

Comune  
di Partanna



REGIONE  
SICILIANA



Comune  
di Castelvetro



COMMITTENTE:

**RWE**

**RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.**  
Via Andrea Doria 41/G - 00192 Roma,  
P.IVA/C.F. 06400370968  
Pec e.onclimateerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO SELINUS**

Documento:

**PROGETTO ESECUTIVO**

N° Documento:

**PESE\_PE\_00050**

ID PROGETTO:	PESE_PE	DISCIPLINA:	C	TIPOLOGIA:	DS	FORMATO:	A4
--------------	---------	-------------	---	------------	----	----------	----

TITOLO:

**RELAZIONE ELETTRICA**

FOGLIO:	1 di 1	SCALA:		FILE:	PESE_PE_00050_01_00
---------	--------	--------	--	-------	---------------------

Il Progettista:



**Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy

(Ing. Mariano Galbo)



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Aprile 2021	PRIMA EMISSIONE	AB	VF	MG

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
3.1.1. GENERALITÀ.....	5
3.1.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	5
3.1.3. SINTESI DEL PROGETTO.....	6
<b>3.2. AEROGENERATORI.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3. SOTTOSTAZIONE.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. POTENZA COMPLESSIVA E SOTTOCAMPI .....</b>	<b>11</b>
<b>3.5. SCHEMA ELETTRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.6. LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2. CALCOLO DELLE PORTATE.....</b>	<b>14</b>
4.2.1. DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO .....	15
▪ TEMPERATURA DEL TERRENO .....	15
4.2.2. NUMERO DI TERNE PER SCAVO .....	15
4.2.3. POSA DIRETTAMENTE INTERRATA.....	16
4.2.4. PROFONDITÀ DI POSA .....	16
4.2.5. RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO.....	17
4.2.6. TABULATI DI CALCOLO .....	17
<b>5. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI .....</b>	<b>19</b>
<b>5.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI.....</b>	<b>20</b>
<b>5.3. PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE.....</b>	<b>21</b>

## 1. PREMESSA

*Il presente documento descrive gli impianti elettrici relativi alla realizzazione del parco eolico denominato “Selinus” con potenza pari a 25,20 MW che la società RWE Renewables Italia (di seguito la “Società” o “RWE”) intende realizzare nei Comuni di Castelvetro (TP) e Partanna (TP).*

Il Progetto prevede l’installazione di 6 aerogeneratori eolici tripala, di potenza nominale pari a 4,20 MW ciascuna (per un totale installato di 25,20 MW).

Gli aerogeneratori verranno collegati tra loro tramite cavi in MT a 30 kV che trasporteranno l’energia prodotta alla cabina di trasformazione 30/150 kV da realizzare nel comune di Partanna, per la precisione in c.da Magaggiari, in prossimità dell’esistente sottostazione TERNA denominata “Partanna”. Da qui l’Impianto, tramite un cavo AT a 150 kV, verrà collegato in antenna a 150 kV sulla sezione 150 kV della Stazione Elettrica a 220/150 kV di Partanna per la consegna dell’energia prodotta alla RTN, così come previsto dalla Soluzione tecnica minima generale di connessione, comunicata dalla società TERNA in data 01/06/2018 con nota prot. N.Rif. TE/P2018-0004064-01/06/2018 – cod. pratica 201800190.

Lo schema di connessione, come riportato nella suddetta soluzione di connessione, prevede che la centrale elettrica venga “collegata in antenna a 150 kV sulla sezione 150 kV della Stazione Elettrica della RTN a 220/150 kV di Partanna”.

La tipologia di inserimento in antenna prevista consiste nell’utilizzo di un elettrodotto a 150 kV interrato da collegare con lo stallo uscita linea in area Utente da un lato e con lo stallo dedicato in Stazione Elettrica RTN di Partanna dall’altro.

Gli aerogeneratori scelti avranno un’altezza massima al mozzo di 100 m ed un diametro massimo del rotore di 136 m.

La presente relazione tecnica specialistica ha per oggetto la descrizione e il dimensionamento degli impianti elettrici previsti nell’ambito delle opere in progetto, con particolare riferimento al parco eolico.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa.

### **NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE:**

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";

### **NORMATIVA IMPIANTI EOLICI:**

- Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-3;V1: Impianti di produzione eolica;
- Norma CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- Norma CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

#### 3.1.1. GENERALITÀ

Di seguito si riportano alcune informazioni relative al sito su cui sorgerà la centrale eolica in oggetto insieme a una breve descrizione sintetica delle opere previste, rimandando ad altri capitoli e/o altre relazioni gli approfondimenti progettuali.

#### 3.1.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Progetto prevede la realizzazione di un impianto per la produzione di energia da fonte eolica, composto da 6 aerogeneratori tripala con potenza nominale da 4,20 MW ciascuno, dislocati nel territorio dei comuni di Castelvetrano e Partanna come segue:

- Comune di Castelvetrano: n° 1 aerogeneratore
  - PESE01 in C.da Marzuchi;
- Comune di Partanna: n° 5 aerogeneratori così distribuiti:
  - PESE02, PESE03, PESE04 in C.da Cerarsa;
  - PESE07 in C.da Frassino;
  - PESE09 in C.da Ruggero.

Dal punto di vista elettrico i 6 aerogeneratori sono stati suddivisi in 3 sottocampi differenti serviti da tre linee autonome che convoglieranno l'energia prodotta ad una nuova stazione di trasformazione 30/150 KV. Il tracciato segue la viabilità a servizio del parco eolico.

Tra le soluzioni possibili è stato individuato il tracciato più funzionale, che tiene conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. L'area di ubicazione della stazione di trasformazione ricade nel territorio del comune di Partanna (TP), a circa 200 m dalla SE RTN 150/220 kV di Partanna.

I due impianti, stazione TERNA e stazione di trasformazione "RWE Renewables Italia", si trovano in località/Contrada Magaggiari sulla Strada Comunale n° 119 di Partanna

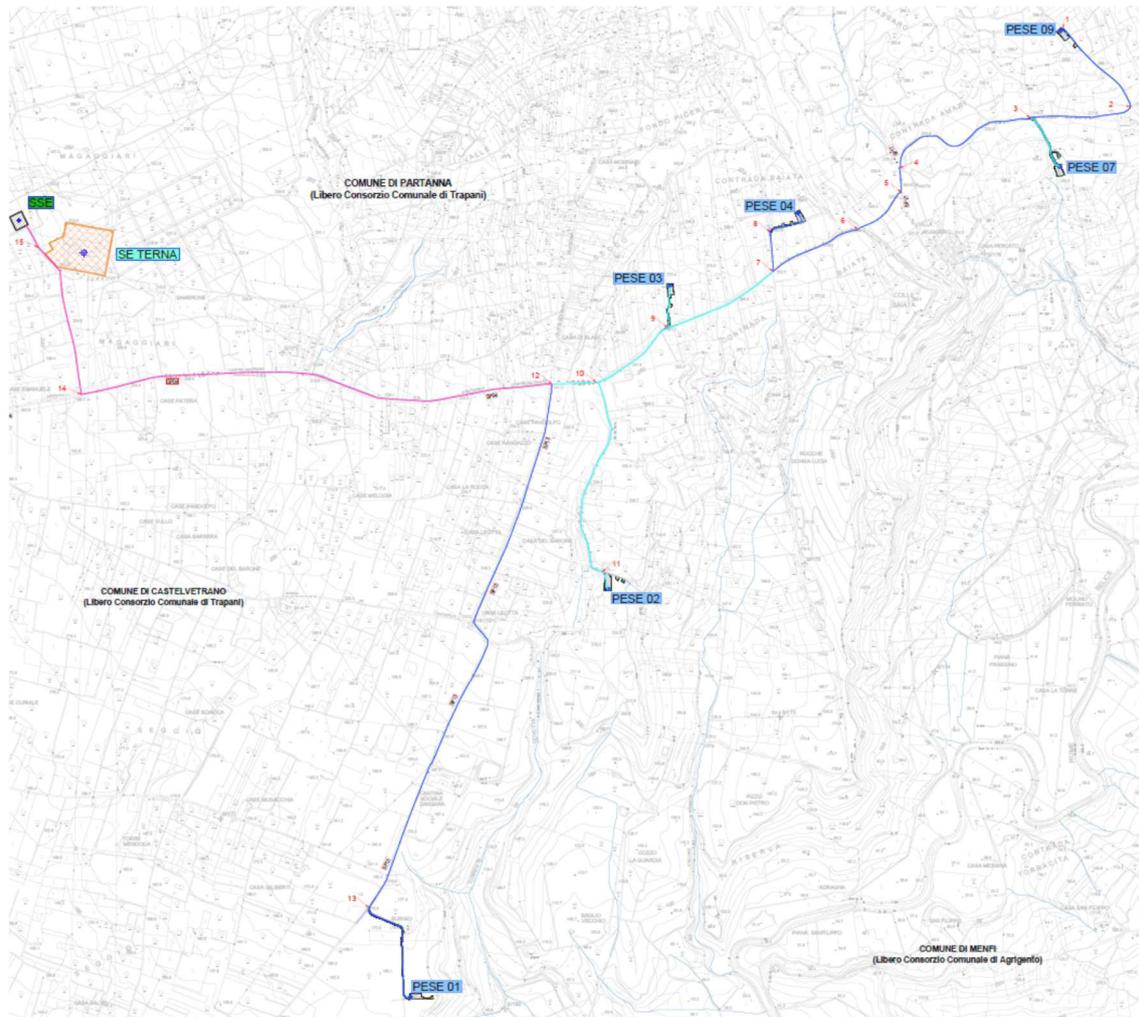


Fig. 1 - Stralcio Planimetria di inquadramento su CTR. 1:10000

### 3.1.3. SINTESI DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di tutte le opere civili funzionali all'installazione e al corretto esercizio del parco e, in particolare:

- Opere di viabilità e piazzole;
- Opere idrauliche, poste a presidio e a salvaguardia di strade e piazzole;
- Opere di scavo e ripristino della trincea necessaria alla posa dei cavi di potenza in MT;
- Opere di fondazione e sostegno degli aerogeneratori.

Come accennato in premessa, le opere saranno a servizio di n. 6 aerogeneratori forniti dalla società GOLDWIND GW136/4.2 MW T100, di altezza al mozzo di rotazione pari a 100,00 m, con rotore di diametro pari a 166,00 m, per un'altezza massima da terra pari a 168,00 m.

Per quanto attiene le dimensioni delle strade e delle piazzole, ci si è attenuti, alle specifiche che il fornitore di aerogeneratori in oggetto, GOLDWIND, ha definito per le GOLDWIND GW136/4.2 MW T100 e

riportate nelle specifiche fornito dal Committente.

In particolare, gli assi della viabilità avranno larghezza netta pari a 5,00 m, utile al trasporto dei main components, ovvero delle componenti l'aerogeneratore. La viabilità, in funzione dell'orografia del territorio, sarà realizzata secondo le tre classiche tipologie delle costruzioni stradali, ovvero in scavo, in rilevato e a mezza costa. Opportuni fossi di guardia saranno realizzati ai bordi delle strade. Tali opere di salvaguardia saranno realizzate anche nel caso in cui le opere di fondazione dell'aerogeneratore sono risultate in scavo rispetto alla viabilità e adiacenti alla stessa. In tal caso, il fosso eviterà che le acque che ruscellano sulle scarpate adiacenti l'aerogeneratore possano raggiungere la base dell'aerogeneratore stesso e ristagnare sull'opera di fondazione. La sede stradale sarà, usualmente, dotata di doppia falda con pendenza trasversale non superiore al 2%, dall'asse della stessa verso l'esterno, allo scopo di allontanare rapidamente le acque meteoriche verso i fossi di guardia (strade in scavo) o verso la sommità della scarpata (strade in rilevato). La pendenza longitudinale è di norma sempre inferiore al 12% nel solo asse di accesso. Per l'attività di erection degli aerogeneratori sono state progettate apposite piazzole di forma rettangolare aventi dimensioni minime pari a 35,00 m per 65,00 m che consentiranno l'agevole e sicuro accesso dei mezzi di trasporto dei main components, nonché il successivo posizionamento delle gru necessarie per l'assemblaggio degli aerogeneratori stessi. Nel prosieguo della presente relazione si forniranno maggiori dettagli in merito. Anche le piazzole saranno realizzate secondo le tre classiche tipologie della viabilità, in quanto le piazzole possono intendersi come un'estensione della viabilità a servizio dell'attività di erection dell'aerogeneratore.

Per quel che concerne le opere idrauliche, va preliminarmente ricordato che esse vanno realizzate a protezione della viabilità di progetto, in quanto quest'ultima viene ad interferire inevitabilmente con il reticolo idrografico naturale. Per consentire, quindi, il libero deflusso delle acque e di conseguenza per garantire la massima durabilità dell'infrastruttura stradale, è stato effettuato un attento studio idrologico al solo scopo di individuare le portate interferenti con la viabilità. Quindi, si è proceduto con il dimensionamento delle opere necessarie all'allontanamento delle acque, senza pregiudizio per la viabilità. Accanto a tali opere, che vanno sotto il nome di attraversamenti profondi, si annoverano i fossi di guardia, già ricordati, atti alla captazione delle acque ruscellanti lungo la viabilità, le scarpate e i drenaggi, aventi il ruolo di convogliare le acque intercettate presso il punto di scarico su versante (avendo cura di proteggere il punto di scarico per evitare pericolose erosioni del versante).

Infine, in riferimento alle opere necessarie per la posa dei cavi di potenza in MT, esse riguardano la realizzazione di apposite trincee per la collocazione delle linee elettriche. Nel caso in esame si poserà una terna di cavi unipolari, insieme al sistema di telecontrollo (una F.O.) e alla corda di rame, necessaria per conferire il potenziale terrestre a tutti gli aerogeneratori.

### 3.2. AEROGENERATORI

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica,.

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 4200 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- **rotore tripala a passo variabile**, di diametro di massimo 136 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- **navicella in carpenteria metallica** con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- **sostegno tubolare troncoconico in acciaio**, avente altezza fino all'asse del rotore al massimo pari a 100 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.

Si tratta di aerogeneratori di ultima generazione, già impiegati estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza (così come si dimostrerà in vari altri documenti: piano di produzione, studio di gittata etc.).

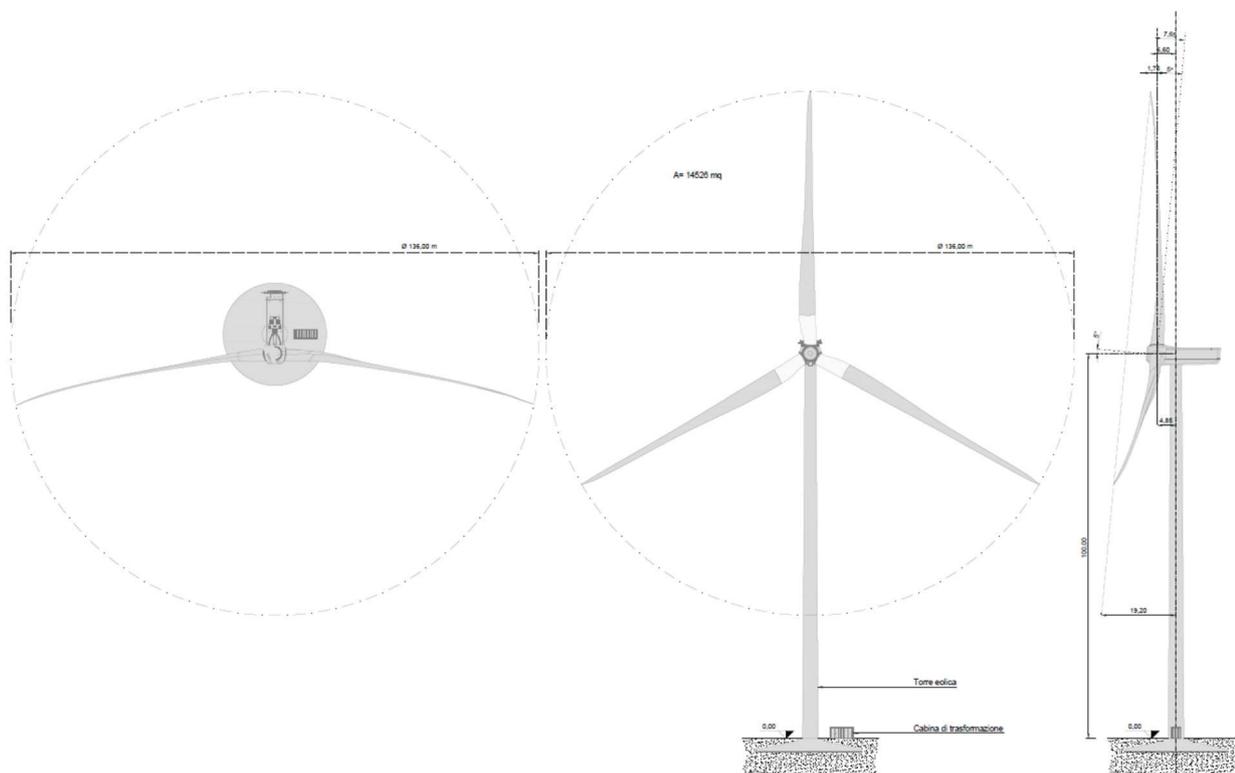
La turbina è equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea.

La segnalazione notturna consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Le turbine di inizio e fine tratto avranno una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.



*Fig.4 Schema tipo aerogeneratore*

### 3.3. SOTTOSTAZIONE

La Sottostazione Elettrica “RWE Renewables Italia” di Partanna costituisce impianto d’utente per la connessione; la sua funzione, come descritto in precedenza, è quella di convogliare l’energia prodotta dagli aerogeneratori, effettuare la trasformazione alla tensione nominale di 150 kV e interconnettere la propria sezione 150 kV a quella della stazione elettrica RTN 220/150kV di Partanna, tramite il collegamento in cavo AT.

La SSE RWE di Partanna sarà composta da:

- Uno stallo trasformatore con TR 30/150 kV da 63 MVA
- Uno stallo linea a 150 kV con uscita in cavo per l’interconnessione con la SE RTN Partanna
- Un sistema di sbarre con conduttori in tubo di alluminio con due campate da 11 m cadauna

Le principali apparecchiature AT costituenti l’impianto 150 kV sono:

- n. 2 interruttori AT;
- n. 1 sezionatore AT rotativo orizzontale con lame di terra
- n. 2 sezionatori AT a pantografo verticale
- n. 1 sezionatore di terra sbarre
- n. 6 trasformatori di tensione induttivi
- n. 6 trasformatori di tensione capacitivi
- n. 9 trasformatori di corrente
- n. 6 scaricatori ad ossido di zinco
- n. 3 terminali unipolari aereo/cavo XLPE
- n. 1 Trasformatori elettrici 150/30 kV da 63 MVA con Variatore Sotto Carico

Per una descrizione più approfondita della stazione elettrica di trasformazione RWE si rimanda al progetto della Sottostazione.

### 3.4. POTENZA COMPLESSIVA E SOTTOCAMPI

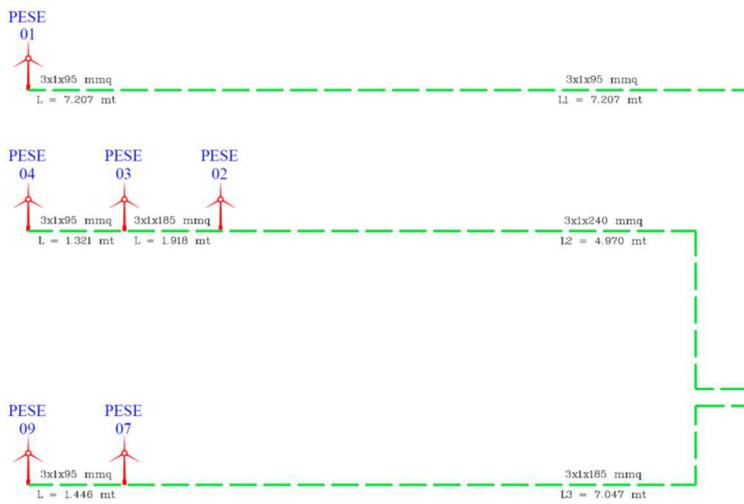
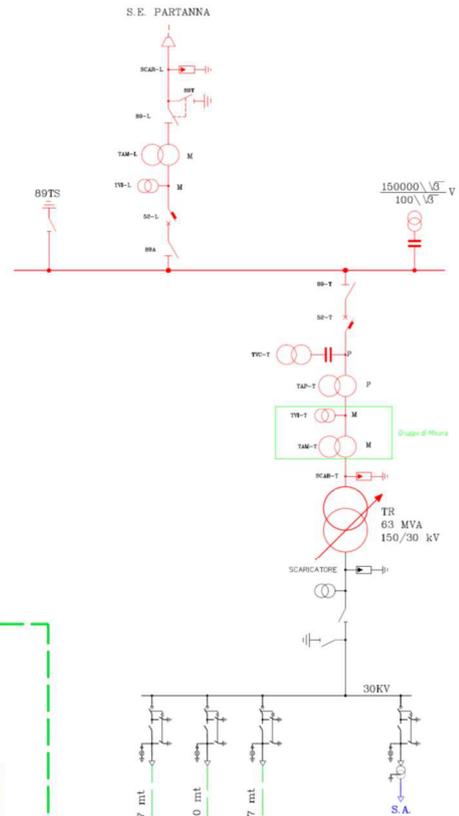
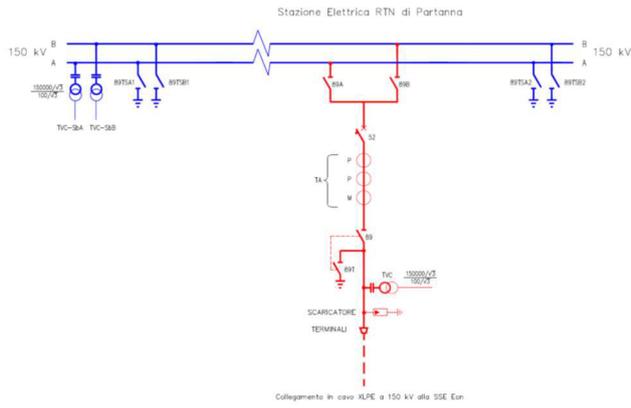
Il Progetto prevede l'installazione di 6 aerogeneratori eolici tripala, di potenza nominale pari a 4,20 MW ciascuna (per un totale installato di 25,20 MW).

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono raggruppati fra di loro costituendo così n.3 distinti sottocampi, come di seguito meglio rappresentato.

Sottocampo	Aerogeneratori	Potenza	Comune
LINEA 1	PESE 01-SSE	4,2 MW	Castelvetrano
LINEA 2	PESE 04- PESE 03- PESE 02-SSE	12,6 MW	Partanna
LINEA 3	PESE 09- PESE 07-SSE	8.4 MW	Partanna

### 3.5. SCHEMA ELETTRICO

L'immagine di seguito riportata mostra lo schema elettrico del parco eolico, con evidenza dei sottocampi e delle linee di collegamento..



### 3.6. LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO

Coerentemente con la suddivisione in sotto campi di cui al precedente paragrafo, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso la Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 220/30 kV è articolato su n.3 distinte linee elettriche a 30 kV, una per ciascun sotto campo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari variabili tra 95-180 e 240 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sotto campo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 30 kV, di sezione crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore. Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sotto campi che per la connessione alla SSEU, saranno del tipo standard con schermo elettrico). Nella tabella che segue si riporta calcolo preliminare delle linee elettriche di collegamento da rivalutare in fase esecutiva.

	LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]
<b>RWE</b>	<b>LINEA 1</b>	PESE 01	SSE	3x1x95	7200	4,2
	<b>LINEA 2</b>	PESE 04	PESE 03	3x1x95	1315	4,2
		PESE 03	PESE 02	3x1x185	1920	8,4
		PESE 02	SSE	3x1x240	4970	12,6
	<b>LINEA 3</b>	PESE 09	PESE 07	3x1x95	1445	4,2
		PESE 07	SSE	3x1x185	7030	8,4
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>						<b>25,200</b>

Tab 8

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,20 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato grafico PESE\_PE\_00047\_01\_00.

.

## 4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto delle seguenti disposizioni, tratte dalla norma CEI 11-17):

- Caduta di tensione lungo la linea minore del 3%;
- Perdite di potenza minori del 5%.

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione delle specifiche appena riportate, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito previste e la verifica della tenuta termica dei cavi.

### 4.1. CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

- P: potenza transitante;  
Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;  
R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;  
X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;  
V: tensione di esercizio del cavo (20kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 * R * I^2$$

- R: resistenza longitudinale del cavo;  
I: corrente transitante.

### 4.2. CALCOLO DELLE PORTATE

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove

- I<sub>z</sub> = portata effettiva del cavo  
I<sub>0</sub> = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C  
K1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C  
K2 = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano  
K3 = Fattore di correzione per profondità di interramento diversa da 0,8 m

$K4$  = Fattore di correzione per resistività termica diversa da  $1,5 \text{ k}^* \text{m/W}$

#### 4.2.1. *Dati tecnici del cavo utilizzato*

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno del sottocampo che per la connessione alla SSE, saranno a norma IEC 60502-2

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio, del tipo ARE4H1R 18/30 kV, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da miscela in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 30kV.

La tabella che segue mostra i dati tecnici del cavo impiegato, con particolare attenzione ai parametri necessari al calcolo.

Sezione	Resistenza di fase [ $\Omega / \text{km}$ ]	Reattanza di fase [ $\Omega / \text{km}$ ]	Portata nominale [ A ]
95 mm <sup>2</sup>	0,320	0,13	254
185 mm <sup>2</sup>	0,218	0,12	368
240 mm <sup>2</sup>	0,125	0,110	428

#### ▪ *Temperatura del terreno*

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C
Coefficiente	1,04	1	<b>0,96</b>	0,93

È stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà  **$K1 = 0,96$** .

#### 4.2.2. *Numero di terne per scavo*

Dagli elaborati grafici costituenti il presente progetto è stato ricavato il numero di cavi di media tensione presenti nella stessa trincea. A scopo cautelativo, per ciascuna tratta di collegamento si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. La tabella che segue mostra per ciascuna tratta la consistenza dei parallelismi.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	N. circuiti nella sez. di scavo
LINEA 1	PESE 01	SSE	3x1x95	3
LINEA 2	PESE 04	PESE 03	3x1x95	2
	PESE 03	PESE 02	3x1x185	2
	PESE 02	SSE	3x1x240	3
	PESE 09	PESE 07	3x1x95	2
	PESE 07	SSE	3x1x185	3

Per ciascuna tratta, sulla base del numero di circuiti installati sullo stesso piano, sono stati applicati i seguenti fattori correttivi **K2**

	Distanza fra i circuiti 0,25m		
N. circuiti	1	2	3
Coefficiente	1,00	0,90	0,85

#### 4.2.3. *Posa direttamente interrata*

Considerata la tipologia di posa, ossia direttamente interrata, non occorre applicare alcun fattore correttivo alla portata.

Si considerano infatti trascurabili le brevi tratte di posa in tubazione interrata relative a particolari attraversamenti, il cui effetto risulta di modesta entità.

A maggior salvaguardia, in corrispondenza di tali attraversamenti, la distanza fra le tubazioni interrate verrà aumentata sino a 0,5 m, così da potersi considerare validi gli stessi coefficienti di cui al paragrafo precedente, come previsto dalla norma CEI 11-17 allegato B tab. III.

#### 4.2.4. *Profondità di posa*

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,20 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a

quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE		
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,2
Coefficiente	1,00	0,98	0,96

Considerando il valore di posa di 1,20 m, si è ricavato per interpolazione il valore del coefficiente correttivo, che risulta **K3 = 0,96**.

#### **4.2.5. Resistività termica del terreno**

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K\*m/W.

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà **K4 = 1**.

#### **4.2.6. Tabulati di calcolo**

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato MT. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Corrente nominale [A]	Portata cavo nominale [A]	N. circuiti nella sez. di scavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta [A]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVar]	ΔV %	ΔV % cumulato	Potenza persa [kW]	Δp %	
<b>LINEA 1</b>	PESE 01	SSE	3x1x95	7200	4,2	85,18	254	3	0,792	201,05	42%	2,9952	0,936	1,380	1,54%	3,22%	65,202	1,55%	
<b>LINEA 2</b>	PESE 04	PESE 03	3x1x95	1315	4,2	85,18	254	2	0,838	212,87	40%	0,5470	0,171	1,380	0,28%	1,68%	11,908	0,28%	
	PESE 03	PESE 02	3x1x185	1920	8,4	170,37	368	2	0,838	308,41	55%	0,4186	0,230	2,761	0,46%	1,86%	36,446	0,43%	
	PESE 02	SSE	3x1x240	4970	12,6	255,55	428	3	0,792	338,77	75%	0,8201	0,547	4,141	1,40%	1,40%	160,665	1,28%	
	PESE 09	PESE 07	3x1x95	1445	4,2	85,18	368	2	0,838	308,41	28%	0,5123	0,282	1,380	0,28%	1,76%	11,152	0,27%	
	PESE 07	SSE	3x1x185	7030	8,4	170,37	486	3	0,838	407,31	42%	0,3901	0,325	2,761	0,46%	0,46%	33,965	0,40%	
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>25,200</b>														

## 5. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE

Per elettrocuzione si intende la condizione di contatto tra corpo umano ed elementi in tensione con attraversamento del corpo da parte della corrente. Condizione necessaria perché avvenga un infortunio per elettrocuzione è quella in cui si crei una differenza di potenziale tra due punti della superficie corporea. Tale situazione potrebbe verificarsi nel caso di un contatto del corpo non isolato elettricamente da terra con un conduttore in tensione.

La gravità delle conseguenze dell'elettrocuzione dipende dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalla durata di tale evento, dagli organi coinvolti nel percorso e dalle condizioni del soggetto.

Per ciascuna delle sorgenti di cui ai capitoli precedenti, nonché per tutte le componenti in tensione del parco, è stato valutato il rischio di elettrocuzione nel caso si venga a contatto con parti in tensione.

In particolare, sono stati presi in esame i seguenti rischi:

- Contatti elettrici diretti;
- Contatti elettrici indiretti;
- Fulminazione diretta;

### 5.1. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Gli impianti verranno costruiti in maniera tale da evitare qualunque contatto non intenzionale con le parti attive del sistema o il raggiungimento di zone pericolose nelle immediate vicinanze delle parti attive.

Per quanto riguarda le parti di impianto relative agli aerogeneratori e alla stazione di trasformazione, la norma CEI 11-1 le classifica come aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.2 della norma, ossia involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, con le misure prescritte dalla norma.

Per quanto riguarda invece gli elettrodotti interrati, la norma li classifica come esterni ad aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.1 della norma, ossia involucri e distanziamento; si farà nello specifico uso di cavi con guaina e schermo di isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata inoltre dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

## 5.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

Per garantire la protezione dai contatti indiretti, l'intero impianto eolico nel suo complesso è dotato di un impianto di terra, dimensionato per garantire il rispetto dei parametri indicati dalla normativa.

Presso ciascun aerogeneratore verrà realizzato un proprio impianto di terra, a mezzo di anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore, collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato, verrà posato nel fondo dello scavo una treccia di rame della sezione di 50 mm<sup>2</sup>, tale da connettere tra loro tutte le maglie di terra intorno agli aerogeneratori, formando un unico impianto di terra. A tale treccia verranno collegati tutti gli schermi dei cavi presso i giunti.

Infine, presso la sottostazione di trasformazione, verrà realizzato un impianto di terra al quale verranno connesse tutte le parti metalliche non in tensione, così pure il centro stella del trasformatore.

Verranno inoltre installati dispositivi di protezione tali da garantire l'intervento automatico in caso di guasto.

La protezione contro i contatti indiretti è quindi assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ivi compresi i centri stella dei trasformatori MT/BT installati presso gli aerogeneratori, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;

- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 “Prescrizioni per la sicurezza” e della Norma CEI 11-1 parte 7 “Misure di Sicurezza”).

### **5.3. PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE**

Gli aerogeneratori implementano già al loro interno un sistema di protezione contro le fulminazioni, costituito da un sistema di captazione, realizzato con un anello di alluminio disposto sulle pale, da una linea di drenaggio e da una rete di terra realizzata intorno alla fondazione dell'aerogeneratore.