

# REGIONE PUGLIA

Città Metropolitana di Bari

## COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE



2	EMISSIONE PER AU (A SEGUITO DEL PTO)	16/11/23	SIGNORELLO A.	BELFIORE G.	ROTONONI M.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	25/11/22	BALUCE S.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	18/11/22	BALUCE S.	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.**



Sede legale in Piazzale dell'Industria, 40, 00144, Roma  
Partita I.V.A. 06977481008 - PEC: iberdrolarenovablesitalia@pec.it

Società di Progettazione:



*Ingegneria & Innovazione*

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**PARCO EOLICO "SANTERAMO"**

Progettista/Resp. Tecnico

**Dott. Ing. Cesare Furno**  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania  
n° 6130 sez. A

Elaborato:

DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI

Progettista Elettrico:

**Dott. Ing. Antonino Signorello**  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania  
n° 6105 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C 22011S05-PD-RT-13-02

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

**DEFINITIVO**

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



Documento informatico firmato digitalmente  
ai sensi dell'art. 24 D.Lgs. 82/2005 e ss.mm.ii

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. GENERALITA' .....	4
2.1. Oggetto dei lavori .....	4
2.2. Descrizione generale.....	4
3. COMPONENTI DELL'IMPIANTO .....	5
3.1. Scavi .....	5
3.2. Plinto di fondazione.....	5
3.3. Torre di sostegno .....	8
3.4. Navicella.....	9
3.5. Rotore .....	11
3.6. Sistema di controllo e sistema elettrico .....	15
3.7. Sistemi di sicurezza .....	16
3.8. Protezione da fulmini e sovratensioni, compatibilità elettromagnetica (EMC).....	16
4. DATI TECNICI TURBINE.....	17
5. SPECIFICA TECNICA CAVI MT DI COLLEGAMENTO .....	21
5.1. Messa a terra dello schermo dei cavi MT .....	24
5.2. Giunti e terminali per cavi MT .....	24
6. CABINA ELETTRICA .....	25
7. RETE DI TERRA .....	25
7.1. Rete di terra aerogeneratori .....	26
7.2. Rete di terra connessione aerogeneratori.....	26
7.3. Rete di terra cabina di consegna.....	26



**PARCO EOLICO "SANTERAMO"**  
DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI



16/11/2023

REV: 2

Pag.3

## 1. PREMESSA

Su incarico di IBERDROLA Renovables Italia S.p.A., la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato Parco Eolico "SANTERAMO", con potenza nominale installata pari a 70,4 MW, da realizzarsi nel territorio del Comune di Santeramo in Colle. Il numero totale di turbine eoliche che saranno installate è pari a 11 con una potenza nominale pari a 6,4 MW per ogni aerogeneratore.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Matera, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 33 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150 kV della RTN denominata "Matera".

L'incarico della progettazione definitiva e lo studio di impatto ambientale sono stati affidati alla Società Antex Group Srl per i suoi professionisti selezionati e qualificati che pongono a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

## 2. GENERALITA'

### 2.1. Oggetto dei lavori

Oggetto del presente documento è la descrizione, sulla base delle specifiche tecniche, di tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto. Il disciplinare contiene, inoltre, la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti previsti nel progetto.

### 2.2. Descrizione generale

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica. Un insieme di più aerogeneratori, dislocati in una determinata area e collegati tra loro tramite una rete di cavidotti, costituisce un parco eolico a sua volta collegato ad una Stazione Elettrica dove viene fatta confluire tutta l'energia prodotta per poi essere distribuita alla Rete Elettrica Nazionale.

L'energia eolica è una fonte rinnovabile, in quanto non richiede alcun tipo di combustibile, ma utilizza l'energia cinetica del vento non provocando emissioni dannose per l'uomo e per l'ambiente.

Gli aerogeneratori previsti in progetto sono costituiti da quattro elementi principali:

- Plinto di fondazione;
- Torre di sostegno;
- Navicella con organi meccanici di trasmissione;
- Rotore a tre pale.

La fondazione ancora la turbina, contribuendo a scaricare su di esso tutte le forze agenti su di esso. La torre sostiene la navicella e smorza le forze provocate dalla rotazione delle pale e dall'orientamento della navicella. La navicella contiene tutte le apparecchiature necessarie alla conversione dell'energia del vento (meccanica) in energia elettrica: l'albero lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico, il trasformatore BT/MT, il sistema di controllo e gli ausiliari.

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO "SANTERAMO"</b></p> <p align="center">DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI</p>	 <p align="center">Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		16/11/2023	REV: 2	Pag.5

### 3. COMPONENTI DELL'IMPIANTO

#### 3.1. Scavi

L'area interessata dalla realizzazione del parco eolico sarà oggetto di scavi per l'esecuzione delle opere di fondazione delle torri, dei manufatti a servizio dell'impianto, per la posa dei cavi elettrici e dei sottoservizi.

Gli scavi di fondazione delle torri saranno a sezione ampia, di forma parallelepipedica, con base quadrata avente lato di 27,00 m e con profondità di circa 4,50 m.

Gli scavi dei manufatti saranno a sezione ampia e di dimensioni ricavabili dalle tavole di progetto con profondità tale da raggiungere una quota che garantisca la sicurezza del manufatto stesso e da non interessare il terreno vegetale.

Gli scavi a sezione ristretta, necessari per la posa dei cavi, avranno profondità di 1,2 metri e larghezza variabile da 0,22 a 1,18 metri, come da progetto, in funzione delle terne presenti nello stesso scavo per i cavi di MT. Mentre per i cavi di AT gli scavi a sezione ristretta avranno una profondità di 1,60 metri ed una larghezza di 0,70 metri.

Gli scavi, effettuati con mezzi meccanici, saranno realizzati evitando scoscendimenti, franamenti, ed in modo tale che le acque rinvenienti dalla superficie non abbiano a riversarsi nei cavi. Ove necessario si adotteranno sbadacchiature ed opere provvisorie per il puntellamento delle pareti, costituite da tavole orizzontali di spessore minimo di 5 cm fissate in gruppi di 3-4 con traverse verticali e compresse mediante sbatocchi trasversali contro le pareti dello scavo.

I materiali rinvenienti dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno temporaneamente depositati in prossimità degli scavi stessi o in altri siti individuati nel cantiere.

Successivamente lo stesso materiale sarà riutilizzato per il riporto.

I materiali rinvenienti dagli scavi a sezione ampia, realizzati per l'esecuzione delle fondazioni, potranno essere utilizzati in parte per la realizzazione delle strade nell'ambito del cantiere, in parte trasportati a rifiuto in discarica autorizzata.

L'armatura sarà realizzata con tavole orizzontali aventi lunghezza minima di 4 m e spessore minimo di 5 cm. Le tavole verranno fissate in gruppi di 3-4 con traverse verticali e compresse mediante sbatocchi trasversali contro le pareti dello scavo.

#### 3.2. Plinto di fondazione

Nella progettazione delle opere di fondazione si deve assicurare che il piano di posa sia situato ben al di sotto della coltre del terreno vegetale e dallo strato interessato dal gelo e da significative variazioni di umidità stagionali; inoltre il piano di posa deve garantire il riparo da fenomeni di erosione superficiale delle opere di fondazione in oggetto. Si sottolinea che le strutture di fondazione in oggetto, non risultando in vicinanza di manufatti esistenti, non influenzeranno il comportamento di altri manufatti.

Il piano di posa sarà opportunamente regolarizzato con conglomerato cementizio magro.

Le azioni di progetto prese in considerazione sono:

- Azioni dovute al peso proprio;
- Azioni dovute ai carichi permanenti;

- Azione del vento;
- Azione termica;
- Azione sismica (ai sensi delle NTC 2018).

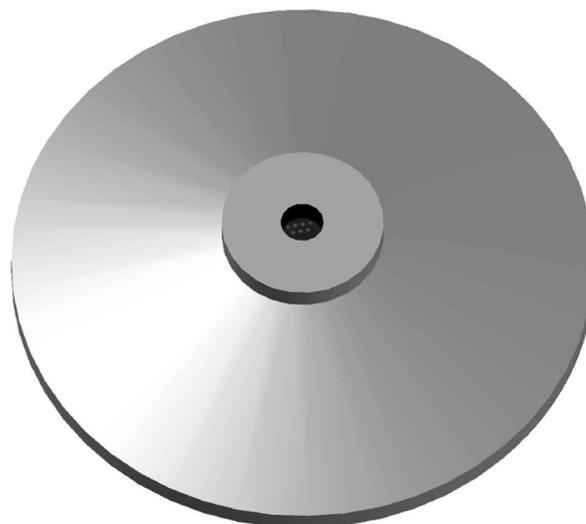
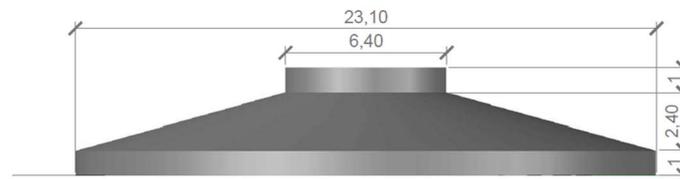
Ai fini della progettazione delle strutture di fondazione saranno tenute in conto le seguenti combinazioni, per avere i casi di verifica più severi.

- Peso proprio sul plinto + azioni permanenti della torre + azioni dovute al vento.
- Peso proprio sul plinto + azioni permanenti della torre + azioni dovute al vento + azione sismica.

Inoltre per le fondazioni delle torri verranno effettuate:

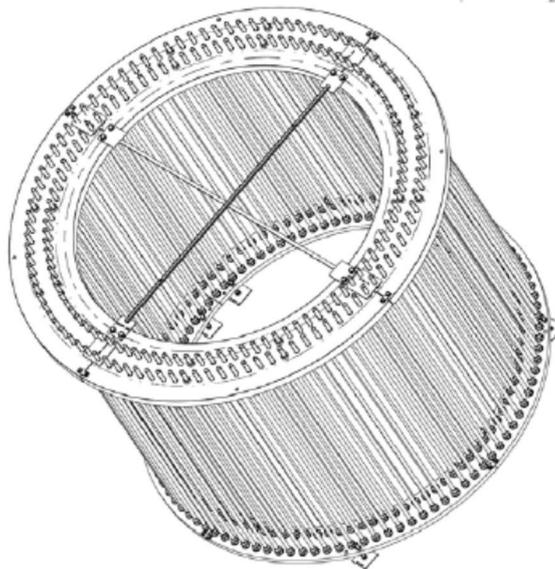
- la verifica di stabilità a ribaltamento, assicurando che il momento ribaltante sia minore del momento stabilizzante;
- la verifica di stabilità alla traslazione, assicurando che la risultante delle forze alla traslazione siano minori della risultante delle forze che si oppongono alla traslazione;
- la verifica della portanza del terreno di fondazione, assicurando che la portanza del terreno sia maggiore della tensione massima;
- verifica dei cedimenti assoluti e differenziali.

La fondazione di ciascun aerogeneratore sarà costituita da un plinto in calcestruzzo di cls armato di forma tronco-conica con diametro pari a 23,10 m ed altezza pari a 4,4 m (fig. 1)



**Figura 1** Fondazione Tipo

All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una flangia superiore di ripartizione dei carichi ed una flangia inferiore di ancoraggio (fig. 2). Entrambe le flange sono dotate di due serie concentriche fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza e, a quella superiore tramite un giunto bullonato, verrà unito il modulo tubolare di base della torre stessa.



**Figura 2** Sistema di ancoraggio della torre annegato nella fondazione

Le dimensioni del plinto scaturiscono da un pre-dimensionamento che dovrà essere opportunamente confermato in sede di progetto esecutivo.

I materiali da utilizzare saranno, salvo diverse prescrizioni del progetto esecutivo:

- Calcestruzzo C 20/25 per il magrone;
- Acciaio per armatura c.a. B450C;
- Calcestruzzo ad alta resistenza C 40/50 additivato per raggiungere una consistenza di grado S5 per il plinto;
- Calcestruzzo ad altissima resistenza C 45/55 additivato per raggiungere una consistenza di grado S4 per il colletto del concio di base;
- Malta cementizia con nanotecnologie ad alta resistenza del tipo Masterflow 9002 per l'inghisaggio della flangia superiore del sistema di ancoraggio di base.

Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra.

Il sito di ciascuna torre sarà oggetto di puntuali indagini finalizzate a determinare la successione stratigrafica, la natura degli strati e le caratteristiche geologiche-geotecniche di ciascuno strato, la presenza di fenomeni carsici e di eventuali sacche di materiale incoerente non compatibile con le sollecitazioni indotte dalle sovrastrutture e necessarie, quindi, di preventiva bonifica.

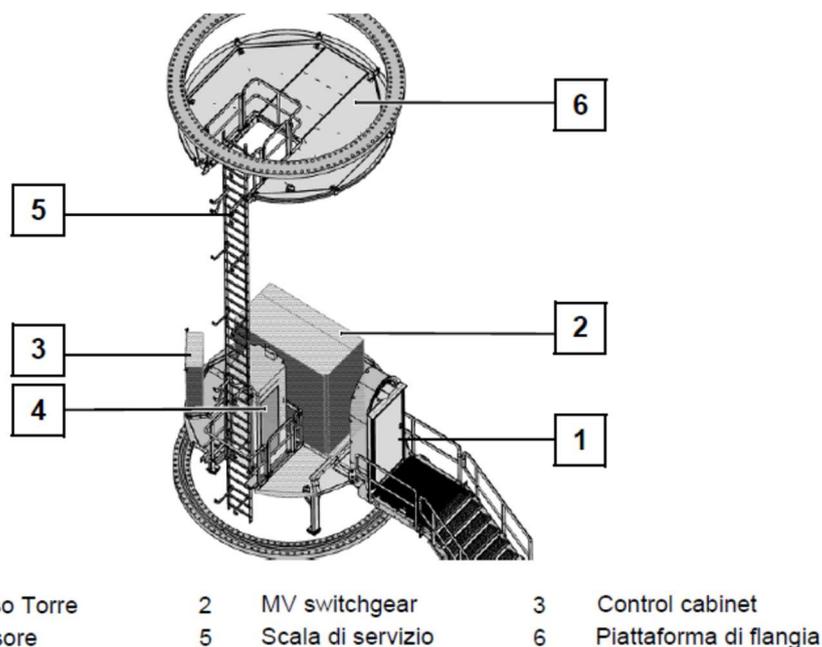
Per la progettazione si sono applicate le nuove N.T.C. di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modificazioni.

Per quanto attiene i materiali, in particolare la classe della miscela di calcestruzzo da utilizzare, oltre alle caratteristiche di resistenza meccanica necessarie per la sicurezza strutturale in relazione alle sollecitazioni agenti, dovranno considerarsi le caratteristiche dell'ambiente di posa in opera in relazione ai rischi di corrosione delle armature o di attacco chimico connesse, per soddisfare i requisiti di durabilità dell'opera.

### 3.3. Torre di sostegno

La torre di sostegno di tipo tubolare avrà una struttura in acciaio ed un'altezza complessiva fino all'asse del rotore pari a 115 m, con forma tronco-conica, e sarà costituita da cinque tronchi. Le diverse sezioni saranno ottimizzate per lunghezza, diametro e peso allo scopo di assicurare anche un peso adeguato al trasporto. Il collegamento tra le singole sezioni sarà realizzato in cantiere tramite flange bullonate fra loro. Il design dei tubi in acciaio è scelto in modo tale da permettere una combinazione modulare dei segmenti alle altezze al mozzo necessarie. Le sezioni di cui si compone la torre saranno realizzate in officina quindi trasportati e montati in cantiere. La protezione dalla corrosione necessaria è realizzata da un rivestimento a più strati da sistemi di verniciatura conformi alla specificazione di protezione dalla corrosione.

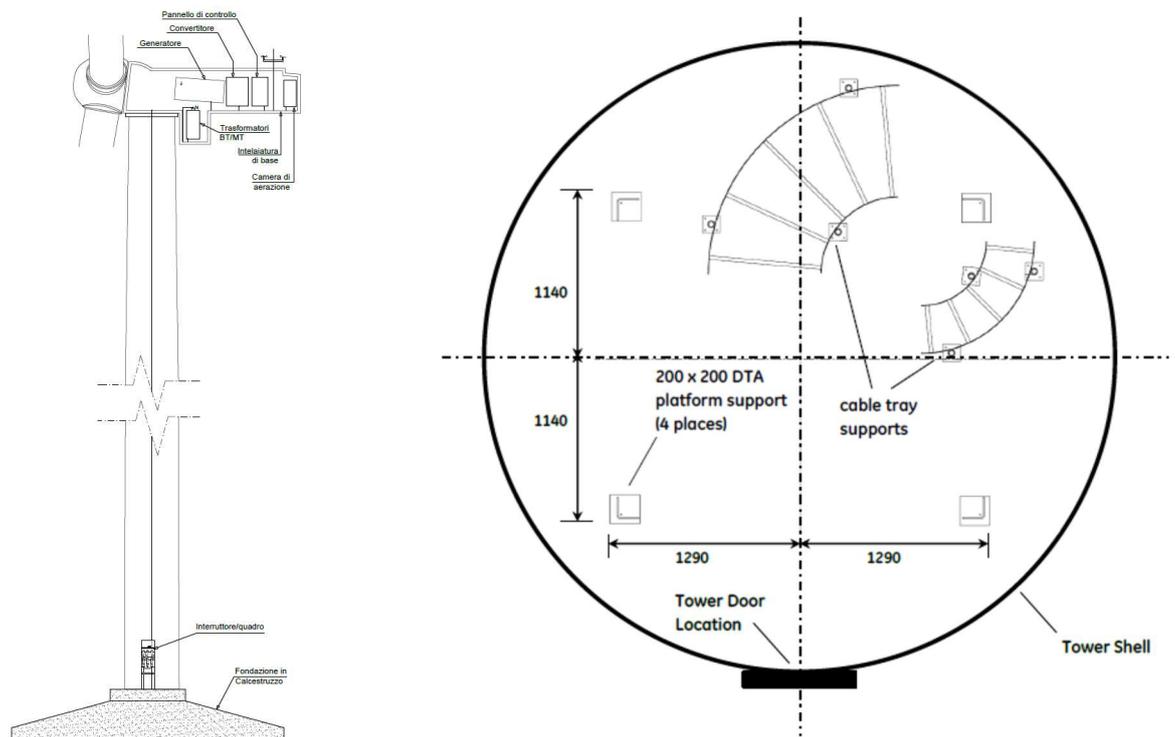
Le singole sezioni della torre saranno dotate di relative piattaforme di montaggio, sistemi di scale con elementi di sostegno, sistemi di illuminazione a norma e sistemi di illuminazione di emergenza. Dalla base si può raggiungere la navicella, posizionata sulla sommità della torre, attraverso una scala interna dotata di dispositivi anticaduta e/o ascensore di servizio.



**Figura 3** Particolare tipo del primo modulo della torre con apertura per l'accesso

Dalla base si può raggiungere la navicella, posizionata sulla sommità della torre, attraverso una scala interna dotata di

dispositivi anticaduta e/o ascensore di servizio. In corrispondenza di ogni tronco della torre, è prevista una piattaforma di sosta (piattaforma di flangia) che interrompe la salita; internamente l'illuminazione della torre viene garantita con continuità da un sistema di emergenza. Per evitare di raggiungere frequentemente la navicella attraverso la scala, i sistemi di controllo del convertitore (MV switchgear) e di comando (Contro Cabinet) dell'aerogeneratore sono posizionati su una piattaforma alla base della torre. Dalla navicella l'energia prodotta viene trasportata ai quadri a base torre attraverso cavi schermati che scendono in verticale all'interno di una passerella.



**Figura 4** *Disposizione tipo degli elementi interni di un aerogeneratore*

Tutti i segnali di controllo, infine vengono trasmessi alla navicella attraverso cavi a fibre ottiche. Per garantire la protezione alla corrosione, la torre sarà rivestita con un sistema di verniciatura multistrato in conformità alla norma EN ISO 12944; tutte le saldature saranno verificate a raggi X o con equivalenti sistemi ad ultrasuoni. La finitura esterna della struttura sarà di colore chiaro tipo RAL 9018 o 7035.

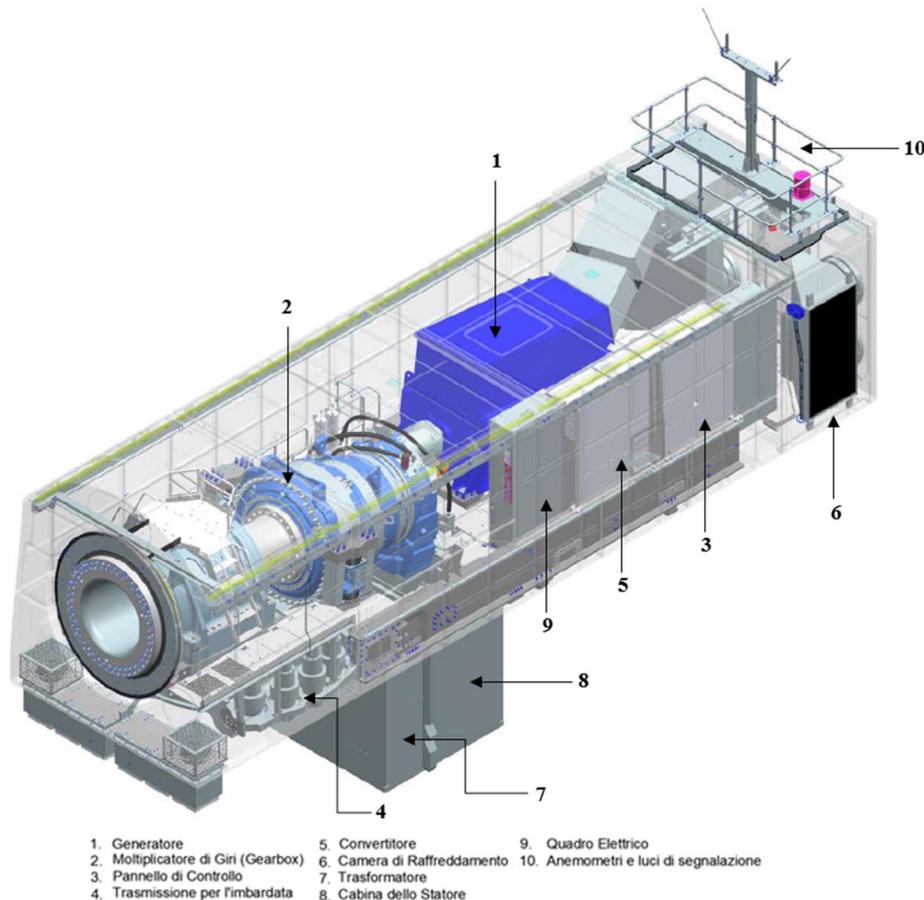
### 3.4. Navicella

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore, costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro in matrice epossidica), è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata. È costituita da una struttura portante in acciaio e rivestita da un guscio in materiale composito (fibra di vetro in matrice epossidica) al cui interno sono contenute le principali

apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla generazione di energia elettrica; in particolare si distinguono:

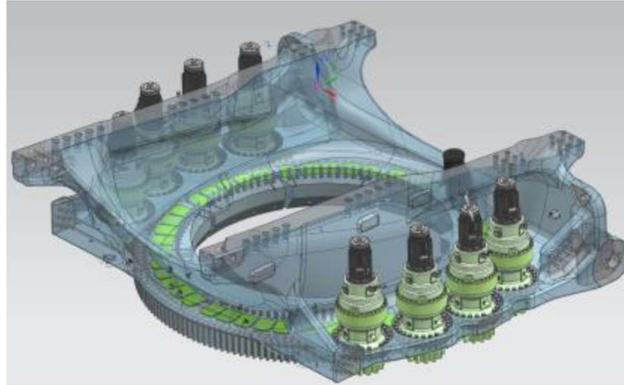
- Albero Lento;
- Moltiplicatore di giri;
- Albero Veloce;
- Generatore;
- Convertitore;
- Trasformatore MT/BT.

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. Il moltiplicatore di giri serve per trasformare la rotazione lenta delle pale in una rotazione più veloce dell'albero alla velocità tale da attivare l'alternatore che genera la corrente. Il generatore è del tipo asincrono trifase, a doppia alimentazione, tensione nominale ai morsetti pari a 690V e frequenza di 50/60 Hz; la potenza nominale massima è di 6.600 kW (massima produzione per il progetto in esame 6.400 kW).



**Figura 5 – Navicella e sua composizione interna**

All'interno della navicella trova posto il sistema di imbardata che garantisce l'allineamento del rotore alla direzione del vento. In tale sistema un sensore, la banderuola, indica lo scostamento dell'asse della direzione del vento e aziona un motore che riallinea la navicella; essa forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento. Ciò consente di ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo.

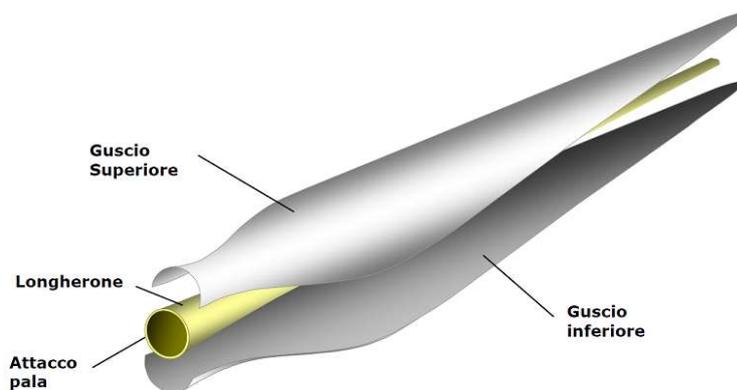


**Figura 6 – Sistema di imbardata**

Per l'assorbimento acustico l'intera navicella è rivestita di materiale fonoassorbente.

### 3.5. Rotore

Il rotore si trova all'estremità dell'albero ed è costituito da tre pale, realizzate in materiale composito formato da fibre di vetro in matrice epossidica e fibre di carbonio, e fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella; il mozzo del rotore, realizzato in ghisa sferoidale, è montato sull'albero con un attacco a flangia e le dimensioni sono sufficienti a garantire l'accesso ai tecnici durante le fasi di manutenzione. Il diametro del rotore, per le macchine in progetto, è pari a 170 m mentre le singole pale hanno una lunghezza di 83,50 m.



**Figura 7 – Particolare costruttivo della pala**

La pala del rotore viene testata staticamente e dinamicamente in conformità alle linee guida IEC 61400-23 e DNVGL-ST-0376(2015).

<b>Pale</b>	<b>SG170</b>
<b>Lunghezza pala</b>	83,50 m
<b>Corda massima</b>	4,5 m
<b>Corda al 90%</b>	1,209 m
<b>Materiale</b>	Fibre di vetro in matrice epossidica e fibre di carbonio
<b>Tipo di Struttura</b>	Struttura a guscio alare
<b>Connessione pale</b>	Attacchi filettati in acciaio

**Figura 8 – Dati delle pale**

La velocità di rotazione nominale prevista è pari a 8.8 rpm. Associato ad un sistema di regolazione del passo delle pale (pitch system), il rotore garantisce le migliori prestazioni possibili, infatti, si può adattare alla specifica della rete elettrica e, nello stesso tempo, ridurre le emissioni acustiche. Il sistema di regolazione del passo serve a regolare l'angolazione delle pale del rotore in funzione dati di input del sistema di controllo.

<b>Rotore</b>	<b>SG170</b>
<b>Diametro</b>	170 m
<b>Area Spazzata</b>	22.698 m <sup>2</sup>
<b>Velocità di Rotazione Nominale</b>	rpm 8.8
<b>Senso di Rotazione</b>	Orario
<b>Orientamento</b>	Sopravento
<b>Tilt</b>	6°
<b>Angolo del mozzo</b>	6°
<b>Numero pale</b>	3

**Figura 9 – Dati Rotore**

Le pale sono costruite con un profilo alare che ottimizza la produzione di energia in funzione della velocità variabile del vento. Per offrire il minore impatto possibile al paesaggio ed all'ambiente, le pale saranno verniciate con colore tipo RAL 7035 o 9018. Per le segnalazioni di sicurezza aerea e di visibilità, quando previsto, il Tip-End (le estremità delle stesse) delle pale potrà avere una colorazione RAL 2009 (traffic orange) o RAL 3020 (traffic red). È previsto un sistema parafulmine integrato che protegge le pale dalle scariche atmosferiche.

Considerando l'altezza della torre ed il diametro del rotore, in ogni caso, l'altezza totale massima dell'aerogeneratore (TIP) non supererà i 200,00 m circa. L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto (drive train) è il mozzo (hub).

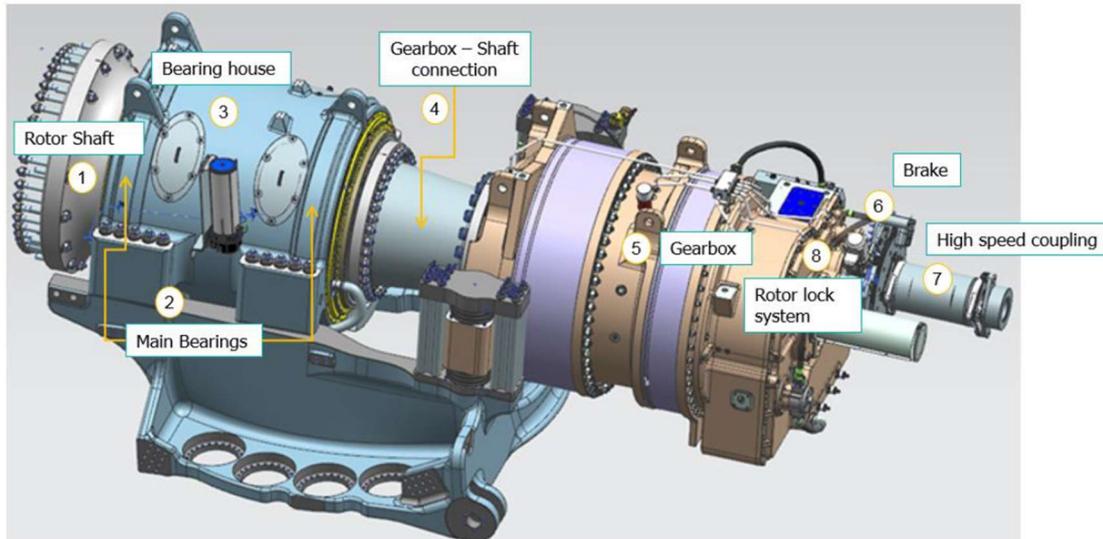


Figura 10 – Sistema di trasmissione del moto (Drive Train)

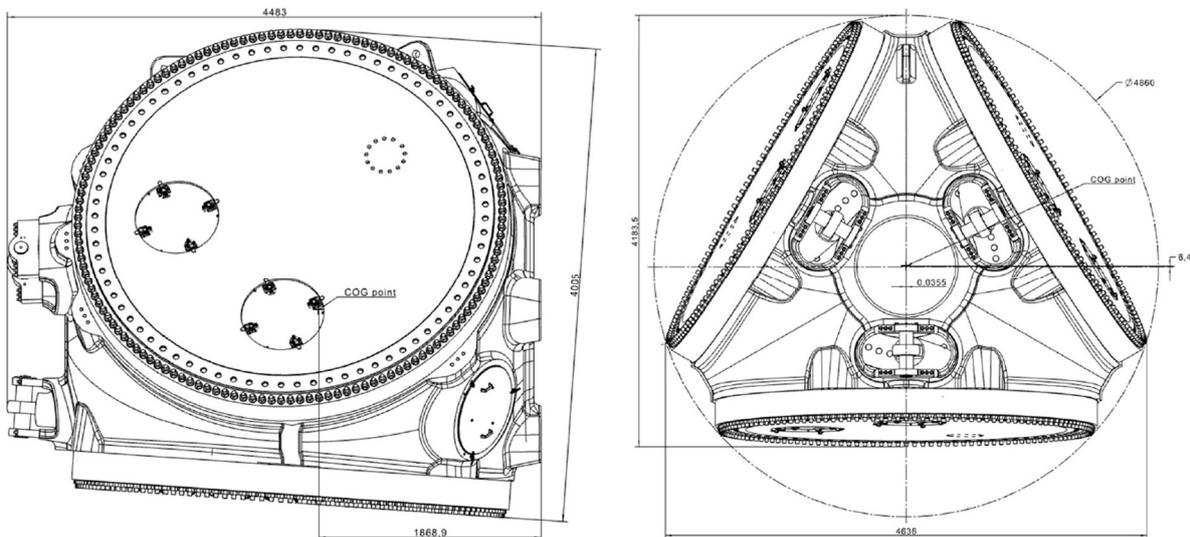
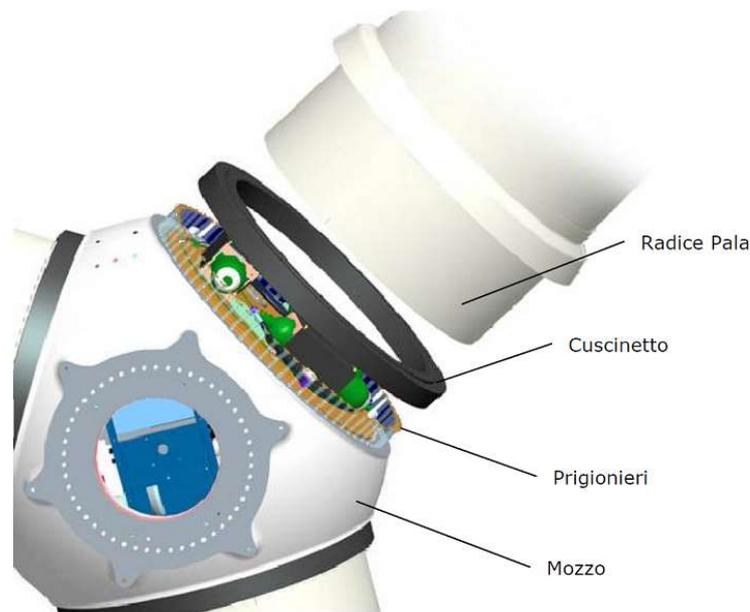


Figura 11 – Hub (mozzo) SG6.6 - 170

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.



**Figura 12** – Particolare del collegamento tra il mozzo e la pala

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 con una struttura in unica fusione 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. La costruzione sferoidale combina elevata resistenza meccanica e duttilità.

La turbina eolica funziona automaticamente. Si avvia automaticamente quando la coppia aerodinamica raggiunge un certo valore di vento e i sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico.

Al di sotto della velocità del vento nominale, il controller della turbina eolica opera con passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. A potenza nominale e ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante. Le raffiche di vento fanno accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente alla rete energia ad alto livello di compatibilità. Le pale sono collegate al mozzo mediante cuscinetti ed il passo è regolato autonomamente per ogni pala. Gli attuatori del passo, che ruotano con le pale, sono motori a corrente continua che agiscono sulla dentatura interna dei cuscinetti tramite un ingranaggio a bassa velocità. Per sincronizzare le regolazioni delle singole pale viene utilizzato un controller sincrono molto rapido e preciso. Per mantenere operativi gli attuatori del passo in caso di guasti alla rete o all'aerogeneratore ogni pala del rotore ha un proprio set di batterie che ruotano con la pala. Gli attuatori del passo, il carica batteria ed il sistema di controllo sono

posizionati nel mozzo in modo da essere completamente schermati e quindi protetti in modo ottimale contro gli agenti atmosferici o i fulmini.

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. In condizioni climatiche di bufera in cui la velocità media del vento supera il limite massimo di esercizio, l'aerogeneratore viene spento ed il sistema di controllo posiziona le pale del rotore nella configurazione a bandiera, ad incidenza aerodinamica nulla. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre. Quando la velocità media del vento torna al di sotto della velocità media del vento di riavvio, i sistemi si resettano automaticamente, facendo così ripartire la turbina eolica.

### 3.6. Sistema di controllo e sistema elettrico

Tutti i generatori eolici possiedono sistemi 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 dell'aerogeneratore 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. Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono costantemente monitorate e controllate da diverse unità a microprocessore. Ogni turbina eolica è dotata di sistema SGRE SCADA, il quale attraverso 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. I segnali originati dagli aerogeneratori vengono trasmessi attraverso sensori di cavi a fibre ottiche. I dati raccolti dalle macchine vengono registrati e analizzati attraverso un computer, collegato al sistema, da cui è possibile anche regolare i valori di velocità del rotore e del passo delle pale. Questo sistema garantisce quindi anche la supervisione dell'impianto elettrico e del meccanismo di regolazione del passo ubicato nel mozzo.

Restituisce tutte le informazioni relative alla velocità del rotore e del generatore, alla tensione di rete, alla frequenza, alla fase, alla pressione dell'olio, alle vibrazioni, alle temperature di funzionamento, allo stato dei freni, ai cavi e perfino alle condizioni meteorologiche. Le apparecchiature e i meccanismi più sensibili vengono monitorati continuamente e, in caso di emergenza, è possibile arrestarne il funzionamento attraverso un circuito cablato, anche senza l'uso di un computer e di un'alimentazione esterna. In questo modo possono essere attivate in tempo reale le operazioni di manutenzione e si può garantire la continuità di funzionamento dell'impianto.

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 verifichino danni gravi.

### 3.7. Sistemi di sicurezza

Le turbine sono dotate di attrezzature e accessori completi per la sicurezza personale e della turbina garantendone il funzionamento continuo. L'intera turbina è progettata in conformità alla Direttiva Macchine 2006/42/CE e certificata secondo la norma IEC 61400. Qualora venissero superati alcuni parametri relativi alla sicurezza del sistema, i sensori di sicurezza trasmettono i dati al sistema di controllo tramite un sistema bus per la loro valutazione. Da lì, il sistema viene fermato tramite attuatori e posto in sicurezza.

A seconda della causa dello spegnimento vengono attivati diversi programmi di frenatura. L'aerogeneratore in progetto è equipaggiato con due sistemi indipendenti di frenata (aerodinamico e meccanico) attivati idraulicamente e interconnessi al fine di controllare la turbina in tutte le condizioni di funzionamento. Il primo viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di sovravelocità del vento e per arrestare il rotore. Il secondo viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento. Ciascun sistema, indipendentemente dall'inserimento dell'altro, è in grado di fermare la macchina.

Altre opzioni di sicurezza sono utilizzate per disattivare in modo sicuro gli ingranaggi per lavori di manutenzione.

### 3.8. Protezione da fulmini e sovratensioni, compatibilità elettromagnetica (EMC)

La protezione contro i fulmini o le sovratensioni della turbina eolica si basa sul concetto di zona di protezione dai fulmini conforme all'EMC, che comprende l'implementazione di sistemi integrati di protezione dai fulmini in considerazione della norma IEC 61400-24.

La turbina eolica ricade nel livello di protezione I dai fulmini: tutti i componenti di protezione interna ed esterna sono progettati in conformità a questo livello di protezione.

La turbina eolica con le proprie apparecchiature elettriche, gli strumenti di misura e controllo, protezione, informazione e telecomunicazione soddisfa i requisiti EMC secondo IEC 61000-6-2 e IEC 61000-6-4.

#### 4. DATI TECNICI TURBINE

Di seguito sono riportate le tabelle con le principali caratteristiche tecniche dimensionali e di funzionamento della macchina in oggetto "SG6,6-170 in modalità AM-2":

##### Specifiche Tecniche

Rotor Configuration	Application mode	Rating [MW]	Noise [dB(A)]	Power Curve Document	Acoustic Emission Document	Electrical Performance			Max temperature With Max active power and electrical capabilities <sup>7</sup>
						Cos Phi	Voltage Range	Frequency range	
SG 6.6-170	AM 0	6.6	106.0	D2849164	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	20°C
SG 6.6-170	AM-1	6.5	106.0	D2861213	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	23°C
SG 6.6-170	AM-2	6.4	106.0	D2863704	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	25°C
SG 6.6-170	AM-3	6.3	106.0	D2863706	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	28°C
SG 6.6-170	AM-4	6.2	106.0	D2863708	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	30°C
SG 6.6-170	AM-5	6.1	106.0	D2863710	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	33°C
SG 6.6-170	AM-6	6.0	106.0	D2863712	D2844535	0.9	[0.95, 1.12] Un	±3% Fn	35°C

Rotor	
Type	3-bladed, horizontal axis
Position	Upwind
Diameter	170 m
Swept area	22,698 m <sup>2</sup>
Power regulation	Pitch & torque regulation with variable speed
Rotor tilt	6 degrees

Blade	
Type	Self-supporting
Blade length	83,5 m
Max chord	4.5 m
Aerodynamic profile	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO2813
Surface color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Aerodynamic Brake	
Type	Full span pitching
Activation	Active, hydraulic

Load-Supporting Parts	
Hub	Nodular cast iron
Main shaft	Nodular cast iron
Nacelle bed frame	Nodular cast iron

Mechanical Brake	
Type	Hydraulic disc brake
Position	Gearbox rear end

Nacelle Cover	
Type	Totally enclosed
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO2813
Color	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Generator	
Type	Asynchronous, DFIG

Grid Terminals (LV)		
Baseline power	nominal	6.6MW
Voltage	690 V	
Frequency	50 Hz or 60 Hz	

Yaw System	
Type	Active
Yaw bearing	Externally geared
Yaw drive	Electric gear motors
Yaw brake	Active friction brake

Controller	
Type	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA system	SGRE SCADA System

Tower	
Type	Tubular steel / Hybrid
Hub height	115m to 165 m and site-specific
Corrosion protection	
Surface gloss	Painted
Color	Semi-gloss, <30 / ISO-2813 Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018

Operational Data	
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	11.5 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed	25 m/s
Restart wind speed	22 m/s

Weight	
Modular approach	Different modules depending on restriction

**Specifiche elettriche**

**Nominal output and grid conditions**

Nominal power ..... 6600 kW  
 Nominal voltage ..... 690 V  
 Power factor correction..... Frequency converter control  
 Power factor range ..... 0.9 capacitive to 0.9 inductive at nominal balanced voltage

**Generator**

Type..... DFIG Asynchronous  
 Maximum power ..... 6750 kW @20°C ext. ambient

Nominal speed.....  
 1120 rpm-6p (50Hz)  
 1344 rpm-6p (60Hz)

**Generator Protection**

Insulation class..... Stator H/H  
 Rotor H/H  
 Winding temperatures..... 6 Pt 100 sensors  
 Bearing temperatures ..... 3 Pt 100  
 Slip Rings ..... 1 Pt 100  
 Grounding brush..... On side no coupling

**Generator Cooling**

Cooling system..... Air cooling  
 Internal ventilation ..... Air  
 Control parameter..... Winding, Air, Bearings temperatures

**Frequency Converter**

Operation..... 4Q B2B Partial Load  
 Switching ..... PWM  
 Switching freq., grid side... 2.5 kHz  
 Cooling ..... Liquid/Air

**Main Circuit Protection**

Short circuit protection ..... Circuit breaker  
 Surge arrester..... varistors

**Peak Power Levels**

10 min average..... Limited to nominal

**Grid Capabilities Specification**

Nominal grid frequency ..... 50 or 60 Hz  
 Minimum voltage ..... 85 % of nominal  
 Maximum voltage ..... 113 % of nominal  
 Minimum frequency ..... 92 % of nominal  
 Maximum frequency ..... 108 % of nominal  
 Maximum voltage imbalance (negative sequence of component voltage)..... ≤5 %  
 Max short circuit level at controller's grid  
 Terminals (690 V)..... 82 kA

**Power Consumption from Grid (approximately)**

At stand-by, No yawing ..... 10 kW  
 At stand-by, yawing ..... 50 kW

**Controller back-up**

UPS Controller system..... Online UPS, Li battery  
 Back-up time ..... 1 min  
 Back-up time Scada..... Depend on configuration

**Transformer Specification**

Transformer impedance requirement..... 8.5 % - 10.5%  
 Secondary voltage ..... 690 V  
 Vector group ..... Dyn 11 or Dyn 1 (star point earthed)

**Earthing Specification**

Earthing system ..... Acc. to IEC62305-3 ED 1.0:2010  
 Foundation reinforcement .. Must be connected to earth electrodes  
 Foundation terminals..... Acc. to SGRE Standard

HV connection..... HV cable shield shall be connected to earthing system

**Specifiche Tecniche Trasformatore**

**Transformer**

Type .....	Liquid filled
Max Current.....	7.11 kA + harmonics at nominal voltage $\pm 10\%$
Nominal voltage .....	30/0.69 kV
Frequency .....	50 Hz
Impedance voltage .....	9.5% $\pm 8.3\%$ at ref. 6.5 MVA
Loss ( $P_0 / P_{k75^\circ C}$ ) .....	4.77/84.24 kW
Vector group .....	Dyn11
Standard.....	IEC 60076 ECO Design Directive

**Transformer Cooling**

Cooling type.....	KFWF
Liquid inside transformer	K-class liquid
Cooling liquid at heat exchanger	Glycantin

**Transformer Monitoring**

Top oil temperature.....	PT100 sensor
Oil level monitoring sensor...	Digital input
Overpressure relay.....	Digital input

**Transformer Earthing**

Star point .....	The star point of the transformer is connected to earth
------------------	---

**Specifiche Tecniche Quadro**

Make	Ormazabal or Siemens
Type	8DJH, 8DJH 36/cgmcosmos cgm.3
Rated voltage	20-40,5(Um) kV
Operating voltage	20-40,5(Um) kV
Rated current	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Peak withstand current	50 kA
Power frequency withstand voltage	70 kV
Lightning withstand voltage	170 kV
Insulating medium	SF <sub>6</sub>
Switching medium	Vacuum
Consist of	2/3/4 panels
Grid cable feeder	Cable riser or line cubicle
Circuit breaker feeder	Circuit breaker
Degree of protection, vessel	IP65
Internal arc classification IAC:	A FL 20 kA 1s
Pressure relief	Downwards
Standard	IEC 62271
Temperature range	-25°C to +45°C

**Grid cable feeder (line cubicle)**

Rated current, Cubicle	630 A
Rated current, load breaker	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Short circuit making current	50 kA/1s
Three position switch	Closed, open, earthed
Switch mechanism	Spring operated
Control	Local
Voltage detection system	Capacitive

**Circuit breaker feeder**

Rated current, Cubicle	630 A
Rated current circuit breaker	630 A
Short time withstand current	20 kA/1s
Short circuit making current	50 kA/1s
Short circuit breaking current	20 kA/1s
Three position switch	Closed, open, earthed
Switch mechanism	Spring operated
Tripping mechanism	Stored energy
Control	Local
Coil for external trip	230V AC
Voltage detection system	Capacitive

**Protection**

Over-current relay	Self-powered
Functions	50/51 50N/51N
Power supply	Integrated CT supply

**Interface- MV Cables**

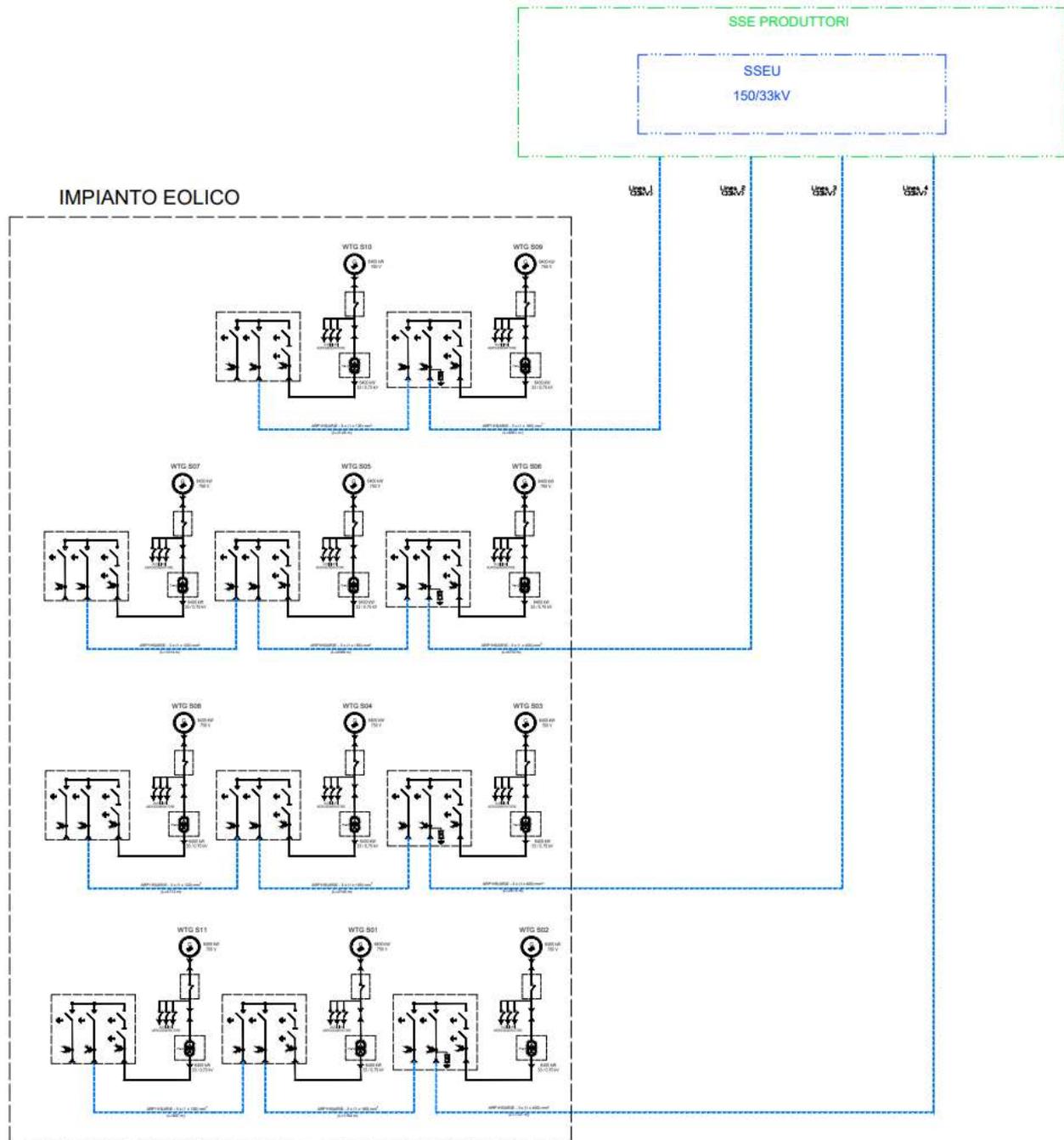
Grid cable feeder	630 A bushings type C M16
	Max 2 feeder cables
Cable entry	From bottom
Cable clamp size (cable outer diameter) **	26 - 38mm 36 - 52mm 50 - 75mm
Circuit breaker feeder	630 A bushings type C M16
Cable entry	From bottom

**Interface to turbine control**

Breaker status	
SF6 supervision	1 NO contact
External trip	1 NO contact

## 5. SPECIFICA TECNICA CAVI MT DI COLLEGAMENTO

I generatori eolici saranno connessi fra loro, mediante connessione di tipo "entra-esci" in cabina a singolo o multiplo quadro secondo lo schema elettrico unifilare di progetto; all' interno del parco eolico sarà pertanto realizzata una rete di cavi interrati a 33kV di sezione adeguata alla potenza di trasporto delle diverse linee elettriche secondo il seguente schema:



**Figura 13** Schema elettrico MT aerogeneratori di progetto

Quest'ultimi saranno collegati alla SSEU posta nel Comune di Matera.

I cavi utilizzati saranno a norma (CEI 20-13) e del tipo **ARP1H5(AR)E 18/30 kV – Umax 36 kV**, strutturato nel seguente modo, dall'interno verso l'esterno:

- conduttore a corda compatta di alluminio;
- semiconduttore interno estruso;
- isolante in elastomero termoplastico (qualità HPTE);
- semiconduttore esterno estruso;
- rivestimento protettivo con nastro semiconduttore igroespandente;
- schermatura con nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale;
- protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag);
- guaina in polietilene, qualità DMP2 di colore rosso.

**ARP1H5(AR)E** Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
**ARP1H5(AR)EX** Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV



Figura 14 Cavi MT utilizzati

**ARP1H5(AR)E** *P-Laser* **AIR BAG™**  
CABLE SYSTEM

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

**Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)E**

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

**Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV**

50	8,2	18,0	31	720	440
70	9,7	19,1	32	810	450
95	11,4	20,6	34	920	480
120	12,9	22,1	35	1040	490
150	14,0	23,4	37	1150	520
185	15,8	25,6	39	1330	550
240	18,2	27,8	41	1570	580
300	20,8	31,0	45	1840	630
400	25,8	34,9	49	2310	690
500	26,7	37,1	52	2720	730
630	30,5	41,5	57	3300	800

**Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV**

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	25,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,5	61	3640	860

**ARP1H5(AR)EX** *P-Laser* **AIR BAG™**  
CABLE SYSTEM

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV  
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

**Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)EX**

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

**Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV**

50	8,2	18,0	31	2150	660
70	9,7	19,1	32	2420	680
95	11,4	20,6	34	2760	720
120	12,9	22,1	35	3130	740
150	14,0	23,4	37	3460	780
185	15,8	25,6	39	3990	820
240	18,2	27,8	41	4700	870
300	20,8	31,0	45	5520	950

**Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV**

50	8,2	24,8	38	3180	800
70	9,7	25,1	38	3340	800
95	11,4	26,0	39	3610	820
120	12,9	26,9	40	3900	840
150	14,0	27,6	41	4180	870
185	15,8	29,0	42	4620	890
240	18,2	31,4	45	5380	950
300	20,8	34,6	49	6500	1030

**Figura 15** Caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi MT utilizzati

I cavi saranno interrati ad una profondità non inferiore a 1 m. Le condizioni di posa saranno conformi alla modalità di posa M prevista dalla norma CEI 11-17 per i sistemi di II categoria.

I cavi avranno sezione opportuna di modo che la portata nominale (nelle condizioni di posa previste) sia sufficiente a trasportare la corrente in condizioni di normale funzionamento e, nello specifico:

<b>Linea MT 1 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)</b>									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	S10>>S09	124,41	2128	120	108,9	0,330	19,4	0,000	ST - Trifoglio
2	S09>>SSEU	248,82	8051	185	596,3	1,807	191,4	0,001	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>10179</b>		<b>705</b>	<b>2,14</b>	<b>210,78</b>	<b>0,002</b>	
<b>Linea MT 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)</b>									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	S07>>S05	124,41	1914	120	97,9	0,297	17,4	0,000	ST - Trifoglio
2	S05>>S06	248,82	2588	185	191,7	0,581	61,5	0,000	ST - Trifoglio
3	S06>>SSEU	373,24	6797	400	463,0	1,403	181,2	0,001	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>11299</b>		<b>753</b>	<b>2,28</b>	<b>260,18</b>	<b>0,002</b>	
<b>Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)</b>									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	S08>>S04	124,41	4772	120	244,1	0,740	43,4	0,001	ST - Trifoglio
2	S04>>S03	248,82	2745	185	203,3	0,616	65,3	0,001	ST - Trifoglio
3	S03>>SSEU	373,24	2619	400	178,4	0,541	69,8	0,000	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>10136</b>		<b>626</b>	<b>1,90</b>	<b>178,52</b>	<b>0,002</b>	
<b>Linea MT 4 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)</b>									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	S11>>S01	124,41	907	120	46,4	0,141	8,3	0,000	ST - Trifoglio
2	S01>>S02	248,82	1794	185	132,9	0,403	42,7	0,000	ST - Trifoglio
3	S02>>SSEU	373,24	1121	400	76,4	0,231	29,9	0,000	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>3822</b>		<b>256</b>	<b>0,77</b>	<b>80,80</b>	<b>0,001</b>	

La protezione da sovracorrenti (cortocircuito e sovraccarico) avverrà con interruttori di taglia opportuna installati

immediatamente a valle dei trasformatori.

La protezione dai contatti diretti e indiretti avverrà grazie alla guaina protettiva di ciascun cavo e dal collegamento a terra dei rivestimenti metallici dei cavi alle estremità di ciascuna linea.

La stessa trincea utilizzata per la posa dei cavi elettrici sarà utilizzata per l'interramento (in tubazione) di cavi di controllo e comunicazione, utilizzati per la trasmissione di dati fra le torri.

La caduta di tensione operativa risulterà inferiore al 4% come imposto dalle vigenti norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo e modalità di posa".

### **5.1. Messa a terra dello schermo dei cavi MT**

Lo schermo dei circuiti di media tensione va collegato a terra ad entrambe le estremità, ed è inoltre consigliato collegare a terra lo schermo in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori a 5 km.

Tuttavia la norma consente di collegare a terra lo schermo di un cavo, lungo fino a 1 Km, ad una sola estremità nei casi in cui:

- lo schermo, se accessibile, sia considerato a tensione pericolosa all'estremità non collegata a terra e nelle giunzioni
- la guaina di materiale isolante che ricopre lo schermo sopporti la tensione totale dell'impianto di terra al quale è collegata l'altra estremità.

Nel caso di impianti eolici, poiché gli aerogeneratori sono dotati del proprio impianto di terra, è consigliabile collegare allo stesso entrambe le estremità del cavo al fine di realizzare una globale equipotenzialità in caso di guasto a terra.

Inoltre lo schermo del cavo che collega due impianti di terra separati deve essere in grado di portare la parte della corrente di guasto che si stabilisce tra i due impianti di terra.

### **5.2. Giunti e terminali per cavi MT**

I giunti e i terminali sui cavi vanno eseguiti secondo le istruzioni del fabbricante e da personale appositamente istruito. Il giunto e il terminale alterano il campo elettrico radiale nel cavo e costituiscono un punto critico nella tenuta dielettrica. L'interruzione dello schermo e del semiconduttore ad esso collegato sull'isolante ha un elevato campo elettrico "effetto punta" che potrebbe provocare in breve tempo il cedimento dell'isolante stesso. Si riduce il campo elettrico mediante una guaina di materiale con costante dielettrica maggiore di quella dell'isolante primario del cavo.

## 6. CABINA ELETTRICA

Il parco eolico in progetto prevede l'installazione di 11 aerogeneratori con potenza nominale pari a 6,4 MW per una potenza complessiva pari a 70,4 MW.

Elettricamente gli aerogeneratori saranno collegati tra loro con la modalità "entra-esce" secondo gli schemi allegati di progetto. In tutto ci saranno 4 diverse linee che collegheranno le turbine alla sottostazione elettrica utente di trasformazione che sarà realizzata nel Comune di Matera.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 33 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150 kV della RTN denominata "Matera", previa condivisione dello stallo in stazione con altri produttori.

Per ulteriori dettagli riguardanti le specifiche tecniche della SSEU la progettazione della stessa sarà a cura della Società capofila "AmbraSolare S.r.l – Powetis".

## 7. RETE DI TERRA

### *Dimensionamento di massima della rete di terra*

La rete di terra sarà dimensionata in accordo alla Norma CEI 11-1.

In particolare si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato B della Norma CEI 11-1;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza di cui alla Fig.C-2 della Norma CEI 11-1.

### *Dimensionamento termico del dispersore*

Il dispersore sarà realizzato con corda nuda in rame, la cui sezione può essere determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Dove:

A = sezione minima del conduttore di terra, in mm<sup>2</sup>

I = corrente del conduttore, in A

t = durata della corrente di guasto, in s

K = 226 Amm-2s<sup>1/2</sup> (rame)

β = 234,5 °C

Θ<sub>i</sub> = temperatura iniziale in °C

Θ<sub>f</sub> = temperatura finale in °C

### ***Tensioni di contatto e di passo***

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto definitivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure;

In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5 m.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di uno o più dei cosiddetti provvedimenti "M" di cui all'Allegato D della Norma CEI 11-1.

### **7.1. Rete di terra aerogeneratori**

Il trasformatore elevatore di tensione avrà il primario collegato a stella, con il centro stella posto a terra e collegato con lo stesso impianto di messa a terra della turbina eolica. La connessione alla rete elettrica dovrà quindi essere eseguito in configurazione TN-S.

L'impianto di messa a terra deve essere predisposto in sede di realizzazione delle fondazioni e con collegamento ai ferri d'armatura. Esso sarà costituito da un conduttore di rame nudo da almeno 50 mmq posto orizzontalmente ad un metro di distanza dalla fondazione e ad un metro di profondità, che segue il perimetro della struttura fino a richiudersi su se stesso; esso sarà inoltre integrato con due picchetti di messa a terra in acciaio ramato della lunghezza di 6 m ciascuno e del diametro di almeno 14 mm, piantati verticalmente in posizioni diametralmente opposte rispetto alla torre. Il conduttore circolare viene collegato a due perni di fissaggio alla fondazione, sui lati opposti della torre, ed agli stessi punti si conetterà il quadro di controllo a base torre.

La disposizione dell'impianto di messa a terra ad anello chiuso attorno alla struttura limita la tensione di passo e contatto per le persone eventualmente presenti alla base della torre in caso di fulminazione diretta della struttura stessa ed, allo stesso tempo, i picchetti verticali accoppiati al medesimo impianto facilitano l'ottenimento di un basso valore della resistenza complessiva di terra.

### **7.2. Rete di terra connessione aerogeneratori**

All'interno della canalizzazione per la posa dei cavi di media tensione interrata per il collegamento "entra - esci" fra gli aerogeneratori, verrà posato un ulteriore cavo di rame nudo di sezione non inferiore a 95 mmq per la connessione tra le diverse reti di terra degli aerogeneratori.

### **7.3. Rete di terra cabina di consegna**

Per la progettazione dell'impianto di terra si deve fare riferimento ad un insieme di dati che dipendono dalle caratteristiche

	<p style="text-align: center;"><b>PARCO EOLICO "SANTERAMO"</b></p> <p style="text-align: center;">DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI</p>	 <p style="text-align: center;">Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		16/11/2023	REV: 2	Pag.27

di alimentazione e di quelle del sito di installazione della cabina. I principali parametri di riferimento di cui si deve disporre sono:

- la corrente massima di guasto a terra (IF);
- il tempo di eliminazione del guasto (tc);
- le tensioni di contatto e di passo tollerabili (UTP, USP);
- la configurazione e le caratteristiche della rete di alimentazione in media tensione;
- il luogo in cui l'impianto di terra deve essere realizzato;
- l'area da proteggere, (forma e caratteristiche del terreno);
- eventuali vincoli in relazione alla messa a terra del neutro in bassa tensione.

Durante la progettazione, al fine di tenere conto di possibili variazioni nel tempo dei citati parametri, è opportuno scegliere gli stessi in relazione alle condizioni più sfavorevoli che si possono verificare.

Il tipo di impianto da realizzare dipende dalle caratteristiche morfologiche del terreno dell'area da proteggere, che possono influenzarne fortemente il valore di resistività (es. presenza di rocce, profondità del terreno vegetale, ecc.). Poiché la resistività può inoltre variare anche nel tempo, per il progetto è necessario effettuare più rilievi nell'area interessata per stabilire conseguentemente un valore medio di riferimento. Per terreni non omogenei è necessario scegliere un valore di resistività di riferimento prudenziale, leggermente più elevato del valore medio (almeno 1,5 volte).

In base al tipo di cabina da realizzare è possibile individuare il dispersore da utilizzare e la disposizione dei conduttori del dispersore. I dispersori non devono essere facilmente deteriorabili per effetto dell'umidità o per l'azione chimica del terreno, e devono mantenere inalterate nel tempo le caratteristiche elettriche.

Solitamente per le cabine si utilizzano dispersori ad anello che consentono di ottenere con maggiore facilità basse resistenze di terra. L'anello viene realizzato interrando un conduttore nudo (tondino, corda o piattina di acciaio zincato a caldo o di rame o di acciaio ramato) intorno alla fondazione della cabina ad una profondità di almeno 0,5 m. Questo tipo di dispersore può essere integrato con spandenti e picchetti per ridurre, ove necessario, la resistenza di terra. È opportuno che i picchetti siano collocati in pozzetti ispezionabili, con coperchi isolanti per evitare pericolose tensioni di passo.

I conduttori di terra si dipartono dal collettore e vanno a collegare le masse da mettere a terra. Le sezioni dei conduttori di terra non devono essere inferiori a 16 mm<sup>2</sup> se di rame, 35 mm<sup>2</sup> se d'alluminio, 50 mm<sup>2</sup> se d'acciaio. I conduttori di terra devono avere percorsi brevi ed essere posati preferibilmente nudi.

Vanno collegati all'impianto di terra i seguenti elementi metallici:

- ripari di protezione dei circuiti MT;
- la carpenteria metallica degli scomparti MT;
- il cassone del trasformatore MT/BT;
- la carcassa dei TA e TV ed un polo del circuito secondario;
- i telai dei sezionatori di terra;
- le intelaiature di supporto degli isolatori;
- i terminali e le guaine dei cavi MT provenienti dal parco eolico;
- i cavi di rame nudo per la connessione della rete di terra tra gli aerogeneratori;
- i ganci di ancoraggio delle linee aeree MT;



**PARCO EOLICO "SANTERAMO"**  
DISCIPLINARE DESCRITTIVO ELEMENTI TECNICI



16/11/2023

REV: 2

Pag.28

- gli organi di manovra manuale delle apparecchiature;
- i quadri porta sbarre BT e porta interruttori;
- gli interruttori BT;
- la cassa dei condensatori BT.

Si devono collegare all'impianto di terra anche le parti metalliche e le strutture di notevole estensione come porte, finestre, griglie di aerazione, scale, parapetti di protezione, lamiere copri cunicoli.