



REGIONE SICILIA

REGIONE SICILIA  
PROVINCIA DI TRAPANI  
COMUNE DI TRAPANI



AUTORIZZAZIONE  
UNICA ex d.lgs. 387/03

Progetto definitivo per la realizzazione del parco  
eolico "GUARINE FARDELLA" e relative opere  
connesse nel comune di TRAPANI (Tp)

Titolo elaborato

**RS06REL0013A0-Disciplinare  
descrittivo e prestazionale degli  
elementi tecnici**

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0429	B	R17	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Febbraio 2022	Prima emissione	GDS	GDS	GMA

Proponente

**Wind Guarine Fardella srl**

via Durini, 9  
20122 Milano (Mi)

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

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Descrizione generale</b>	<b>6</b>
2.1	Componenti meccaniche	6
2.2	Rotore	6
2.3	Pale	7
2.4	Sistema di regolazione del passo	7
2.5	Hub	8
2.6	Albero lento	8
2.7	Scatola del cuscinetto	8
2.8	Cuscinetto principale	8
2.9	Moltiplicatore di giri	9
2.10	Cuscinetti del generatore	9
2.11	Albero veloce	9
2.12	Sistema di imbardata	9
2.13	Gru	10
2.14	Torre	10
2.15	Navicella basamento e copertura	10
2.16	Sistema Di Condizionamento Termico	11
<b>3</b>	<b>Progetto elettrico</b>	<b>12</b>
3.1	Generatore	12
3.2	Convertitore	12
3.3	Trasformatore MT	13
3.4	Cavo MT turbina	13





<b>3.5</b>	<b>Quadro MT</b>	<b>14</b>
<b>3.6</b>	<b>Servizi ausiliari</b>	<b>14</b>
<b>3.7</b>	<b>Sensori di vento</b>	<b>15</b>
<b>3.8</b>	<b>MP (Multi Processor) Controller</b>	<b>15</b>
<b>3.9</b>	<b>Gruppo Di Continuità</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Sistema di Protezione Della Turbina</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Concetto di frenata</b>	<b>16</b>
<b>4.2</b>	<b>Protezioni da corto circuito</b>	<b>16</b>
<b>4.3</b>	<b>Protezione dalla sovravelocità</b>	<b>16</b>
<b>4.4</b>	<b>Protezione di messa a terra per le pale, la navicella, il mozzo e la torre</b>	<b>17</b>
<b>4.5</b>	<b>EMC System</b>	<b>17</b>
<b>4.6</b>	<b>Impianto di terra</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Sicurezza</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Accesso</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>Via di fuga</b>	<b>18</b>
<b>5.3</b>	<b>Aree e spazi di lavoro</b>	<b>18</b>
<b>5.4</b>	<b>Pavimenti, piattaforme e luoghi di lavoro</b>	<b>18</b>
<b>5.5</b>	<b>Montacarichi di servizio</b>	<b>18</b>
<b>5.6</b>	<b>Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco</b>	<b>19</b>
<b>5.7</b>	<b>Luci</b>	<b>19</b>
<b>5.8</b>	<b>Arresto d'emergenza</b>	<b>19</b>
<b>5.9</b>	<b>Disconnessione dell'energia</b>	<b>19</b>
<b>5.10</b>	<b>Protezione dal fuoco</b>	<b>19</b>
<b>5.11</b>	<b>Segnali d'avvertimento</b>	<b>19</b>
<b>5.12</b>	<b>Manuali e avvertenze</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Ambiente</b>	<b>20</b>





<b>6.1</b>	<b>Prodotti chimici</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Approvazioni e codici di progettazione</b>	<b>21</b>
7.1	Approvazioni tipo	21
7.2	Approvazioni dei Codici – Progettazione strutturale	21
<b>8</b>	<b>Colori</b>	<b>23</b>
8.1	Colore navicella	23
8.2	Colore della torre	23
8.3	Colore delle pale	23
<b>9</b>	<b>Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni</b>	<b>24</b>
9.1	Condizioni del sito e clima	24
<b>10</b>	<b>Fondazioni turbine</b>	<b>25</b>
10.1	Plinto di fondazione	25
10.1.1	Calcestruzzo	26
<b>11</b>	<b>Cavidotti MT interni</b>	<b>27</b>
11.1	Introduzione	27
11.2	Descrizione impianto eolico	27
11.3	Criteri progettuali	28
11.4		29
11.5	Caratteristiche dei cavidotti	30
11.6	Modalità di posa e realizzazione	32
<b>12</b>	<b>Interferenze</b>	<b>35</b>





# 1 Introduzione

F4 ingegneria Srl, in qualità di Consulente, è stata incaricata dalla società proponente Wind Guarine Fardella di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo parco eolico denominato “Guarine Fardella” e relative opere di connessione alla RTN, localizzato nel Comune di Trapani (Tp).

Il progetto proposto prevede l’installazione di 7 nuovi generatori eolici ciascuno di potenza nominale fino a 6.0 MW, in linea con i più elevati standard tecnici presenti sul mercato, per una potenza installata complessiva pari a 42 MW.

Il tipo di aerogeneratore previsto per l’impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 170 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/MT e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza fino all’asse del rotore pari a massimi 121 m;
- altezza complessiva massima fuori terra dell’aerogeneratore pari a 200.00 m;
- -diametro alla base del sostegno tubolare: 4.70 m;
- -area spazzata massima: 22.686 m<sup>2</sup>.

Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame è caratterizzato da un diametro massimo del rotore pari a 170 m e da un’altezza complessiva al tip (punta) della pala di 200 m, quindi si tratterà di macchine di grande taglia.

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 in opportuni circuiti elettrici e con la Sottostazione Elettrica (SSE);
- lo stallo produttore MT/AT nella Sottostazione Elettrica (SSE) per l’innalzamento della tensione da 30 kV a 220 kV costituito da tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell’impianto alla Rete Nazionale;

Ogni aerogeneratore produrrà energia elettrica rinnovabile alla tensione di 690 V circa. All’interno di ciascuna torre è installato un trasformatore che provvederà all’innalzamento della tensione a 30 kV. L’energia sarà quindi immessa in una rete in cavo interrato a 30 kV per il trasporto alla Sottostazione Elettrica, dove subirà un’ulteriore innalzamento di tensione (30/220 kV) prima dell’immissione nella rete di trasmissione nazionale alta tensione.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, connesse a processi di produzione di energia elettrica da fonti fossili.

Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo e quindi ottimali per un razionale sviluppo nel settore rinnovabile.

Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico, quindi, oltre a contribuire all’incremento dello stesso approvvigionamento ed alla diversificazione delle fonti, favorisce





l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull'ambiente legato al tradizionale ciclo di produzione energetica.

Il presente documento illustra, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi costruttivi 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. In ogni caso il disciplinare fornisce indicazioni specifiche almeno sui componenti dell'impianto quali rotore, sistema di orientamento del rotore, sistema di controllo, ecc...).





## 2 Descrizione generale

Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

- potenza nominale massima aerogeneratore: 6.0 MW
- diametro massimo rotore: 170 m
- altezza complessiva massima al tip (punta) 200 m

In particolare, i modelli commerciali che attualmente soddisfano questi requisiti tecnico-dimensionali sono: SG 170 HH 115 m 6.0 MW, Vestas V162 HH 119 m 6.0 MW, GE 164 HH 118 m 6.0 MW e GE 158 HH 121 m 5.8 MW.

La macchina eolica utilizza un sistema di potenza basato su di un generatore accoppiato ad un convertitore elettronico di potenza. Con queste caratteristiche la turbina eolica è in grado di lavorare anche a velocità variabile mantenendo una potenza in prossimità di quella nominale anche in caso di vento forte. Alle basse velocità del vento, il sistema consente di lavorare massimizzando la potenza erogata alla velocità ottimale del rotore e all’opportuno angolo di inclinazione delle pale.

### 2.1 Componenti meccaniche

Il modello di aerogeneratore è equipaggiato con un rotore di 170 m di diametro massimo costituito da tre pale ed un mozzo. Le pale sono controllate per mezzo di un microprocessore nel sistema del controllo del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l’angolo di passo.

### 2.2 Rotore

Tabella 1

<b>Rotore</b>	
<b>Diametro</b>	<i>max 170 m</i>
<b>Velocità massima di rotazione</b>	<i>12 rpm</i>
<b>Area spazzata</b>	<i>22686 m<sup>2</sup></i>
<b>Direzione di rotazione</b>	<i>In senso orario (vista di fronte)</i>
<b>Orientamento</b>	<i>Controvento</i>
<b>Tilt</b>	<i>6°</i>
<b>Numero delle pale</b>	<i>3</i>





## 2.3 Pale

Tabella 2

Pale	
Descrizione tipo	Gusci a profilo alare vincolati contenenti longheroni incorporati
Lunghezza della pala	circa 83.5 m
Materiale	Resina epossidica rinforzata con fibre di vetro e di carbonio
Connessione delle pale	Inserti in acciaio
Profili	Profilo ad alta portanza
Corda massima	4.5 m
Lubrificazione	Grasso, lubrificazione manuale

## 2.4 Sistema di regolazione del passo

La turbina è equipaggiata con un sistema di regolazione del passo idraulico per ogni pala. Ogni sistema di regolazione del passo è connesso all'unità di distribuzione idraulica in navicella per mezzo di un sistema distribuito di manicotti flessibili.

Ogni sistema di regolazione è composto da un cilindro idraulico fissato all'hub ed un pistone montato sul cuscinetto della pala.

Tabella 3

Sistema di regolazione del passo	
Tipo	idraulico
Numero	1 cilindro per pala
Intervallo	Da -5° a 95°







## 2.5 Hub

L'hub (mozzo) supporta le tre pale e trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la torsione al moltiplicatore di giri. La struttura dell'hub supporta anche i cuscinetti della pala e il cilindro di passo.

Tabella 4

<b>Hub</b>	
<b>Tipo</b>	guscio in ghisa
<b>Materiale</b>	Ghisa

## 2.6 Albero lento

L'albero lento trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e il momento al moltiplicatore di giri.

Tabella 5

<b>Albero lento</b>	
<b>Descrizione tipo</b>	Tubo cavo
<b>Materiale</b>	Ghisa

## 2.7 Scatola del cuscinetto

Tabella 6

<b>Scatola del cuscinetto principale</b>	
<b>Materiale</b>	Ghisa

## 2.8 Cuscinetto principale

Il cuscinetto principale sopporta tutti i carichi di spinta.

Tabella 7

<b>Cuscinetto principale</b>	
<b>Tipo</b>	Doppia fila di cuscinetti a sfera
<b>lubrificazione</b>	Lubrificazione automatica mediante circolazione forzata d'olio





## 2.9 Moltiplicatore di giri

Il moltiplicatore di giri converte la rotazione da bassa velocità del rotore a quella veloce del generatore. Il moltiplicatore di giri è un differenziale a quattro stadi dove i primi tre sono di tipo epicicloidale e il quarto è di tipo elicoidale.

Tabella 8

Moltiplicatore	
<b>Tipo</b>	Differenziale, tre stadi epicicloidali + uno elicoidale
<b>materiale alloggiamento</b>	fusione
<b>Sistema di lubrificazione</b>	Pompa ad olio riempita da una tanica esterna a gravità
<b>Volume totale dell’olio del cambio</b>	Approssimativamente 1000 l
<b>Codici dell’olio di pulizia</b>	ISO 4406-/15/12
<b>Guarnizioni di tenuta</b>	labirinto

## 2.10 Cuscinetti del generatore

I cuscinetti sono lubrificati ad olio fornito in modo continuato da una unità automatica di lubrificazione.

## 2.11 Albero veloce

L’albero veloce trasmette la torsione in uscita dall’asse di alta velocità del moltiplicatore all’asse del generatore.

Il giunto è composto da 4 pacchetti di giunzioni laminate ed un tubo intermedio in fibra di vetro con flange metalliche. Il giunto è dotato di due mozzi sul disco del freno e l’albero del generatore.

## 2.12 Sistema di imbardata

Il sistema di imbardata è un sistema attivo che collega la struttura e la trasmissione alla torre. Il cuscinetto di imbardata è un anello dentato esternamente con un cuscinetto a frizione e scorrimento a strisciamento (basato sul concetto di cuscinetto piano con PEPT come materiale di frizione). Una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici aziona l’imbardata.





**Tabella 9**

<b>Sistema di imbardata</b>	
<b>Tipo</b>	Sistema a cuscinetto piano (Attivo)
<b>Materiale</b>	Anello di oscillazione forgiato a caldo. Cuscinetti PETP piani

## 2.13 Gru

La navicella è equipaggiata con una gru di carico di servizio. La gru è un sistema unico a paranco.

<b>Gru</b>	
<b>Capacità di sollevamento</b>	Massimo 500 kg

## 2.14 Torre

La torre è composta da segmenti tubolari con flange di connessione disponibili in differenti altezze standard.

**Tabella 10**

<b>Torre</b>	
<b>Tipo</b>	Tubolare cilindrico/conico
<b>Altezza mozzo</b>	Max 115 m
<b>Materiale</b>	Acciaio

## 2.15 Navicella basamento e copertura

La copertura della navicella è realizzata in fibra di vetro. I portelli di accesso sono posti al piano inferiore e vengono utilizzati per l'abbassamento o l'innalzamento di equipaggiamento alla navicella o per l'evacuazione del personale. La sezione superiore è equipaggiata con sensori di vento e lucernari, i lucernari possono essere aperti sia dall'interno della navicella che dall'esterno per accedere al piano o fuori dalla navicella stessa. È possibile accedere alla navicella dalla torre attraverso il sistema di imbardata.

Il basamento della navicella è costituito in due parti e consiste in una fusione di ghisa per la parte frontale, e di una struttura a trave per quella posteriore. La parte frontale del basamento della navicella svolge la funzione di supportare l'albero principale di trasmissione (l'albero ad alta velocità) e trasmette le forze dal rotore alla torre tramite il sistema di imbardata. La piattaforma inferiore è connessa al cuscinetto di imbardata, gli attuatori di imbardata sono fissati alla base della navicella.





Le travi della gru sono attaccate alla cima della struttura. La parte posteriore del basamento serve come supporto ai pannelli di controllo, il sistema di raffreddamento ed il trasformatore. La copertura della navicella è montata sul basamento.

**Tabella 11**

<b>Descrizione tipo</b>	<b>Materiale</b>
<b>Copertura della navicella</b>	Carenatura in vetroresina e lamiera
<b>Parte anteriore del basamento</b>	fusione di ghisa
<b>Parte posteriore del basamento</b>	Struttura reticolare

## **2.16 Sistema Di Condizionamento Termico**

Il sistema di condizionamento termico è costituito da pochi solidi componenti.

- Il Cooler posizionato in cima alla parte posteriore della navicella. Il Cooler funziona con il principio del raffreddamento mediante flusso libero, pertanto non vi sono componenti elettrici del sistema all'esterno della navicella.
- Il sistema di raffreddamento a liquido primario, che serve per il raffreddamento del moltiplicatore e del sistema idraulico, attivato da una singola pompa elettrica;
- Il sistema di raffreddamento a liquido secondario, che serve i sistemi del generatore e del convertitore, azionato da una singola pompa elettrica;
- Il raffreddamento ad aria del trasformatore costituito da un ventilatore elettrico;
- Il raffreddamento ad aria della navicella composto di due ventilatori elettrici.



## 3 Progetto elettrico

### 3.1 Generatore

Il generatore è un generatore asincrono trifase doppiamente alimentato con un rotore avvolto, collegato ad un convertitore di frequenza PWM. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi realizzati con lamierini magnetici impilati e avvolgimenti. Il generatore è raffreddato ad aria.

Tabella 12:Caratteristiche del generatore

Generatore	
Tipo	Asincrono trifase
Potenza nominale	Fino a 6350 kW
Frequenza (range) [f <sub>N</sub> ]	0 - 138 Hz
Tensione Statore [U <sub>Ns</sub> ]	3 X 800 V (alla velocità nominale)
Numero di poli	36
Tipo dell'avvolgimento	Impregnante pressurizzato sotto vuoto
Connessione dell'avvolgimento	Stella
Efficienza nominale (solo generatore)	98%
Sensori di temperatura , statore	6 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

### 3.2 Convertitore

Il convertitore è un sistema convertitore di potenza elettronico AC/DC/AC che controlla sia il generatore che la qualità della potenza immessa in rete. Il convertitore consiste in quattro unità convertitrici che lavorano in parallelo con un controllore comune. Il convertitore permette la conversione della corrente alternata con frequenza variabile del generatore ad una corrente alternata con frequenza e con valori di potenza attiva e reattiva (ed altri parametri di connessione



alla rete) adeguati per la rete. Il convertitore è posizionato nella navicella ed ha tensione lato rete di 690 V.

**Tabella 13**

<b>Convertitore</b>	
<b>Potenza nominale apparente</b>	6880 kVA
<b>Tensione nominale della rete</b>	3 x 690 V

### 3.3 Trasformatore MT

Il trasformatore di elevazione è posizionato in una stanza chiusa a parte nella navicella con un interruttore di corrente montato sul lato dell’alta tensione del trasformatore. Il trasformatore è a due avvolgimenti, a tre fasi.

**Tabella 14**

<b>Trasformatore MT</b>	
<b>Tensione primaria [U<sub>N</sub>]</b>	30 kV
<b>Tensione secondaria [U<sub>Ns</sub>]</b>	3 x 690 V
<b>Potenza nominale apparente [S<sub>N</sub>]</b>	6880 kVA

### 3.4 Cavo MT turbina

Il cavo di media tensione scende dal trasformatore nella navicella attraverso la torre fino al quadro collocato al fondo della stessa. Il cavo di media tensione è un cavo con nucleo quadripartito, isolato in gomma, libero da alogeni.





### 3.5 Quadro MT

Il quadro di media tensione per la connessione alla rete interna MT è collocato alla base della torre

Tabella 15

<b>Cavi di media tensione</b>	
Cavo isolato composito ad alta tensione	Etilpropilene (EP) migliorato, basato su materiali EPR o alto grado di etilpropilene in gomma HEPR
Sezione del conduttore	3 x 70/70 mm <sup>2</sup>
Massimo voltaggio	42 kV per tensioni nominale 22.1 - 36 kV

Tabella 16

<b>Tipo di isolamento</b>	Isolato a gas SF6
<b>Frequenza Nominale</b>	50Hz
<b>Tensione Nominale</b>	30 kV
<b>Tensione massima di isolamento</b>	36 kV
<b>Corrente</b>	25 kA

### 3.6 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari sono alimentati da un trasformatore 690/400 V separato, localizzato nella navicella. Tutti i motori, le pompe, i ventilatori e i riscaldatori sono alimentati da questo sistema.

Tutti gli apparecchi a 230 V sono alimentati da un trasformatore 400/230 V localizzato alla base della torre.

Tabella 17

<b>Prese di corrente</b>	
<b>Monofase (Navicella e piattaforme della torre)</b>	230 V (16 A)/110 V (16 A) 2 x 55 V (16)
<b>Trifase (Navicella e base della torre)</b>	3 x 400 V (16 A)



### 3.7 Sensori di vento

La turbina è equipaggiata con due anemometri ultrasonici senza parti mobili e una banderuola meccanica. I sensori sono incorporati a caldo per minimizzare le interferenze con ghiaccio e neve.

I sensori di vento sono ridondanti, e la turbina può operare con un unico sensore.

Tabella 18

Sensori di Vento	
Principio	Risonanza acustica

### 3.8 MP (Multi Processor) Controller

La turbina è controllata e monitorata da un sistema di controllo.

È un sistema di controllo multiprocessore costituito da quattro processori principali (base, navicella, mozzo e converter), interconnessi da una rete ottica Mbit ArcNet.

In aggiunta ai quattro processori principali, il MP è composto da moduli I/O interconnessi da una rete CAN a 500 kbit. I moduli I/O sono connessi ai moduli dell'interfaccia CAN da una serie di circuiti CTBus.

Il sistema di controllo svolge le seguenti principali funzioni:

- Monitoraggio e supervisione complessiva delle operazioni.
- Sincronizzazione del generatore alla rete durante le sequenze di connessione.
- Funzionamento della turbina durante varie situazioni di errore. Controllo di passo delle pale.
- Controllo del potere di reazione e operazione di variazione di velocità.
- Controllo delle emissioni sonore.
- Monitoraggio delle condizioni ambientali. Monitoraggio della rete.
- Monitoraggio del sistema di detenzione dei fumi.

### 3.9 Gruppo Di Continuità

L'UPS è equipaggiata con un convertitore AC/DC; DC/AC e celle di batterie collocate nella stessa cabina.

Durante le interruzioni della rete, l'UPS alimenta le unità a 230 V AC. Il tempo di riserva per il sistema UPS è proporzionale al consumo di energia.







## 4 Sistema di Protezione Della Turbina

### 4.1 Concetto di frenata

Il freno principale sull'aerogeneratore è di tipo aerodinamico. L'arresto della turbina avviene per mezzo della rotazione delle pale (rotazione individuale per singola pala). Ogni pala ha un accumulatore che fornisce l'energia per la rotazione. La frenata della turbina è inoltre supportata da un resistore di frenata che è connesso al magnete permanente del generatore durante il rallentamento. Questo assicura che il momento è mantenuto, per esempio, durante una situazione di perdita della rete.

In aggiunta, c'è un freno meccanico a disco attuato idraulicamente per la frenata sull'albero veloce. Il freno meccanico è usato solamente come un freno di sosta e quando sono attivi i pulsanti per l'arresto d'emergenza.

### 4.2 Protezioni da corto circuito

Tabella 19

Interruttore	Interruttore per Aux. Power.	Interruttore 1 per moduli convertitore	Interruttore 1 per moduli convertitore
Potere di interruzione Icu, Ics	Icu 50 kA Ics 75% Icu	Icu 50 kA Ics 50% Icu	50 kA Ics 50% Icu
Potere di chiusura nominale in cortocircuito Icm	193 kA	193 kA	193 kA

### 4.3 Protezione dalla sovravelocità

Le velocità del generatore e dell'albero veloce sono registrati da sensori ad induzione e calcolati dal controller di turbina al fine di proteggere dalla sovravelocità e dagli errori di rotazione.

In aggiunta, la turbina è equipaggiata con un sistema PLC di sicurezza, costituito da un modulo computer indipendente che misura la velocità del rotore. In caso di situazione di fuori giri, il sistema PLC di sicurezza attiva la rotazione delle tre pale in posizione di sicurezza, indipendentemente dal sistema di controllo della turbina.

Tabella 20

Protezione da sovravelocità	
Tipo dei sensori	Induttivo





## 4.4 Protezione di messa a terra per le pale, la navicella, il mozzo e la torre

Il Sistema di messa a terra aiuta a proteggere la turbina contro i danni fisici causati dai fulmini. Il sistema consiste di cinque parti principali:

- Recettori dei fulmini;
- Sistema di conduzione verso il basso;
- Protezione contro la sovratensione e la sovracorrente;
- Schermatura contro i campi elettrici e elettromagnetici;
- Sistema di messa a terra.

Tabella 21

Parametri Progettuali della Protezione di Messa a Terra			Livello di Protezione I
Valore della Corrente di Picco	I max	[kA]	200
Impulso di carica	Q impulso	[C]	100
Durata della carica	Q lunghezza	[C]	200
Carica totale	Q totale	[C]	300
Energia Specifica	W/R	[MJ/Ω]	10
Pendenza media	Di/dt	[kA/μs]	20

## 4.5 EMC System

La turbina ed il relativo equipaggiamento adempiono alla legislazione dettata dal EU Elettromagnetic Compatibility (EMC): DIRECTIVE 2004/108/EC OF THE EUROPEAN PARLAMENT AND OF THE COUNCIL del 15 dicembre 2005 circa la compatibilità elettromagnetica degli apparati elettrici ed elettronici che abroga la direttiva 89/336/EEC.

## 4.6 Impianto di terra

L'impianto di terra dell'aerogeneratore è costituito da un numero di elettrodi di messa a terra individuali interconnessi come un unico sistema. Include il sistema TN e il sistema di protezioni contro le scariche atmosferiche per ogni singola turbina.

Il sistema di messa a terra dell'aerogeneratore è adattato per i differenti tipi di fondazioni delle turbine. Un insieme separato di documenti descrive il sistema di messa a terra in dettaglio, in dipendenza del tipo di fondazione.





## 5 Sicurezza

---

Le specifiche di sicurezza in questa sezione forniscono le informazioni generali circa le caratteristiche di sicurezza della turbina e non sostituiscono, per il compratore ed i suoi agenti, il prendere tutte le appropriate precauzioni, incluso, ma non solo, il rispetto di tutte le norme di sicurezza, la manutenzione, gli accordi di servizio, le istruzioni, le ordinanze e le condotte appropriate in materia di formazione per la sicurezza.

### 5.1 Accesso

---

L'accesso alla turbina dall'esterno avviene tramite la parte bassa della torre. La porta è equipaggiata con una serratura. L'accesso alla piattaforma in cima avviene tramite una scala. L'accesso alla stanza del trasformatore nella navicella è controllato con una serratura. Un accesso non autorizzato ai quadri e ai pannelli elettrici nella turbina è proibito in accordo con la IEC 60204-1 2006.

### 5.2 Via di fuga

---

In aggiunta alle normali vie di accesso, vie di fuga alternative dalla navicella sono possibili attraverso la botola della gru, attraverso un portello apribile sul muso della navicella, e attraverso il pavimento della stessa. Nella navicella è localizzato l'equipaggiamento di sicurezza.

Il portello nel pavimento può essere aperto da entrambi i lati. Una via di fuga è rappresentata dalla scala dell'elevatore di servizio. Un piano di emergenza, collocato nella turbina, descrive le vie di fuga ed evacuazione.

### 5.3 Aree e spazi di lavoro

---

La torre e la navicella sono equipaggiate con prese di corrente per l'uso di strumenti elettrici per il servizio e la manutenzione della turbina.

### 5.4 Pavimenti, piattaforme e luoghi di lavoro

---

Tutti i pavimenti sono anti sdrucciolo. C'è un pavimento per ogni sezione della torre. Piattaforme di sosta sono presenti ad intervalli regolari metri lungo la scala della torre. Supporti di appoggio sono localizzati nella turbina per gli scopi di servizio e manutenzione.

### 5.5 Montacarichi di servizio

---

L'aerogeneratore è fornita con un elevatore standard di servizio.

Servizi per l'arrampicata. Una scala con sistema di arresto caduta è montata per l'intera lunghezza della torre. Ci sono punti di ancoraggio nella torre, nella navicella e nel mozzo, e sul pavimento per l'attacco di equipaggiamenti di sicurezza.





Sul portello della gru c'è un punto di ancoraggio per l'equipaggiamento di discesa d'emergenza. Punti di ancoraggio sono colorati di giallo e sono calcolati e testati per 22.2 kN.

## **5.6 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco**

---

Tutte le parti mobili nella navicella sono schermate. La turbina è equipaggiata con una serratura per il rotore per il suo blocco.

## **5.7 Luci**

---

La turbina è equipaggiata con luci nella torre, nella navicella, nella stanza del trasformatore e nel mozzo. C'è una luce d'emergenza in caso di mancanza di corrente elettrica.

## **5.8 Arresto d'emergenza**

---

Ci sono pulsanti per l'arresto d'emergenza nella navicella, nel mozzo e alla base della torre.

## **5.9 Disconnessione dell'energia**

---

La turbina è equipaggiata con interruttori per consentire la disconnessione da tutte le fonti di energia in caso d'ispezione o manutenzione. Gli interruttori sono marcati con segnali e sono collocati nella navicella e alla base della torre.

## **5.10 Protezione dal fuoco**

---

Un estintore da 5-6 kg di CO<sub>2</sub>, un kit di primo intervento sono collocati nella navicella durante le operazioni di servizio e manutenzione.

## **5.11 Segnali d'avvertimento**

---

Segnali di pericolo sono posizionati dentro e sulla turbina.

## **5.12 Manuali e avvertenze**

---

La casa produttrice fornisce manuali per le operazioni, la manutenzione e il servizio della turbina, con regole e informazioni aggiuntive di sicurezza.





## 6 Ambiente

### 6.1 Prodotti chimici

---

I prodotti chimici usati nella turbina sono valutati in accordo al Sistema A/S Ambientale certificato ISO 14001:2015. I seguenti prodotti chimici sono usati nella turbina:

- Antigelo per prevenire il sistema di raffreddamento dal gelo.
- Olio per la lubrificazione del cambio.
- Olio idraulico per il sistema di beccheggio delle pale e l’operatività del freno.
- Grasso per la lubrificazione dei cuscinetti.

Vari agenti pulenti e prodotti chimici per la manutenzione della turbina.





## 7 Approvazioni e codici di progettazione

### 7.1 Approvazioni tipo

Il certificato di tipo della turbina risponde ai seguenti standard:

Tabella 22

Certificazione	Wind Class
IEC61400-1	IEC IIIA
	IEC IIIB
DIBt Anlage 2.7/10	DIBt II

### 7.2 Approvazioni dei Codici – Progettazione strutturale

Il progetto della turbina è stato sviluppato e testato con riguardo a, ma non limitatamente a, i seguenti principali standard:

Tabella 23

Codici di Progettazione	
Navicella e mozzo	IEC 61400 – 1 III Edizione EN 50308
Torre	IEC 61400 – 1 III Edizione Euro Codice 3
Pale	DNV – OS – J102 IEC 1024 – 1 IEC 60721 – 2 – 4 IEC 61400 (Parte 1, 12 e 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944 - 2
Scatola del Cambio	ISO 81400 - 4
Generatore	IEC 60034
trasformatore	IEC 60076 - 11





<b>Protezione dai fulmini</b>	IEC 62305 -1: 2006 IEC 62305 -3: 2006 IEC 62305 -4: 2006 IEC/RT 61400 – 24: 2002
<b>Macchine elettriche Rotanti</b>	IEC 34
<b>Sicurezza relativa ai Sistemi di controllo</b>	IEC 13849 - 1
<b>Sicurezza relativa alle Attrezzature Elettriche</b>	IEC 6024 - 1





## 8 Colori

### 8.1 Colore navicella

Tabella 24

Colore delle navicelle	
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018

### 8.2 Colore della torre

Tabella 25

Colore per la sezione della torre		
	Esterno	Interno
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018	RAL 9001 (bianco crema)

### 8.3 Colore delle pale

Tabella 26

Colore delle Pale	
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018
Varianti	RAL 2009, RAL 3020
Lucido	< 30 % DS/EN ISO 2813







## 9 Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni

Il clima e le condizioni del sito comprendono molte variabili e dovrebbero essere considerate nella valutazione delle prestazioni della turbina. Il progetto e i parametri operativi stabiliti in questa sezione non costituiscono garanzie, o rappresentazione delle performance in riferimento ai siti specifici.

### 9.1 Condizioni del sito e clima

Valori riferiti all'altezza del mozzo:

Tabella 27

Parametri estremi	
Condizioni climatiche del vento	IEC IIA
Intervallo della Temperatura Ambiente (temperature standard della turbina)	-20° a +40°C
Velocità estrema di vento (media di 10 minuti)	37.5 m/s
Velocità del vento limite al danno (3 raffiche al secondo)	52.5 m/s

Parametri medi di progetto	
Condizioni climatiche del vento	IEC IIIA/IIIB
Velocità del vento	7.5 m/s
Fattore - A	8.46 m/s
Fattore di forma - C	2.0
Intensità di turbolenza secondo IEC 61400 – 1, inclusa la turbolenza della Wind Farm (@ 15 m/s – 90% quantile)	16%/14%
Vento di taglio	0.20
Angolo di flusso (verticale)	8°





## 10 Fondazioni turbine

Particolare importanza riveste la fondazione che deve sopportare le notevoli sollecitazioni statiche e dinamiche prodotte dalle turbine.

Oltre al considerevole peso che gli aerogeneratori concentrano su una superficie molto piccola, sono rilevanti le tensioni orizzontali prodotte sul terreno dovute alla spinta orizzontale del vento su una superficie pari a quella spazzata dalle pale, provenendo il vento da ogni direzione. A queste condizioni di carico si sommano quelle dovute ai probabili eventi sismici; pertanto la fondazione è costituita da un plinto in c.a. su pali tale da evitare fenomeni di punzonamento, dimensionato per resistere agli sforzi di slittamento e di ribaltamento (cfr. elaborati grafici di progetto).

### 10.1 Plinto di fondazione

Il calcolo e il progetto sono realizzati partendo da alcune assunzioni di base.

Assunzioni per il terreno:

- Angolo di attrito minimo di  $26.0^\circ$ . Densità minima di  $19.75 \text{ KN/m}^3$ .
- Coesione minima =  $0 \text{ kPa}$ ;
- Presenza di una falda alla profondità minima di circa  $11 \text{ m}$ ;
- Rigidezza rotazionale minima:  $30 \text{ GNM/barra}$  eguale a un modulo dinamico di elasticità di  $8000 \text{ KN/ m}^2$  ( $\nu = 0.35$ ) per la sabbia, o di  $4000 \text{ KN/ m}^2$  ( $\nu = 0.340$ ) per l'argilla.
- Massima compressione plastica:  $303 \text{ KN/ m}^2$ , costante sull'area di sostituzione, con un PSF di  $1.35$  sul vento,  $0.9$  sul peso della torre e del rinterro,  $1.0$  sul peso della fondazione.
- Massima compressione elastica del terreno di  $250 \text{ KN/ m}^2$  con PSF uguale a  $1.0$  per tutti i carichi.
- Specifiche:
- Tutti i lavori sono effettuati in accordo all'Euro Codice 2: “EN 1992-1-1-2004 Progettazione di Strutture in Calcestruzzo”, e l'Euro Codice 7: “EN 1997-1 Progettazione geotecnica”

La gabbia d'ancoraggio, tra torre e fondazione, inclusi i bulloni, viene fornita da SG come unità da montare in sito. La gabbia d'ancoraggio è impostata sul livello del magrone di fondazione e regolata per l'aggiustamento della posizione, verticale e orizzontale, per mezzo di bulloni di aggiustamento al livello della flangia più bassa. Durante la colata, che può essere fatta simultaneamente dentro e fuori la gabbia, molta attenzione dev'essere impiegata perché la gabbia non si sposti e che la flangia in basso sia a completo contatto con il calcestruzzo.





## 10.1.1 Calcestruzzo

I lavori in calcestruzzo sono in accordo con l'ENV 13670 – 1 “Esecuzione Delle Strutture In Calcestruzzo – Parte I” Il calcestruzzo dev'essere composto, mescolato e preparato in accordo con l'EN 206 – 1-.

- Classe di resistenza: C35/45 per il plinto; C45/55 per il piedistallo; C25/30 per i pali
- Classe di esposizione: xC4 / xD1/ xS1 / xF3 / xA2.
- Taglia massima della ghiaia: 32 mm.
- Densità del calcestruzzo minima richiesta per la stabilità: 2221 kg/m<sup>3</sup>.
- Rivestimento: C<sub>nom</sub> = 65+/-10 contro forma o livello di pulizia, e C<sub>nom</sub> = 100+/-10 contro terra.
- Il controllo di qualità del calcestruzzo dev'essere in accordo alla EN 206-1.

Rinforzi.

5500 classe B o C in accordo con la EN 10080 con un F<sub>yk</sub> minimo = 500 N/mm<sup>2</sup>.

Malta.

Malta non termoretraibile con una resistenza minima a compressione di 100 N/mm<sup>2</sup>. La resistenza minima a compressione di post tensione di 92 N/mm<sup>2</sup>, a dopo un giorno: 10 N/mm<sup>2</sup> (Malta 2).

La Malta 2 e la sigillatura sono fornite dalla SG.

Condizioni del terreno che devono essere soddisfatte.

- Densità di riempimento di 16.2 KN/m<sup>3</sup>.
- Il peso del riempimento è incluso nella stabilità e non deve essere rimosso.
- Il massimo livello di acqua superficiale deve essere uguale a 0. Nessun drenaggio è richiesto.

A scopo esemplificativo si veda la “Relazione preliminare sulle strutture” che riporta il calcolo preliminare della fondazione tipo utilizzando i carichi relativi all'aerogeneratore adottato in questo progetto.





## 11 Cavidotti MT interni

### 11.1 Introduzione

L’impianto eolico in progetto, denominato “Guarine Fardella”, è localizzato nel territorio comunale di Trapani. Il parco in oggetto sarà costituito da 7 aerogeneratori di potenza unitaria pari a massimi 6.0 MW, per una potenza complessiva di 42 MW. particolare il comune di Trapani sarà anche interessato dalla realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica di Trasformazione (SET) MT/AT in adiacenza ad una futura Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN a 220 kV.

In relazione all’ubicazione degli aerogeneratori e del punto di connessione il vettoriamento dell’energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori alla RTN sarà assicurato da:

- a) la rete di cavidotti in media tensione;
- b) la sottostazione di trasformazione AT/MT;

### 11.2 Descrizione impianto eolico

L’impianto eolico in oggetto è un impianto di produzione da fonte rinnovabile di tipo eolico, costituito da 7 aerogeneratori. Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

- potenza nominale massima aerogeneratore: 6.0 MW
- diametro rotore: max 170 m
- altezza complessiva massima al tip (punta): 200 m

In particolare, i modelli commerciali che attualmente soddisfano questi requisiti tecnico-dimensionali sono: SG 170 HH 115 m 6.2 MW, Vestas V162 HH 119 m 6.0 MW, GE 164 HH 118 m 6.0 MW e GE 158 HH 121 m 5.8 MW.

Le caratteristiche dell’impianto sono riportate nella tabella seguente:

**Tabella 28**

Generatore		Asincrono trifase
	Potenza nominale	max. 6350 kW
	Tensione nominale statore	
	Frequenza	50 Hz
	Numero di poli	36
	Potenza nominale	max.7000 kVA
	Tensione nominale primario	
	Tensione nominale secondario	





Riduttore	Tipo	Differenziale con tre stadi epicicloidali ed uno elicoidale
Rotore	Diametro	max 170 m
	Velocità cut in	3 m/s
	Velocità cut out	25 m/s
Sostegno	Altezza	Max 115 m

## 11.3 Criteri progettuali

L'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori è convogliata alla sottostazione di trasformazione attraverso una rete di cavidotti costituita da 2 linee a 30 kV a neutro isolato. Ogni linea è dedicata al trasporto dell'energia elettrica prodotta dalle turbine appartenenti a uno dei sottocampi in cui è stato suddiviso il parco:

- Sottocampo 1: 6.0 x 3 = 18.0 MW (T6-T7-T5-)
- Sottocampo 2: 6 x 4 = 24 MW (T3-T4-T1-T2)

La definizione dei sottocampi e dei tracciati delle linee elettriche sono stati studiati secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n° 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

La rete di cavidotti MT si estende in uno scavo di lunghezza pari a circa 12.100 m.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

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

I cavidotti MT seguono strade di accesso nuove e/o esistenti per la maggior parte del loro percorso.

Il dimensionamento dei cavi è stato effettuato in base a:

- criterio termico per cui la corrente di impiego è inferiore alla corrente nominale del cavo ridotta mediante alcuni coefficienti correttivi che tengono conto delle condizioni di posa in base alla seguente formula:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} < k_H \cdot k_{pt} \cdot k_T \cdot k_D \cdot I_{nc}$$

in cui P è la potenza che transita nel tronco di linea, V<sub>n</sub> è la tensione di parco pari a 30 kV, cosφ è il fattore di potenza assunto pari a 0.95, in cui k<sub>H</sub> dipende dalla profondità di posa; k<sub>pt</sub>





dipende dalla resistività termica del terreno;  $kT$  dipende dalla temperatura del terreno;  $kD$  dipende dalla temperatura del terreno,  $I_{nc}$  è la corrente nominale del cavo,

- criterio della massima caduta di tensione percentuale per cui la somma delle cadute di tensione calcolate nei tronchi di linea comprese fra una determinata turbina ed il punto di connessione deve essere inferiore ad un valore prestabilito (3 – 4%):

$$\Delta V = \sum_i^N \sqrt{3} I_{bi} L_i \cdot (R_i \cos\varphi + X_i \sin\varphi)$$

- criterio delle perdite calcolate in funzione della distribuzione di Weibull calcolata in funzione delle misure anemometriche sul sito.

Il calcolo della corrente di impiego, delle cadute di tensione e delle perdite è eseguito con fattore di potenza ( $\cos\phi$ ) pari a 0.95.





## 11.4 Caratteristiche dei cavidotti

La rete a 30 kV, di lunghezza totale pari a circa 35.3 km, sarà realizzata per mezzo di cavi del tipo ARE4H5E - 18/30 kV o equivalenti con conduttore in alluminio. Il calcolo delle perdite di tensione nei cavi elettrici è riportato nella tabella seguente.

Tabella 29: Perdite di tensione nei cavi

Circuito	Tratto	Potenza MW	n. terne	Profondità di posa	K1	K2	K3	K4	lb (corrente di impiego)	lo min - portata minima del cavo	Sezione cavo	lo	lz (Portata)	Lunghezza	Caduta di tensione	Caduta di tensione	Caduta di tensione complessiva	
									A	A	mmq	A	A	m	V	%	%	
Circuito 1	T7-T6	T7-i4	6.0	1	1.2	1.00	1.00	0.98	1.00	128	131	240	408	400	1237	24.4	0.08%	0.08%
		T6-i4	6.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	128	152	240	408	344	190	4.4	0.01%	0.01%
	T6-T5	T6-i4	12.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	257	304	240	408	344	190	8.7	0.03%	0.11%
		I4-I5	12.0	1	1.2	1.00	1.00	0.98	1.00	257	262	240	408	400	761	30.0	0.10%	0.21%
		T5-i5	12.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	257	304	240	408	344	476	21.8	0.07%	0.28%
	T5-SET	T5-i5	18.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	385	457	500	650	548	476	17.4	0.06%	0.34%
		i5-i2	18.0	1	1.2	1.00	1.00	0.98	1.00	385	393	500	650	637	915	28.7	0.10%	0.44%
		i2-i1	18.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	385	457	500	650	548	585	21.3	0.07%	0.51%
		i1-i3	18.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	385	457	500	650	548	999	36.4	0.12%	0.63%
		Cabina di raccolta	18.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	385	457	500	650	548	5122	186.7	0.62%	1.25%





Circuito	Tratto	Potenza								lb (corrente di impiego)	lo min - portata minima del cavo	Sezione cavo	lo	lz (Portata)	Lunghezza	Caduta di tensione	Caduta di tensione	Caduta di tensione complessiva
Circuito 2	T4-T1	T4-i1	6.0	1	1.2	1.00	1.00	0.98	1.00	128	131	240	408	400	736	14.5	0.05%	0.05%
		T1-i1	6.0	3	1.2	1.00	0.78	0.98	1.00	128	168	240	408	312	266	6.7	0.02%	0.07%
	T3-T1	T3-i2	6.0	1	1.2	1.00	1.00	0.98	1.00	128	131	240	408	400	172	3.4	0.01%	0.08%
		i2-i1	6.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	128	152	240	408	344	585	13.4	0.04%	0.13%
	T1-T2	T1-i1	6.0	3	1.2	1.00	0.78	0.98	1.00	128	168	240	408	312	266	6.7	0.02%	0.15%
		T1-i1	18.0	3	1.2	1.00	0.78	0.98	1.00	385	504	500	650	497	266	10.7	0.04%	0.18%
		i1-i3	18.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	385	457	500	650	548	999	36.4	0.12%	0.31%
	T2-SET	T2-i3	18.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	385	457	500	650	548	722	26.3	0.09%	0.39%
		T2-i3	24.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	513	609	500	650	548	722	35.1	0.12%	0.51%
		Cabina di raccolta	24.0	2	1.2	1.00	0.86	0.98	1.00	513	609	500	650	548	5122	248.9	0.83%	1.34%





Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante utilizzo di connettori del tipo dritto a compressione adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.



Figura 1: Giunzione di tipo dritto

L'isolamento è garantito mediante guaina termo-restringente. Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio e il telecontrollo delle turbine sarà di tipo mono modale e sarà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

Table 30: Caratteristiche del cavo a fibre ottiche

Numero delle fibre	12/24
Tipo di fibra	9/125/250
Diametro cavo	9 mm
Peso del cavo	75 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	15 cm

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

## 11.5 Modalità di posa e realizzazione

Con riferimento alla norma CEI 11-17 le modalità di posa dei cavi potranno essere secondo la configurazione M.1 o M.2

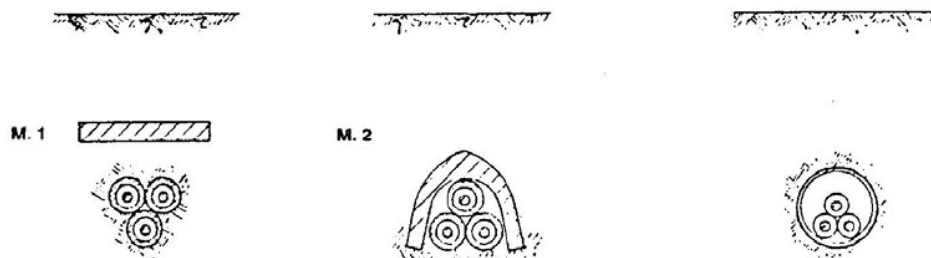


Figura 2: Modalità di posa



L'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare in grado di assorbire senza danni per il cavo stesso le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza all'urto).

Per quanto concerne le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli.

La profondità di posa dei cavi sarà generalmente di 1.2 m rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna.

Eventuali variazioni si potrebbero rendere necessarie in corrispondenza d'incroci con altri servizi tecnologici interrati. Nei tratti con più terne gli interassi misureranno circa 30 cm.

Le trincee avranno una larghezza pari a 50 cm nel caso di una terna, 70 cm nel caso di due terne, 100 cm nel caso di tre terne, 135 cm nel caso di 4 terne e 175 cm nel caso di cinque terne.

La fascia di terreno potenzialmente impegnata durante la fase di costruzione/manutenzione sarà di circa 6 m.

I cavi di potenza, a fibre ottiche e il dispersore di terra saranno posati in uno strato di terreno di scavo o eventuale materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 50 cm su cui saranno appoggiati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà posto all'interno del rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido a circa 50 cm dalla superficie.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

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

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere in accordo con la regola d'arte come di seguito indicata.

Laddove il tracciato dei cavidotti è caratterizzato da ampi tratti rettilinei, la posa del cavo può essere effettuata con il metodo a bobina fissa; in questo caso la bobina deve essere posta sull'apposito alza bobine, con asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea ed in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 m. In alternativa potrà essere utilizzata la tecnica della bobina mobile: in questo caso il cavo deve essere steso percorrendo con il carro porta bobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra ed a sinistra, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.





Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori e non devono superare i  $60 \text{ N/mm}^2$  rispetto alla sezione totale. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 3 m.

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

Per la posa dei cavi in fibra ottica lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm.



## 12 Interferenze

Così come le infrastrutture lineari energetiche, il procedimento autorizzatorio di cui all'art. 12, d.lgs. 387/2003 e gli effetti dell'Autorizzazione Unica ottenuta dopo opportuna conferenza di servizi, comporta la dichiarazione di pubblica utilità degli interventi previsti a progetto, ai sensi degli artt. 52-quater "Disposizioni generali in materia di conformità urbanistica, apposizione del vincolo preordinato all'esproprio e pubblica utilità" e 52-quinquies "Disposizioni particolari per le infrastrutture lineari energetiche facenti parte delle reti energetiche nazionali" d.p.pr. 327/2001. Ne consegue che le aree scelte per la realizzazione dell'impianto risultano disponibili a norma di legge.

### Censimento delle interferenze e degli enti gestori

Le reti esistenti nell'area d'intervento che interferiscono con le opere di progetto sono:

- di tipo viario: in particolare sono da annoverare diverse strade comunali ed interpoderali;
- rete elettrica aerea;
- rete elettrica interrata;
- reticolo idrografico: le aste fluviali presenti nell'area d'intervento. In questo caso l'Ente è l'Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale – ADB Basilicata.
- rete telefonica su palo.

### Accertamento di eventuali interferenze con strutture esistenti

La viabilità all'interno del parco, di tipo comunale, si presenta in condizioni variegata.

In particolare, alcune delle strade comunali risultano essere idonee, in termini di pendenze e di raggi di curvatura, al transito dei mezzi che dovranno trasportare i componenti degli aerogeneratori durante la fase di installazione degli stessi. Altre strade comunali, invece, non risultano esserlo, pertanto la prima interferenza con le strutture esistenti da annoverare è l'inadeguatezza di alcune strade al transito dei mezzi pesanti durante la fase di cantiere.

Inoltre, si evidenziano interferenze tra i cavidotti interrati ed il reticolo idrografico in diversi casi, sia lungo la viabilità esistente che di progetto; in tali situazioni è prevista la posa dei cavidotti mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) fino a raggiungere una profondità, in corrispondenza dell'intersezione, non inferiore a 2 m. In corrispondenza di eventuali ponticelli e/o viadotti, l'interferenza viene risolta mediante staffaggio (cfr. planimetria con individuazione delle interferenze).

Delle interferenze individuate, solo alcune necessitano della realizzazione ex novo di un attraversamento idraulico (Tombino) con la posa in opera di una tubazione di adeguato diametro tipo ARMCO (cfr. Relazione idrologica e idraulica).

In particolare il cavidotto di collegamento in diversi punti, verrà realizzato in TOC allo scopo di risolvere, senza interferenze visibili o dirette, anche l'intersezione con la rete elettrica interrata.

Tali interferenze sono meglio rappresentate negli elaborati "Planimetria con individuazione delle interferenze".

Per quanto riguarda l'interferenza tra strade comunali e le fasi di lavoro iniziali di installazione delle torri si rappresenta quanto segue.



Le strade giudicate non idonee al transito dei mezzi saranno oggetto di interventi di adeguamento per allargarne la sede stradale fino a circa 5.0 m, e nell'aumento del raggio di curvatura, il quale in nessun caso sarà inferiore a 70 metri.

La viabilità del parco prevede la progettazione di strade ex-novo, pertanto classificabili come nuovi interventi, che consentiranno l'accesso alle piazzole a servizio degli aerogeneratori.

