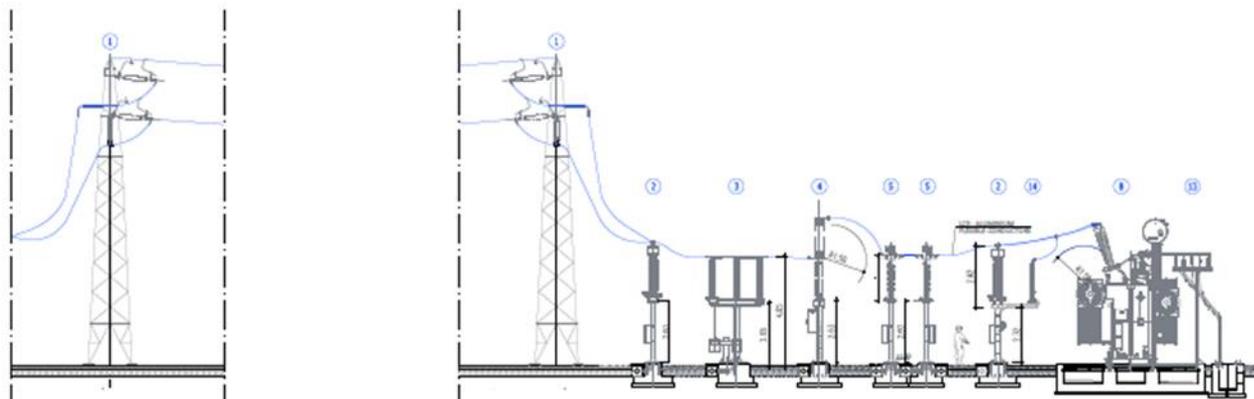


Figura 4 - Schema di collegamento tra stazione elettrica di trasformazione e stazione RTN Terna

3.1 Cavidotti, rete elettrica e sottostazione

In base alla soluzione di connessione (soluzione tecnica minima generale STMG), il futuro impianto eolico sarà collegato in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN a 150 kV, mediante la realizzazione di una sottostazione utente di trasformazione dedicata che ospiterà il nuovo stallo produttore AT, da realizzare nel territorio comunale di Montemilone (PZ).

La nuova Stazione Elettrica si rende necessaria per consentire l'immissione nella Rete Elettrica Nazionale di proprietà di Terna SpA dell'energia prodotta dai nuovi impianti di produzione da fonti rinnovabili.

Allo stato si prevede che il collegamento tra la stazione utente e la stazione Terna avvenga mediante raccordo aereo della lunghezza di circa 30 m, non configurabile come elettrodotto.

In analogia con altri progetti, la nuova stazione sarà dotata di interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni, bobine ad onde convogliate per la trasmissione dei segnali.

Le opere relative alla rete elettrica interna al parco eolico, oggetto del presente lavoro, possono essere schematicamente suddivise in due sezioni:

- opere elettriche di trasformazione e di collegamento fra aerogeneratori;
- opere di collegamento alla rete del Gestore Nazionale.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore è trasformata da bassa a media tensione per mezzo del trasformatore installato a bordo della navicella e quindi trasferita al quadro MT posto alla base della torre, all'interno della struttura di sostegno tubolare.

In generale, i principali componenti dell'impianto risultano essere, quindi:

- i generatori eolici;
- le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro e, successivamente, con la Sottostazione Elettrica (SSE);
- una Sottostazione Elettrica (SSE) per l'innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV con tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto alla Rete Nazionale.

L'impianto elettrico di connessione alla RTN del parco eolico in oggetto si sviluppa secondo 2 circuiti (sottocampi) come di seguito specificato:

- Sottocampo 1: $5.6 \times 3 = 16.8$ MW (VEN4-VEN5-VEN3)
- Sottocampo 2: $5.6 \times 3 = 16.8$ MW (VEN2-VEN1-MON6)

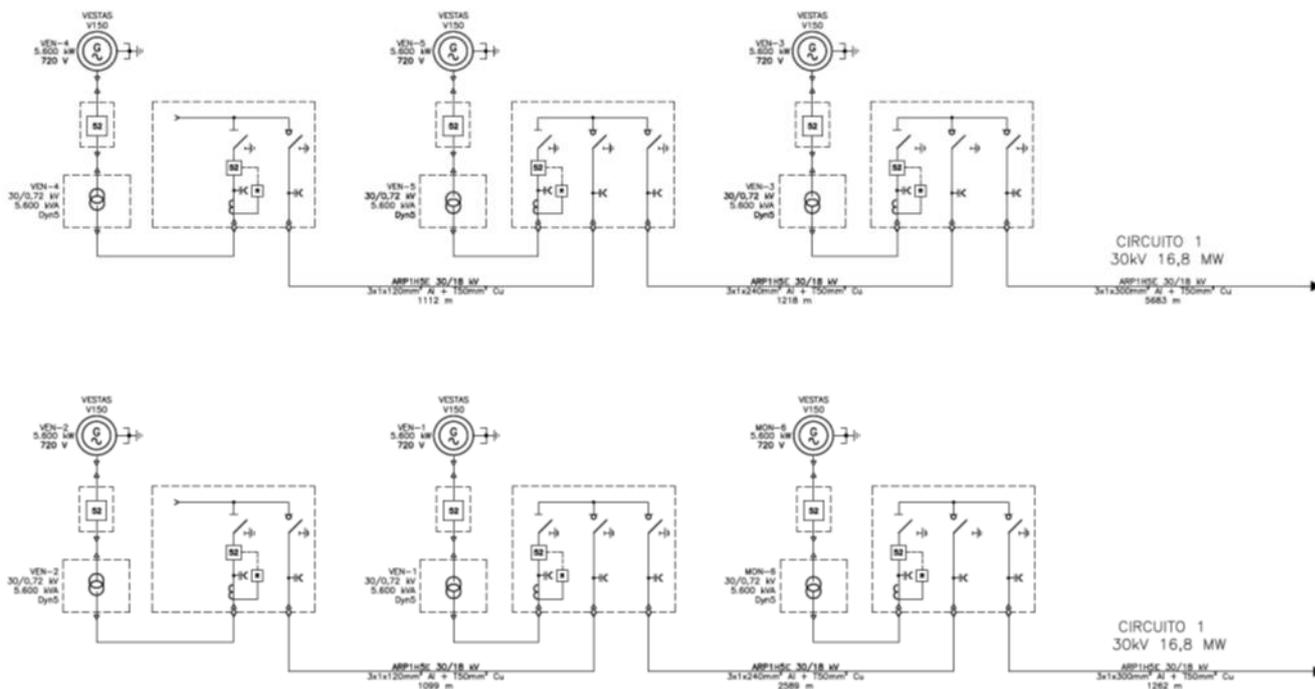


Figura 5- schema a blocchi parco eolico (circuiti 1 e 2)

Per ulteriori specifiche relative a cavidotti, rete elettrica e sottostazione si rimanda alla relazione A.12 Relazione Tecnica specialistica sull'impianto elettromagnetico.

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 del suolo" sarà minore rispetto alla fase di cantiere, in quanto molte delle aree impegnate durante il montaggio degli aerogeneratori verranno ripristinate al loro stato originario o utilizzate per interventi di mitigazione, compensazione e/o riequilibrio ambientale e paesaggistico.

Si prevede, inoltre, la riduzione delle piazzole a servizio degli aerogeneratori ed il ripristino di tutti gli allargamenti temporanei, nonché delle aree di cantiere.

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

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 vegetazione erbacea e arbustiva lungo la viabilità e le piazzole produce notevoli benefici sia dal punto di vista visivo che dal punto di vista ecologico per animali di piccola taglia, in qualità di aree rifugio o corridoi di spostamento.

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 sementi autoctone e materiali naturali.

Le aree che saranno ripristinate allo stato originario e/o rinverdate, 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;
- Area di cantiere.

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 sono previste in generale pendenze contenute, in modo da poter intervenire quasi esclusivamente con riporti di terreno vegetale e, quindi, consentire un efficace ripristino

5 Dimensionamento dell'impianto

5.1 Regime di vento del sito e disposizione ed orientamento degli aerogeneratori

È possibile giungere ad una valutazione utile della risorsa eolica grazie anche a calcoli e confronti con dati di stazioni anemometriche ritenute storiche perché con un periodo di rilevazione di 10 anni e oltre. La caratterizzazione anemologica dell'area di interesse è stata effettuata da società specializzata che dispone di oltre 30 serie di dati anemometrici misurati a terra su duecento complessivamente pertinenti l'anemologia lucana. Tali dati sono stati utilizzati per qualificare, col rigore necessario, la risorsa eolica nella regione in generale e nel sito di interesse in particolare.

Tale base si consolida ulteriormente grazie ad alcune misure, tuttora attive, che da circa vent'anni, senza soluzione di continuità e costantemente mantenute ed aggiornate, consentono di soddisfare i requisiti temporali richiesti dalla vigente normativa regionale e, soprattutto, permettono di validare la ventosità di lungo periodo con dati sperimentali di consistenza e qualità ineguagliabile a fini statistici.

Nel caso specifico si è potuto infatti disporre dei dati di una stazione di misura che soddisfa i requisiti temporali richiesti dalla normativa regionale e, per verifica, di quelli relativi ad una stazione storica più prossima all'area di interesse. (cfr. elaborato A.5 – Studio anemologico).

5.2 Previsione di produzione di energia

La stima energetica del parco in progetto è stata ottenuta a partire dal campo di velocità sulle posizioni delle turbine, considerando la curva di potenza caratteristica della macchina considerata. I valori di **produzione lorda** attesa tenendo conto delle sole perdite dovute alla scia degli aerogeneratori è pari a **84.667 MWh/anno**; ad essi vanno sottratte le perdite di impianto in modo da ottenere una **producibilità netta dell'impianto** pari a **75.759 MWh/anno**, corrispondente a circa **2255 ore** equivalenti nette di operatività alla massima potenza.

Tabella 11- Produzione stimata per il parco in progetto.

Producibilità netta P _{50%}						
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° AG	H mozzo (m)	Potenza impianto [MW]	Producibilità [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
Vestas V150-5.6 MW	5.6	6	125	33.6	75,759	2255

I risultati del monitoraggio riportano che la velocità media del vento a 25 m dal suolo è superiore a 4 m/s, sia nei punti delle stazioni utilizzate nella valutazione, sia nella relativa elaborazione complessiva di tale dato, considerando tutti i punti che compongono l'impianto eolico.

Gli aerogeneratori sono stati quindi disposti in modo da massimizzare la produzione elettrica del parco e ridurre gli effetti aerodinamici; inoltre, considerando gli specifici requisiti imposti dal Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale della Basilicata (PIEAR), la disposizione sul territorio è tale che la distanza minima tra gli aerogeneratori, misurata a partire dall'estremità delle pale disposte orizzontalmente, è almeno pari a tre volte il diametro del rotore. La figura di seguito

mostra (con cerchi rossi) la distanza di 4D, pari a 600 m (150 m*4), a partire dall'estremità delle pale disposte orizzontalmente di ciascuna turbina, rappresentate dai cerchi di color rosso. È evidente che detti cerchi non intersecano l'asse degli aerogeneratori, ovvero la distanza di 4D così definita è ampiamente rispettata

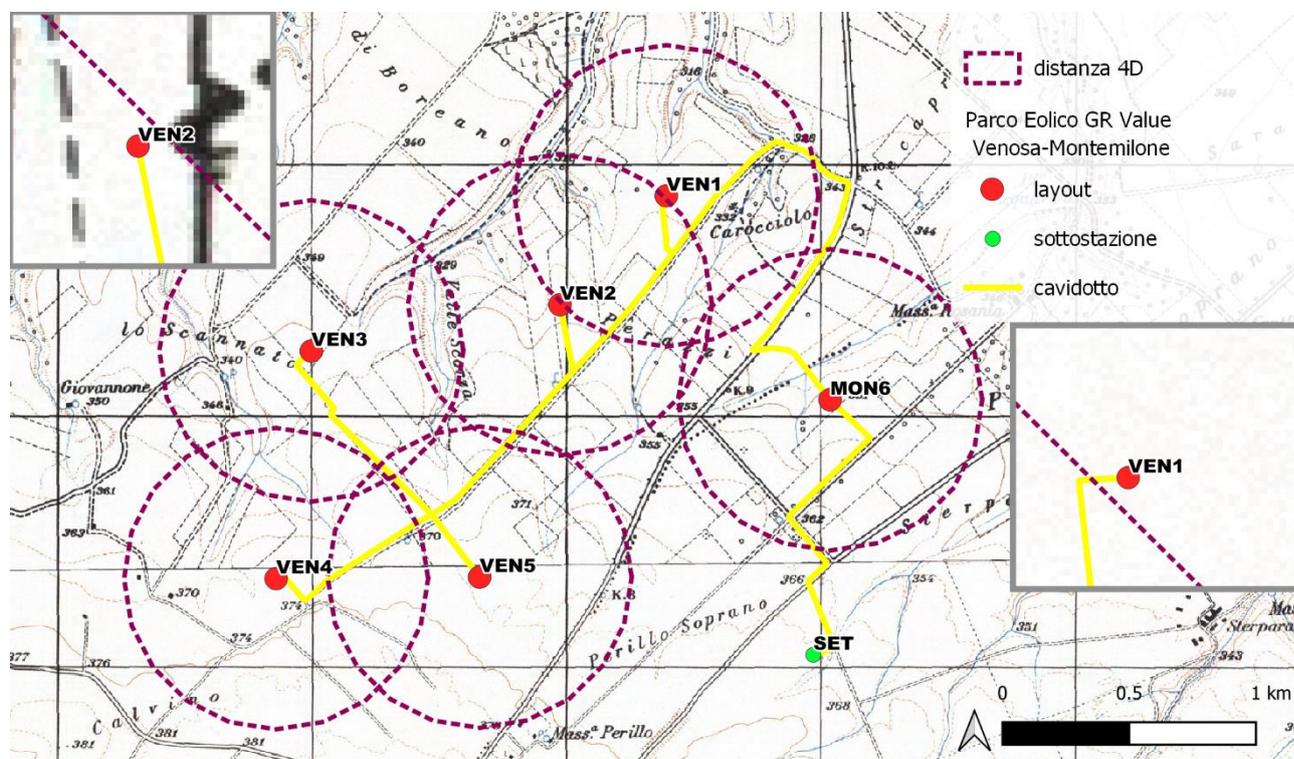


Figura 6 – Verifica 4D

L' Appendice A del PIEAR al punto 1.2.1.3 definisce i requisiti tecnici minimi per gli impianti eolici di grande generazione, che devono soddisfare i vincoli tecnici minimi:

1. Velocità media annua del vento a 25 m dal suolo non inferiore a 4 m/s;
2. Ore equivalenti di funzionamento dell'aerogeneratore non inferiori a 2000 ore;
3. Densità volumetrica di energia annua unitaria non inferiore a 0.15 kWh/(anno·m³), (così come modificato dalla LR. 4/2014) come riportato nella formula seguente.

$$Ev = \frac{E}{18D^2H} \geq 0,15$$

Dove:

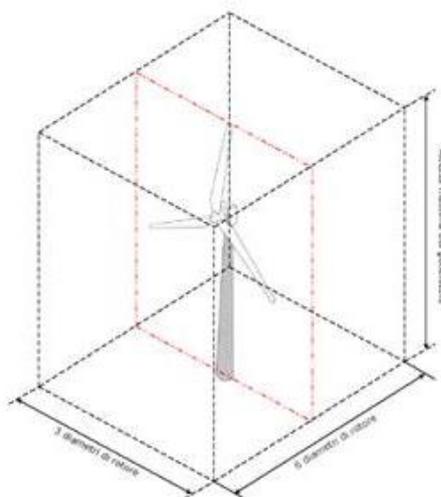
- E = energia prodotta dalla turbina (espressa in kWh/anno); D = diametro del rotore (espresso in metri);
- H = altezza totale dell'aerogeneratore (espressa in metri), somma del raggio del rotore e dell'altezza da terra del mozzo;
- d) Numero massimo di aerogeneratori: 30 (10 nelle aree di valore naturalistico, paesaggistico ed ambientale) (...).

Ai fini della valutazione delle ore equivalenti, di cui al punto b, e della densità volumetrica, di cui al punto c, valgono le seguenti definizioni:

Ore equivalenti di funzionamento di un aerogeneratore: rapporto fra la produzione annua di energia elettrica dell'aerogeneratore espressa in megawattora (MWh) (basata sui dati forniti dalla campagna di misure anemometriche) e la potenza nominale dell'aerogeneratore espressa in megawatt (MW).

Densità volumetrica di energia annua unitaria (Ev): rapporto fra la stima della produzione annua di energia elettrica dell'aerogeneratore espressa in chilowattora anno, e il volume del campo visivo occupato dall'aerogeneratore espresso in metri cubi e pari al volume del parallelepipedo di lati $3D$, $6D$ e H , dove D è il diametro del rotore e H è l'altezza complessiva della macchina (altezza del mozzo + lunghezza della pala);

La densità volumetrica di energia annua unitaria è un parametro di prestazione dell'impianto che permette di avere una misura dell'impatto visivo di due diversi aerogeneratori a parità di energia prodotta. Infatti, avere elevati valori di E_v significa produrre maggiore energia a parità di impatto visivo dell'impianto.



Tutti i punti sono soddisfatti come illustrato nella tabella di seguito, in cui si riportano i risultati delle attività di verifica dei requisiti minimi richiesti dalla Regione Basilicata (Rispetto di quanto richiesto dal punto 1.2.1.3 del PIEAR).

L'impianto in progetto soddisfa dunque tutti i requisiti tecnici minimi richiesti dal PIEAR della Regione Basilicata.

L' Appendice A del PIEAR al punto 1.2.1.5 definisce inoltre requisiti anemologici per gli impianti eolici di grande generazione. Per essi, la campagna di misura della velocità del vento deve avere determinate caratteristiche, facilmente verificabili, per il caso in esame:

Tabella 12

Identificativo della Norma	Requisito tecnico	Valore soglia	Valore di verifica	Esito
a.	Velocità media annua a 25 m dal suolo	≥4 m/s	4.36 m/s	Positivo
b.	Ore equivalenti di funzionamento (MWh/MW) considerando: Potenza impianto 33.6 MW Energia prodotta 84,667 MWh/anno	≥2000 h/anno	2520 h/anno	Positivo
c.	Densità volumetrica di energia annua unitaria (kWh/(anno·m ³)) considerando: Energia prodotta 14,111 MWh/anno H mozzo 125 m D rotore 150 m	≥0.15	≥0.15 per ogni aerogeneratore	Positivo
d.	Numero di aerogeneratori	≤ 30 (0 10)	6	Positivo

5.3 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).

Gli aerogeneratori del campo saranno suddivisi in 2 sottocircuiti che convogliano verso la sottostazione.

La rete avrà una lunghezza complessiva di circa 13 km, si riporta nella tabella seguente il calcolo delle perdite di tensione nei cavi elettrici.

Tabella 13: perdite di tensione nei cavi

Circuito	Tratto	Potenza MW	Corrente A	Sezione cavo mmq	Lunghezza m	Caduta di tensione V	Caduta di tensione %	Caduta di tensione complessiva %
1	VEN4-VEN5	5.6	107.77	120	1112	39.65	0.13%	0.13%
	VEN5-VEN3	11.2	215.54	240	1218	43.93	0.15%	0.28%
	VEN3-SET	16.8	323.32	300	5683	248.23	0.83%	1.11%
2	VEN2-VEN1	5.6	107.77	120	1099	39.18	0.13%	0.13%
	VEN1-MON6	11.2	215.54	240	2589	93.37	0.31%	0.44%
	MON6-SET	16.8	323.32	300	1262	55.12	0.18%	0.63%

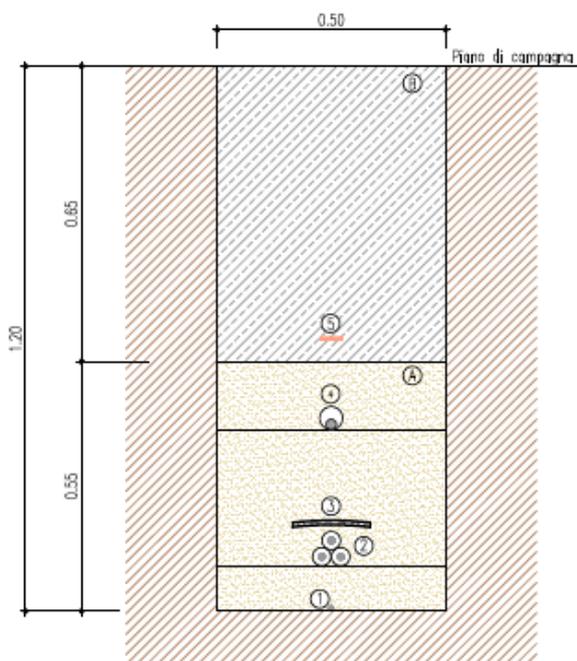
I cavi verranno posati ad una profondità non inferiore a 120 cm, con un tegolo di protezione in prossimità dei giunti (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza di 50 cm.

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.

Le figure seguenti riportano alcune sezioni tipo del cavidotto

SEZIONE TIPO 1A - SU TERRENO IN FREGIO ALLA VIANILITA'



LEGENDA		
(A) Sabbia ϕ 0-3 mm	(F) Stabilizzato ϕ 0-25 mm	(3) Tegolino di protezione
(B) Rientro con terreno proveniente dagli scavi	(G) Conglomerato bituminoso - Strato di base	(4) Fibra ottica in tubazione ϕ 50
(C) Terreno vegetale	(H) Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Bynder)	(5) Nastro monitor
(D) Conglomerato cementizio C 15/25	(1) Cavo di terra	(6) Cavidotto in PEAD SN 8 ϕ 150
(E) Pietrisco ϕ 70-120 mm	(2) Cavi MT	

SEZIONE TIPO 2A - SU TERRENO IN FRENDO ALLA VIABILITA'

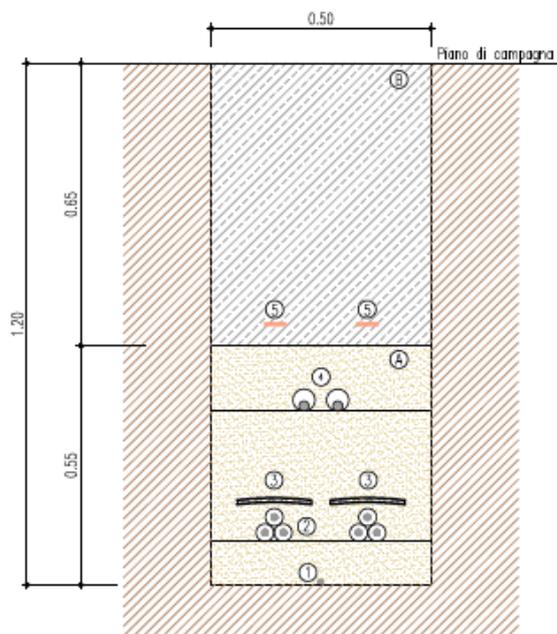


Figura 7: sezioni tipo 1A e 2A cavidotto

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 di "Tre mani" consistono in:

- gli 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 _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
R1	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

⁽¹⁾ 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

⁽²⁾ 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:

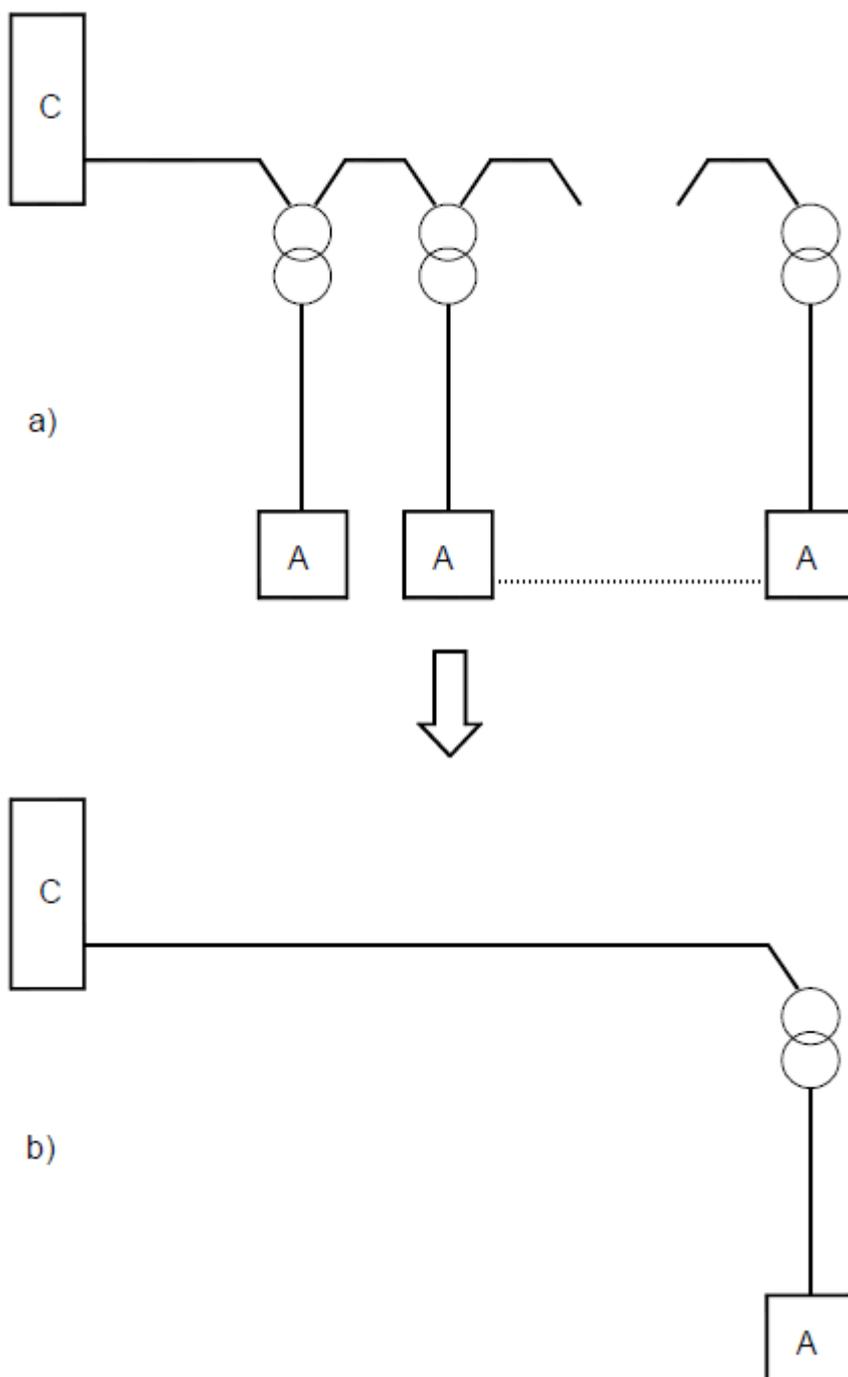
- N_D = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura
- N_L = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta di una linea
- N_{Dj} = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura adiacente
- P_A = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sulla struttura)
- P_B = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sulla struttura) P_U = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sul servizio connesso)
- P_V = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sul servizio connesso)
- L_T = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso
- L_F = percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causato da un evento pericoloso
- r_t = fattore di riduzione dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione
- r_p = fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio
- r_f = fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio
- h_z = fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari n_z = numero delle persone nella zona
- n_t = numero di persone nella struttura
- t_z = 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 $U_m = 6 \text{ kV}$, 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 $1 < R_s < 5 \text{ } \Omega/\text{km}$;
- coefficienti di installazione CI delle linee sopra dette, riportati in tabella A.2 (Norma CEI 81-10), sono riferiti a $\rho = 400 \text{ } \Omega\text{m}$.

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):

- $N_g = 1.80 \text{ fulmini/anno/km}^2$ – area parco eolico;
- $N_g = 2.00 \text{ fulmini/anno/km}^2$ – 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.

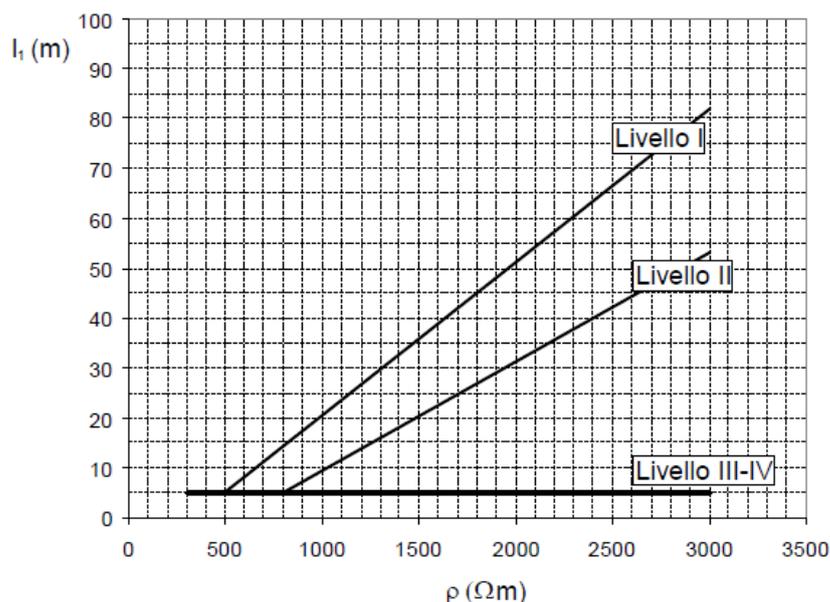
6.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini

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 l_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 $l_1 = 5 \text{ m}$.

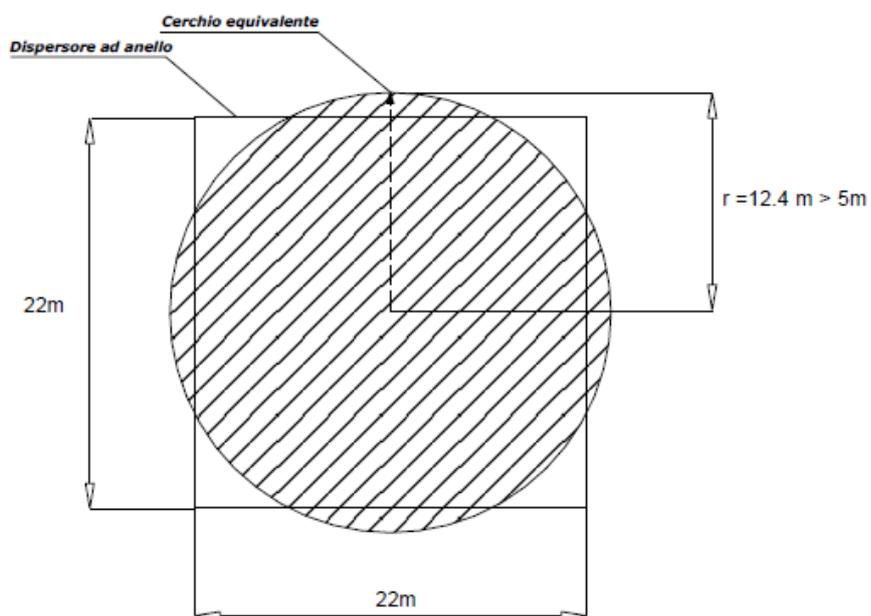


Lunghezza minima degli elementi del dispersore in funzione dei livelli di protezione (il III e IV sono indipendenti dalla resistività del suolo)

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