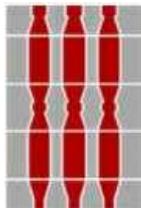


Regione Umbria



Provincia di Terni



Comune di  
Castel Giorgio



Comune di  
Orvieto



Committente:

**RWE**

**RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.**

via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma

P.IVA/C.F. 06400370968

PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO "PHOBOS"**

- Comune di Castel Giorgio ed Orvieto (TR) -

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI**

N° Documento:

PEOS\_OC\_01\_1

ID PROGETTO:

**PEOS**

DISCIPLINA:

**PD**

TIPOLOGIA:

**R**

FORMATO:

**A4**

Elaborato:

**Relazione tecnica impianto eolico**

FOGLIO:

-

SCALA:

-

Nome file:

PEOS\_OC\_01\_1\_relazione\_tecnica.pdf

Progettazione:



**NEW DEVELOPMENTS S.r.l.**  
piazza Europa, 14  
87100 Cosenza (CS)

Progettista:



dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro



dott. ing. Amedeo Costabile



dott. ing. Francesco Meringolo

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	18/05/2021	PRIMA EMISSIONE	New Developments	RWE	RWE

## Indice

1. Descrizione tecnica generale .....	2
1.1 Aerogeneratori .....	2
1.2 Opere elettriche.....	6
1.3 Opere architettoniche .....	8
2. Previsione della produzione energetica .....	10
3. Criteri di scelta della protezione impiantistica contro i fulmini .....	11

## 1. Descrizione tecnica generale

La presente relazione tecnica riporta la sintesi delle principali caratteristiche tecniche dell'impianto eolico in progetto da ubicarsi nel territorio dei comuni di **Castel Giorgio** (TR) e **Orvieto** (TR), denominato "**Phobos**" e costituito da n. 7 aerogeneratori del tipo SG 170 aventi potenza nominale di 6 MW/cad per una potenza complessiva di 42 MW.

Oltre agli aerogeneratori ed alle opere strettamente necessarie, quali viabilità di accesso e piazzole di montaggio/stoccaggio, il progetto prevede la realizzazione di:

- Elettrodotto interrato di MEDIA TENSIONE a 30kV: sviluppo complessivo circa 23,323 km;
- Elettrodotto interrato di ALTA TENSIONE: sviluppo complessivo circa 200 m;
- Sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT;
- Opere di rete previste nella Soluzione tecnica minima (STMG) rilasciata dall'ente gestore TERNA S.p.a.

### 1.1 Aerogeneratori

Gli aerogeneratori in progetto si compongono dei seguenti elementi: struttura di fondazione; torre di sostegno composta da trami in acciaio, mozzo, tre lame, rotore, moltiplicatore di giri, generatore, sistemi di controllo ed orientamento, navicella, trasformatore, componentistica elettrica, impianto di messa a terra.

La torre di sostegno è del tipo tubolare a cinque trami con unioni bullonate, idoneamente ancorata alla struttura di fondazione. All'estremità superiore sarà collegata, tramite idonea bullonatura, la navicella contenete gli elementi tecnologici necessaria alla conversione dell'energia, il rotore (collegato all'albero di trasmissione) e le lame (o pale) per la captazione del vento.

Ogni aerogeneratore presenta i seguenti dati geometrici, meccanici ed elettrici:

<b>Modello tipo Siemens Gamesa 170</b>	
Altezza mozzo dal piano campagna (Hub) [m]	115
Lunghezza lame [m]	85
Diametro del rotore [m]	170
Altezza complessiva dal piano campagna [m]	200
Velocità di cut-off [m/s]	25
Potenza nominale [MW]	6,0



Figura 1 - immagine rappresentativa dell'aerogeneratore

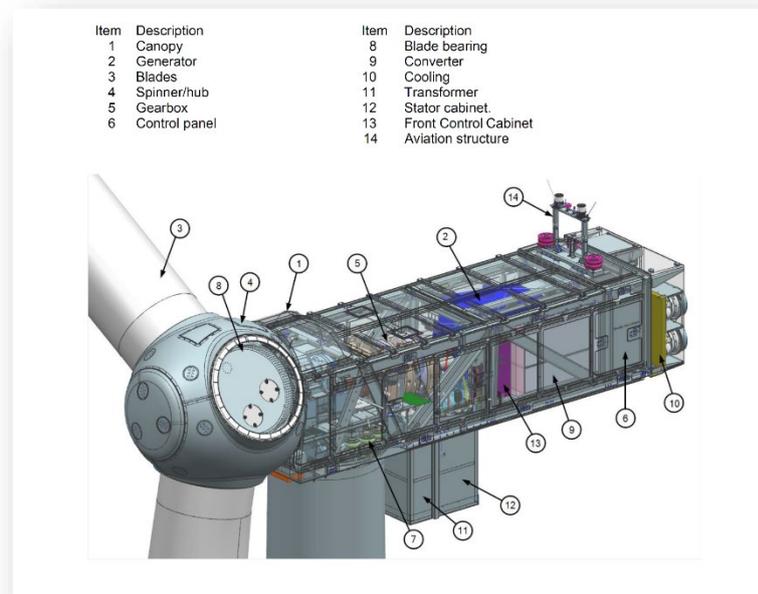


Figura 2 - Schema rappresentativo della navicella

- *Rotore e navicella:*

Il rotore è una costruzione a tre lame installato su torre in acciaio tubolare. La potenza in uscita è controllata dalla regolazione della domanda di passo e coppia. La velocità del rotore è variabile ed è progettata per massimizzare la potenza erogata mantenendo carichi e rumorosità.

La navicella è stata progettata per un accesso sicuro a tutti i punti di servizio durante il servizio programmato. Inoltre la navicella è stata progettata per la presenza sicura dei tecnici dell'assistenza nella navicella durante il servizio Prove con la turbina eolica in piena attività. Ciò consente un servizio di alta qualità della turbina eolica e fornisce condizioni ottimali per la risoluzione dei problemi.

- *Lame*

Le lame Siemens Gamesa 6.X sono costituite da infusione di fibra di vetro e stampaggio di componenti in pultruso di carbonio. La struttura della pala utilizza gusci aerodinamici contenenti copri-longheroni incorporati, incollati a due principali nastri di taglio epossidici-fibra di vetro-balsa/schiuma. Le lame Siemens Gamesa 5.X utilizzano una lama con design basato su profili alari proprietari SGRE.

- *Mozzo del rotore*

Il mozzo del rotore è fuso in ghisa sferoidale ed è fissato all'albero a bassa velocità della trasmissione con una connessione a flangia. L'hub è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle pale e cuscinetti del passo dall'interno della struttura.

- *Trasmissione*

La trasmissione è un concetto di sospensione a 4 punti: albero principale con due cuscinetti principali e cambio con due bracci di reazione montati al telaio principale.

Il cambio è in posizione cantilever; il porta-satelliti del cambio è assemblato all'albero principale per mezzo di un giunto bullonato a flangia e sostiene il riduttore.

L'albero principale a bassa velocità è forgiato e trasferisce la coppia del rotore al cambio e al telaio tramite i cuscinetti di banco e gli alloggiamenti dei cuscinetti di banco.

L'albero a bassa velocità della turbina eolica è supportato da due cuscinetti a rulli conici. I cuscinetti sono lubrificato a grasso.

Detto cambio è del tipo ad alta velocità a 3 stadi (2 planetari + 1 parallelo).

Il generatore è del tipo trifase asincrono a doppia alimentazione con rotore avvolto, collegato a un convertitore PWM di frequenza. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi costituiti da lamierini magnetici impilati e avvolgimenti formati. Il generatore è raffreddato ad aria.

Il freno meccanico è montato sul lato opposto alla trasmissione del cambio.

Un telaio del letto in ghisa collega la trasmissione alla torre. Il cuscinetto di imbardata è un anello con ingranaggi esterni con un cuscinetto di attrito. Una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici aziona l'imbardata.

La protezione contro le intemperie e l'alloggiamento attorno ai macchinari nella navicella sono in fibra di vetro rinforzata pannelli laminati.

La turbina eolica è montata di serie su una torre tubolare rastremata in acciaio dotata di salita interna e accesso diretto al sistema di imbardata e navicella. La salita è dotata di pedane e illuminazione elettrica interna.

Il controller della turbina eolica è un controller industriale basato su microprocessore, completo di quadro e dispositivi di protezione e auto-diagnostica.

Collegato direttamente al rotore, il convertitore di frequenza è un sistema di conversione 4Q back to back con 2 VSC in un collegamento CC comune. Il convertitore di frequenza consente il funzionamento del generatore a velocità variabile, fornendo potenza a frequenza e tensione costanti al trasformatore MT.

La turbina eolica è inoltre dotata di collegamento al CSSS. Questo sistema offre il controllo remoto, una varietà di visualizzazioni di stato e rapporti utili da un browser Web Internet standard. Esso fornisce informazioni su dati elettrici e meccanici, funzionamento e stato di guasto, dati meteorologici e dati della stazione di rete.

Oltre al CSSS, la turbina eolica può essere dotata dell'esclusivo monitoraggio delle condizioni SGRE. Questo sistema monitora il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta l'effettivo spettri di vibrazione con una serie di spettri di riferimento stabiliti. La Revisione dei risultati, analisi dettagliata e la riprogrammazione può essere eseguita utilizzando un browser web standard.

La turbina eolica funziona automaticamente. Si avvia automaticamente quando la coppia aerodinamica raggiunge a certo valore. Al di sotto della velocità del vento nominale, il controller della turbina eolica fissa i riferimenti di passo e coppia per operare nel punto aerodinamico ottimale (massima produzione) tenendo conto del generatore capacità. Una volta superata la velocità del vento

nominale, la richiesta della posizione del passo viene regolata per mantenere stabile potenza prodotta pari al valore nominale.

Se è abilitata la modalità declassata per vento forte, la produzione di energia è limitata una volta che la velocità del vento supera a valore di soglia definito dal progetto, fino al raggiungimento della velocità del vento di spegnimento e all'arresto della turbina produrre energia.

Se la velocità media del vento supera il limite operativo massimo, la turbina eolica viene arrestata da beccheggio delle lame. Quando la velocità media del vento scende di nuovo al di sotto del vento medio di riavvio velocità, i sistemi si ripristinano automaticamente.

Si rimanda agli allegati alla presente relazione tecnica per una completa descrizione dell'aerogeneratore utilizzato.

## **1.2 Opere elettriche**

Le opere elettriche sono costituite da:

- *Parco Eolico*: costituito da n°7 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,0 MW che convertono l'energia cinetica del vento in energia elettrica per mezzo di un generatore elettrico. Un trasformatore elevatore 0,690/30 kV porta la tensione al valore di trasmissione interno dell'impianto;
- *le linee interrate in MT a 30 kV*: convogliano la produzione elettrica degli aerogeneratori alla Stazione di Trasformazione 30/132 kV;
- *la stazione di trasformazione 30/132 kV (SET)*: trasforma l'energia al livello di tensione della rete AT. In questa stazione vengono posizionati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta;
- *stallo TERNA a 132 kV (IR - impianto di rete per la connessione)*: è il nuovo stallo di consegna a 132 kV che verrà realizzato sulla sezione a 132 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) di proprietà di TERNA;
- *n° 1 collegamento in cavo a 132 kV*: breve tratto di cavo interrato a 132 kV necessario per il collegamento in antenna della SET al IR.

La rete di media tensione a 30 kV sarà composta da n° 3 circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole di progetto precisando che nel caso di posa su strada esistente l'esatta posizione del cavidotto rispetto alla careggiata sarà opportunamente definito in

sede di sopralluogo con l'Ente gestore in funzione di tutte le esigenze dallo stesso richieste, pertanto il percorso su strada esistente indicato negli elaborati progettuali è da intendersi, relativamente alla posizione rispetto alla carreggiata, del tutto indicativo.

Detta rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARP1H5E (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella seguente tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1 K m /W):

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]
400	563	0,102
630	735	0,061

Tabella 1– Sezioni e caratteristiche cavi elettrici

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 mm o 750 mm, mentre i tubi 250 mm devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

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

La rete di terra sarà costituita dai seguenti elementi:

- anello posato attorno a ciascun aerogeneratore (raggio R=15 m);
- la corda di collegamento tra ciascun anello e la stazione elettrica (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza);
- maglia di terra della stazione di trasformazione;
- maglia di terra della stazione di connessione alla rete AT.

La rete sarà formata da un conduttore nudo in rame da 50 mm<sup>2</sup> e si assumerà un valore di resistività  $\rho$  del terreno pari a 150  $\Omega$ m.

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata nella stazione elettrica mediante cavi interrati. La posa dei cavi, ad una profondità non inferiore ad 1,2 m e le modalità di realizzazione sono meglio illustrate delle tavole grafiche di progetto [cfr. rif. PEOS\_OE\_11\_0 – Sezione tipo elettrodotti interrati].

I cavidotti interrati saranno dotati di pozzetti di ispezione dislocati lungo il percorso. Per i tratti su carreggiate stradali esistenti, ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli Enti proprietari e gestori del tratto di strada interessato e comunque sarà disposta un'opportuna segnalazione a

mezzo nastro segnalatore all'interno dello scavo ed un'ídonea segnalazione superficiale con appositi cippi segna cavo. Il percorso del cavidotto è stato scelto in modo da limitare al minimo l'impatto in quanto viene prevalentemente realizzato lungo la viabilità esistente, a bordo o lungo la strada ed utilizzando mezzi per la posa con limitate quantità di terreno da smaltire in quanto prevalentemente riutilizzabile per il rinterro. Tale percorso, come meglio rappresentato nelle allegate tavole grafiche, riguarda prevalentemente: il collegamento in Media Tensione tra le turbine e la stazione di trasformazione e la condivisione dello stallo con altro produttore.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà immessa nella rete a 132 kV in corrispondenza della Stazione Elettrica di Trasformazione (SET) fino alla futura stazione elettrica RTN 380/132 kV TERNA in condivisione di stallo con altro produttore. La SET è costituita da una sezione a 132 kV e una sezione a 30 kV avente n°3 montanti di collegamento ai generatori.

Il sistema AT a 132 kV è costituito da n°1 stallo trasformatore che sarà composto dalle seguenti apparecchiature isolate in aria:

- N° 1 trasformatore 30/132 kV di potenza 40/50 MVA (ONAN/ONAF) con variatore di rapporto sotto carico, TRAF0;
- N° 3 scaricatori di sovratensione, SC;
- N° 3 trasformatori di tensione induttivi (fatturazione), TVI;
- N° 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione), TA;
- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF<sub>6</sub> con comando tripolare, INT;
- N° 3 trasformatori di tensione capacitivi (protezione), TVC;
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare), SEZ.

### ***1.3 Opere architettoniche***

Le opere architettoniche previste nel presente progetto sono essenzialmente riconducibili alla sottostazione elettrica che di seguito si descrivono.

#### Piattaforma

I lavori riguarderanno l'intera area della sottostazione e consisteranno nell'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento e compattamento fino ad arrivare alla quota di appianamento prevista.

## Fondazioni

Si realizzeranno le fondazioni necessarie alla stabilità delle apparecchiature esterne a 150 kV e 30 kV.

## Basamento e deposito di olio del trasformatore MT/AT

Per l'installazione dei trasformatori di potenza si costruirà un idoneo basamento, formato da fondazioni di appoggio, una vasca intorno alle fondazioni per la raccolta di olio che, durante un'eventuale fuoriuscita, raccoglierà l'olio isolandolo. Detta vasca dovrà essere impermeabile all'olio ed all'acqua, così come prescritto dalla CEI 99-2.

## Drenaggio di acqua pluviale

Il drenaggio di acqua pluviale sarà realizzato tramite una rete di raccolta formata da tubature drenanti che canalizzeranno l'acqua attraverso un collettore verso l'esterno, orientandosi verso le cunette vicine alla sottostazione.

## Canalizzazioni elettriche

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo. Queste canalizzazioni saranno formate da solchi, archetti o tubi, per i quali passeranno i cavi di controllo necessari al corretto controllo e funzionamento dei distinti elementi dell'impianto.

## Accesso e viali interni

E' stato progettato l'accesso alla SET da una strada che passa vicino alla stessa. Si costruiranno i viali interni (4 m di larghezza) necessari a permettere l'accesso dei mezzi di trasporto e manutenzione richiesti per il montaggio e la manutenzione degli apparati della sottostazione.

## Recinzione

La recinzione dell'area della SET sarà costituita da un cordolo di fondazione in calcestruzzo armato gettato in opera sul quale verranno inseriti dei pilastri prefabbricati in calcestruzzo armato. La recinzione sarà alta 2,3 m dal suolo, rispettando il regolamento che ne stabilisce un'altezza di 2 m (CEI 99-2).

L'accesso alla SET sarà costituito da un cancello metallico scorrevole della larghezza di 7 metri.

L'edificio di controllo SET sarà composto dai seguenti vani:

- Locale celle MT
- Locale BT e trafo MT/BT;
- Locale Gruppo Elettrogeno,
- Locale comando e controllo,
- Locale servizi igienici;
- Magazzino.

## 2. Previsione della produzione energetica

Per la valutazione della prevista produzione di energia elettrica è stato redatto ed allegato al presente progetto definitivo uno specifico studio anemologico del sito dal quale è stato possibile ricavare i risultati della stima condotta per ogni singola turbina e cumulativi dell'intero impianto eolico in progetto (Cfr. rif **PEOS\_OC\_33\_0\_Studio Anemologico**).

La direzione prevalente del vento in sito mostra chiaramente una direzione Nord Nord-Est.

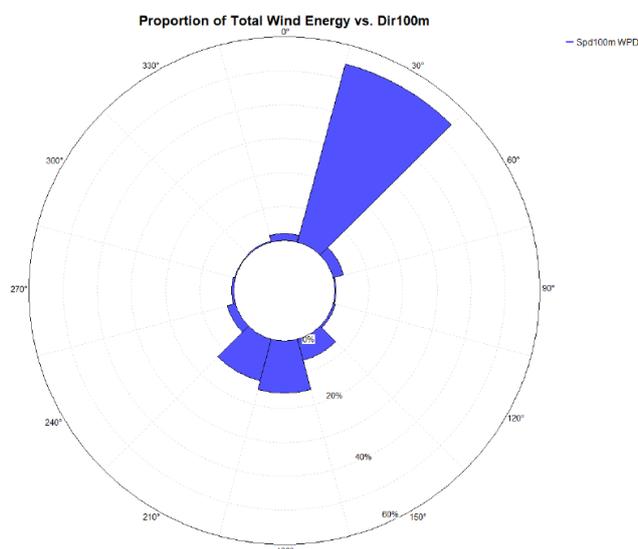


Figura 3 – Distribuzione energetica della VMM da Vortex-ERA 5 seriea 100 m di altezza.

Considerando le incertezze totali si riportano i risultati ottenuti dall'analisi di stima anemologica in termini di Rendimento energetico netto (Net Yield) e di ore equivalenti di pieno carico nette (Full load hours).

WTG	UTM WGS84 FUSO 33N		Elevation (m)	Hub Height (m)	Free Wind Speed (m/s)	Net (MWh/year)	NCF (%)	FLH
	Easting	Northing						
1	253.488,10	4.729.906,00	613	115	7.25	19 334	36.8%	3222
2	254.065,70	4.728.543,00	627	115	7.61	20 412	38.8%	3402
3	254.804,20	4.728.373,00	630	115	7.43	19 606	37.3%	3268
4	256.312,55	4.728.065,42	566	115	7.09	18 655	35.5%	3109
5	255.079,00	4.727.650,00	614	115	7.24	19 016	36.2%	3169
6	258.302,80	4.726.951,00	569	115	7.04	18 630	35.4%	3105
7	257.060,20	4.726.685,33	562	115	6.83	17 793	33.9%	2966
<b>Total</b>					<b>7.21</b>	<b>133 446</b>	<b>36.3%</b>	<b>3177</b>

Tabella 2– Risultati per singolo aerogeneratore.

Le risultanze dello studio stimano una produzione netta media complessiva del parco eolico “Phobos” di circa **133,4 GWh/anno** corrispondenti a circa **3.177 heq**.

### 3. Criteri di scelta della protezione impiantistica contro i fulmini

L'efficienza della rete di terra dell'impianto eolico, si può ritenere raggiunta quando, alla presenza delle massime correnti di corto circuito legate al sistema elettrico d'alimentazione dell'impianto stesso, non si determinino tensioni di contatto e di passo pericolose per persone all'interno ed alla periferia dell'area interessata. L'efficienza della rete di terra è quindi legata ad una sufficiente capacità di disperdere la corrente di guasto (basso valore di resistenza totale) ma, in misura maggiore, ad un'uniformità del potenziale su tutta l'area dell'impianto utilizzatore (tensioni di passo e di contatto, gradienti periferici e differenze di potenziale fra diverse masse metalliche di valore limitato).

L'impianto di terra sarà pertanto costituito dalle seguenti parti:

- un adeguato dispersore lineare di collegamento equipotenziale di tutti gli aerogeneratori;
- adeguata rete di terra per la cabina di impianto e la stazione di consegna meglio descritta nella relazione tecnica opere elettriche.

La torre in acciaio tubolare di ogni aerogeneratore assicura il percorso naturale delle correnti da fulmine verso terra. Per la dispersione delle stesse si sfruttano le armature del plinto di fondazione collegate fisicamente alla torre tramite connessioni realizzate lungo il perimetro di base del tubolare.

In prossimità del plinto saranno realizzati idonei dispersori dell'impianto di terra. Tutte le giunzioni e connessioni avverranno in modo da garantire la continuità meccanica ed elettrica.

i progettisti:

