

REGIONE
SICILIANA



COMUNE DI
RIBERA



COMUNE DI
CALAMONACI



Il Committente:

NP Sicilia 5

NP SICILIA 5 S.R.L.
Via San Marco, 21, CAP 20121 Milano (MI)
C.F. e P. IVA 12930310961
REA MI-2693053
PEC: npsicilia5@legalmail.it
Legale Rappresentante STEFANO PIERONI

Il Progettista:



dott. ing. VITTORIO RANDAZZO

dott. ing. VINCENZO DI MARCO



Titolo del progetto:

PARCO EOLICO "BELMONTE"
POTENZA NOMINALE 30,5 MW

Elaborato:

PROGETTO DEFINITIVO

Codice Elaborato:

NPS5_RIB_D06_REL

TITOLO ELABORATO:

Stima di producibilità



FOGLIO:

SCALA:

FORMATO:

A4

| Rev: | Data | Descrizione Revisione | Redatto | Controllato | Approvato |
|------|------------|-----------------------|---------|-------------|-----------|
| 0 | 21/07/2023 | | | V.D. | V.R. |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|------------------------------|
|  | <p align="center">PARCO EOLICO “BELMONTE”</p> |  | | |
| | |  | | |
| <p align="center">STIMA DI PRODUCIBILITA’</p> | | <p align="center">21/07/2023</p> | <p align="center">REV.0</p> | <p align="center">Pag. 1</p> |

Sommario

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 2 |
| 1.1. Premessa..... | 2 |
| 1.2. Inquadramento geografico del sito | 2 |
| 1.3. Metodologia di analisi | 4 |
| 2. CRITERI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE | 8 |
| 2.1. Modello digitale orografico | 8 |
| 2.2. Mappa di rugosità..... | 8 |
| 2.3. Ostacoli | 8 |
| 2.4. Densità dell’aria | 9 |
| 2.5. Risorsa eolica | 9 |
| 2.6. Descrizione dell’aereogeneratore..... | 13 |
| 3. CALCOLO E VERIFICA DELLA PRODUZIONE ATTESA | 16 |
| 3.1. Stima della produzione energetica | 16 |
| 3.2. Verifica dell’idoneità del sito | 19 |
| 3.3. Conclusioni | 20 |

| | | | |
|---|--------------------------------|---|-------|
|  | PARCO EOLICO “BELMONTE” |  | |
| | |  | |
| STIMA DI PRODUCIBILITA' | | 21/07/2023 | REV.0 |
| | | Pag. 2 | |

1. INTRODUZIONE

1.1. Premessa

Il presente documento rappresenta la valutazione preliminare di ventosità e di produzione di energia elettrica del progetto dell’impianto eolico costituito da n° 5 aerogeneratori con potenza unitaria pari a 6,1 MW, per una potenza complessiva di 30,5 MW. L’energia prodotta afferisce mediante un sistema in cavo interrato alla stazione elettrica di trasformazione, il collegamento alla Rete di trasmissione Nazionale avviene per mezzo di una nuova stazione di smistamento a 220 kV della RTN da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 220 kV “Favara – Partanna”.

1.2. Inquadramento geografico del sito

Il sito di installazione è localizzato in Sicilia e precisamente nei Comuni di Calamonaci (AG) e Ribera (AG) con soluzione di connessione che interesserà entrambi i comuni.

Complessivamente, l’area si inserisce in ambito agricolo con prevalenza di seminativi.

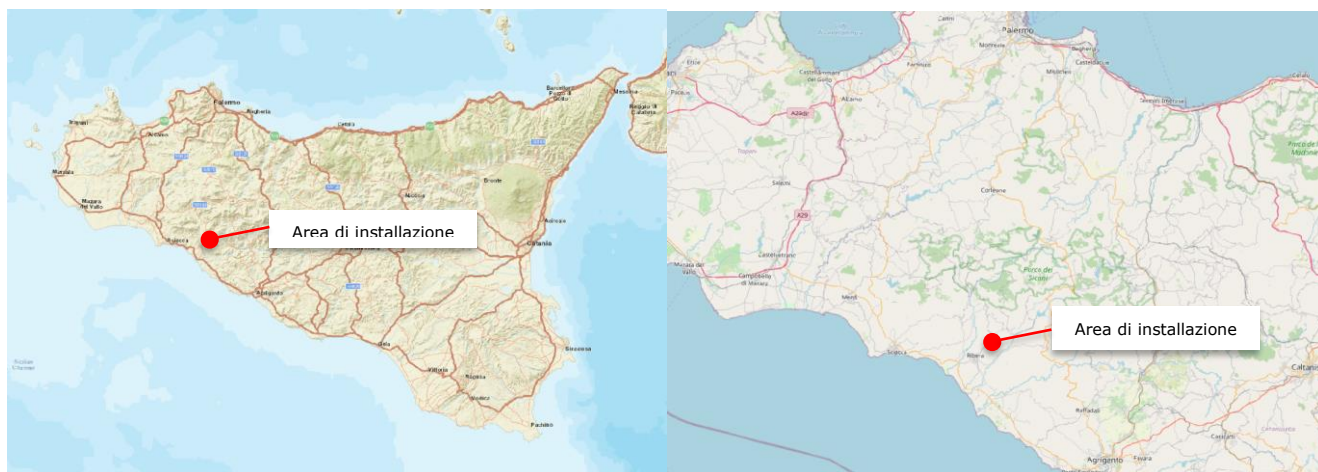


Figura 1: Sito di installazione

Nel suo insieme l’area di progetto risulta essere ben esposta ai venti dominanti soprattutto per le componenti energeticamente più importanti che provengono sostanzialmente dai settori Nord-ovest ed Est.

La disposizione degli aerogeneratori all'interno dell'area individuata per il parco eolico si è basata su diversi criteri che conciliano il massimo sfruttamento dell'energia del vento con il rispetto dei vincoli

paesaggistici e territoriali.

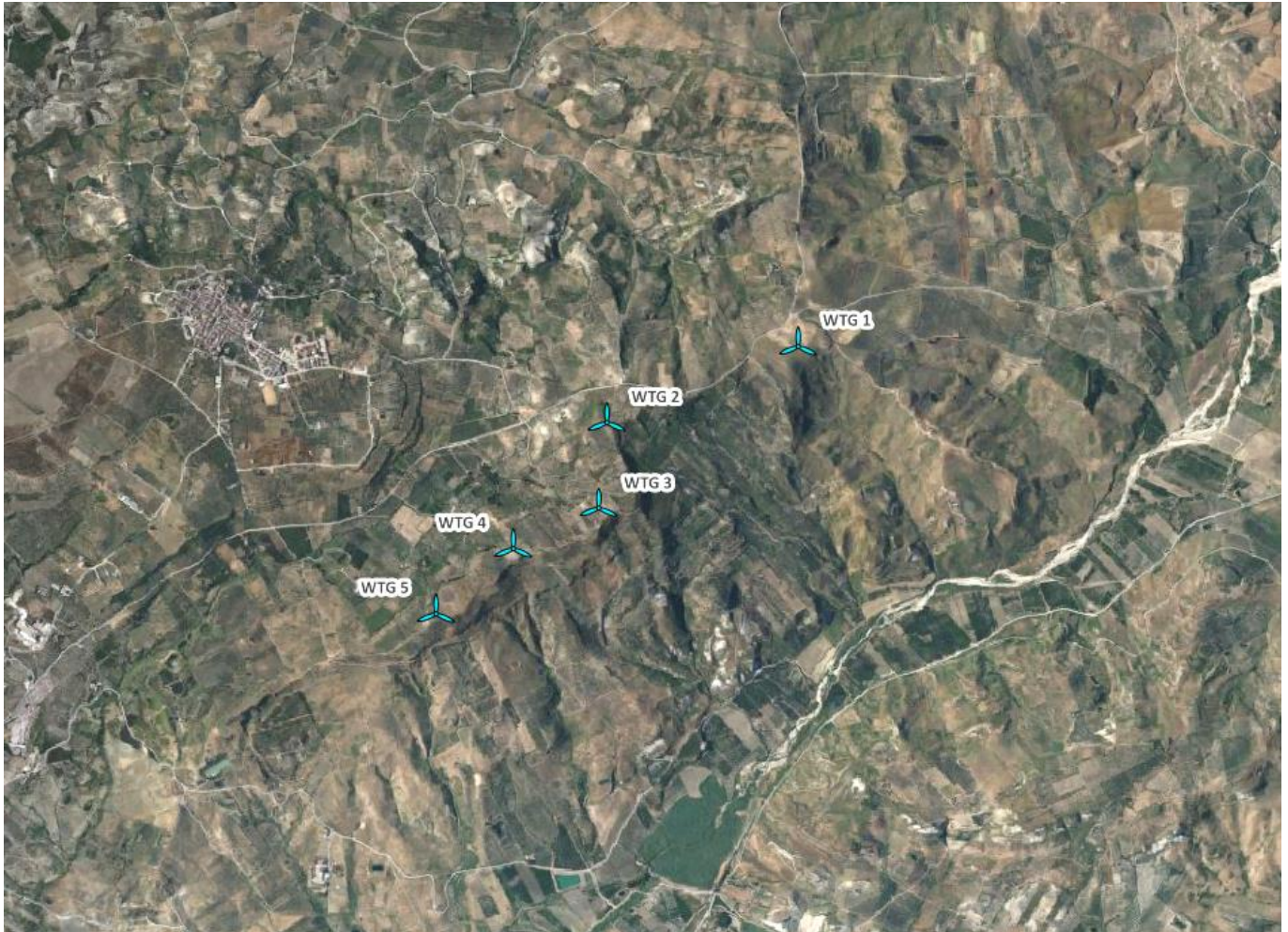


Figura 2: Layout del parco eolico

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento Geo [deg,min] - WTG84:

| ID Turbina | Comune | Nord | Est | Altezza s.l.m. (m) |
|--------------|------------|---------------|---------------|--------------------|
| WTG01 | Calamonaci | 37°31'30.68"N | 13°19'25.95"E | 334 |
| WTG02 | Calamonaci | 37°31'17.14"N | 13°18'45.58"E | 397 |
| WTG03 | Calamonaci | 37°31'2.67"N | 13°18'44.30"E | 376 |
| WTG04 | Ribera | 37°30'55.57"N | 13°18'26.31"E | 363 |
| WTG05 | Ribera | 37°30'44.34"N | 13°18'10.12"E | 364 |

| | | | | |
|---|--|--|-----------------------------|------------------------------|
|  | <p align="center">PARCO EOLICO “BELMONTE”</p> |   | | |
| | <p align="center">STIMA DI PRODUCIBILITA'</p> | <p align="center">21/07/2023</p> | <p align="center">REV.0</p> | <p align="center">Pag. 4</p> |

La posizione degli aerogeneratori è stata definita analizzando la distribuzione del potenziale eolico, al fine di ottenere per ogni macchina la massima producibilità e, allo stesso tempo, minimizzare il disturbo causato alle macchine poste in scia ad altre (perdite per effetto scia).

L'area non è interessata dalla presenza di altri impianti eolici, per tale motivo non saranno considerate turbine esistenti che possano arrecare interferenze o deficit produttivi.

1.3. Metodologia di analisi

Il calcolo della produzione di energia elettrica di un impianto eolico è cruciale per la fattibilità del progetto, nello specifico vengono usati modelli di simulazione.

La produzione di energia eolica da un aerogeneratore in un dato istante è calcolata con la seguente equazione:

$$P = \frac{1}{2} \rho AV^3 \cdot C_p$$

dove:

- ✓ P è la potenza;
- ✓ ρ è la densità dell'aria;
- ✓ V è la velocità del vento;
- ✓ A è l'area spazzata dal rotore;
- ✓ C_p è il coefficiente di potenza.

Il programma utilizzato è Wind Pro con implementazione di WAsP che è uno dei principali e più completi strumenti di analisi del vento attualmente disponibile sul mercato.

Il software è stato usato per la creazione dell'atlante europeo del vento che mira a stabilire la base meteorologica per la valutazione dei potenziali eolici. Il funzionamento del software è piuttosto semplice:

- ✓ i dati di input necessari sono:
 - ❖ modello digitale del terreno;
 - ❖ rugosità del terreno;
 - ❖ eventuali ostacoli;
 - ❖ densità dell'aria;
 - ❖ risorsa eolica dell'area considerata;
 - ❖ tipologia e caratteristiche dell'aerogeneratore.
- ✓ l'output è costituito dal cosiddetto calcolo Park ovvero la producibilità annua di un singolo

aerogeneratore e dell'intero parco eolico portando in conto le eventuali interferenze dovute all'effetto scia e l'eventuale presenza di ostacoli che possono alterare la distribuzione del vento.

Il software Wind Pro utilizza come piattaforma di calcolo WAsP, arricchendolo di altre funzionalità di verifica e di correlazione tra i dati quali il modulo MCP (measure-correlate-predict), che consente di mettere in relazione tra loro i dati di diverse stazioni di misura e sfruttare serie storiche di lungo periodo per avere una climatologia con basse incertezze. In generale il modulo mette in relazione set di dati di sensori differenti che possono appartenere anche allo stesso anemometro, con lo scopo di ricostruire dati mancanti ad una data altezza.

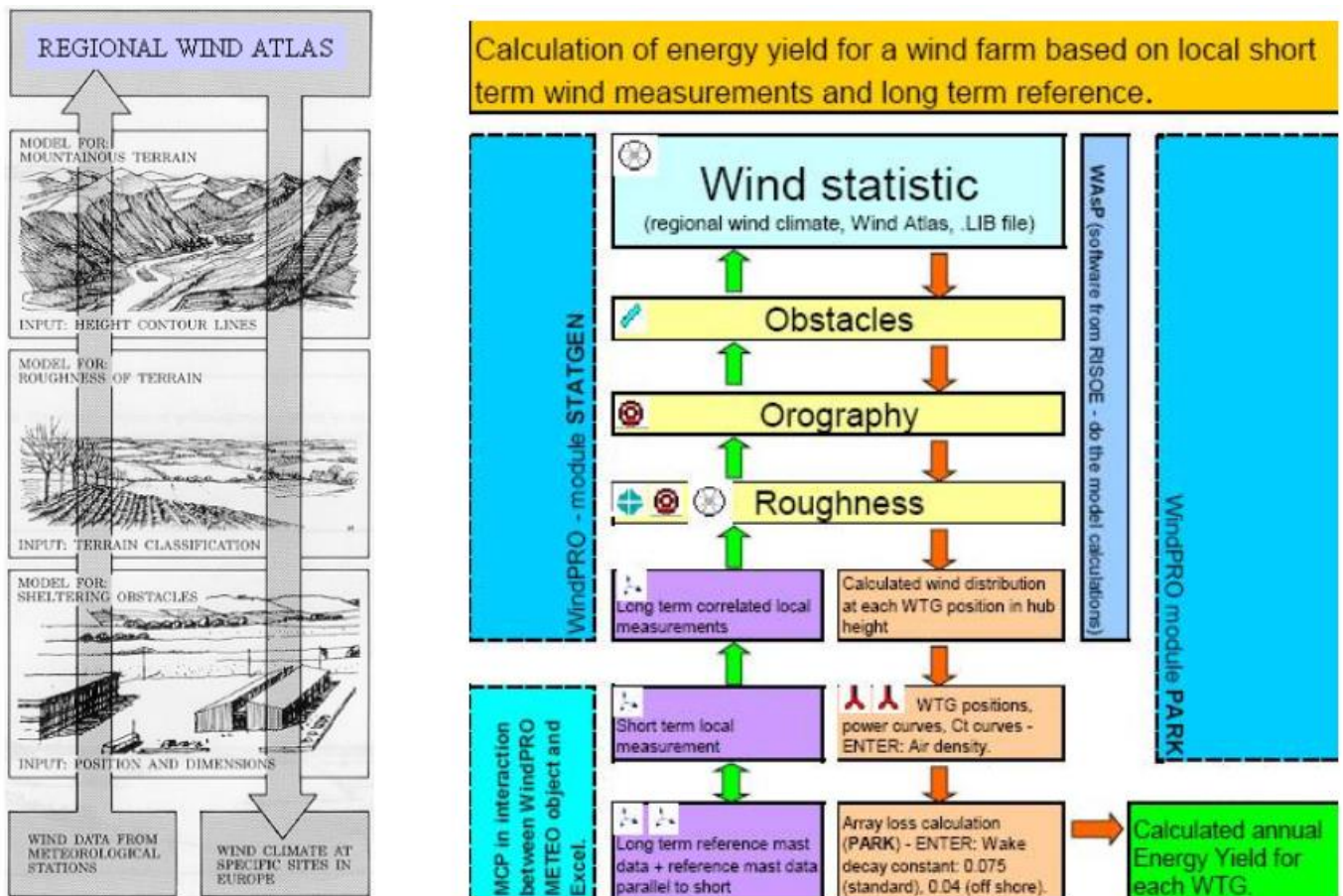


Figura 3: Diagramma di flusso del programma Wind Pro/WAsP

Il modulo Park è in grado di calcolare, offrendo diversi modelli alternativi, le perdite di scia dovute all'effetto di copertura reciproca tra aerogeneratori. L'equazione fondamentale per calcolare le perdite in scia dietro il rotore è:

$$v = u \left[1 - \frac{2}{3} \left(\frac{R}{R + \alpha x} \right)^2 \right]$$

dove:

- ✓ v è la velocità del vento ad una distanza x dietro il rotore;
- ✓ u è la velocità del vento libero subito a monte del rotore;
- ✓ R è il raggio del rotore;
- ✓ α è la costante di decadimento di scia;
- ✓ $2/3$ è un valore approssimato del parametro C_t nel modello di calcolo; il valore esatto di C_t è usato in ciascun intervallo di velocità del vento.

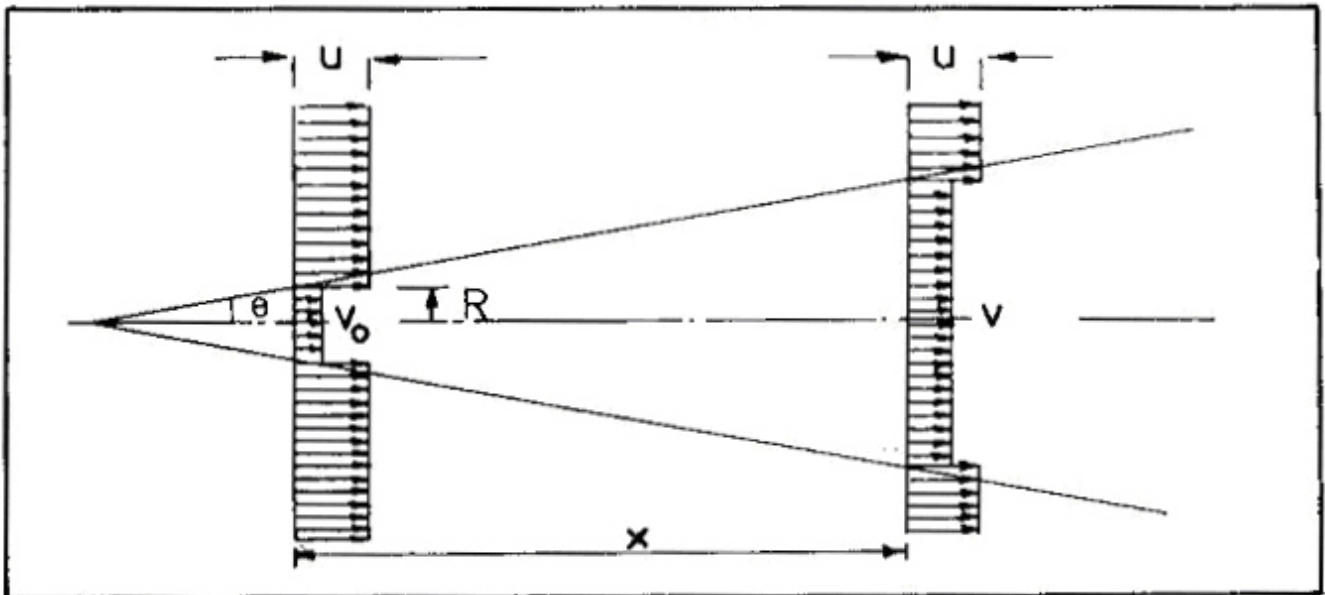




Figura 4: Modello semplificato delle perdite di scia oltre una turbina

La costante di decadimento è una misura dell'allargamento del "cono d'ombra" a valle della turbina. Essa è definita come l'allargamento in metri per metro a valle del rotore, dipende dalla turbolenza e quindi dalla classe di rugosità.

La Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) stabilisce i requisiti standard di progettazione. La Norma IEC 61400-1 Ed.3 specifica le classi di progettazione con associate le relative velocità del vento estreme ed intensità di turbolenza. Modelli di turbolenza ed altre condizioni ambientali, quali la complessità topografica, sono altresì specificati come illustrato nella tabella che segue:

| | | | | |
|---|--------------------------------|--|--|-------|
|  | PARCO EOLICO “BELMONTE” | |   | |
| | STIMA DI PRODUCIBILITA' | | 21/07/2023 | REV.0 |

| Wind turbine class | | I | II | III | S |
|---------------------|---|------|------|------|--------------|
| V_{ave} (m/s) | | 10 | 8.5 | 7.5 | User defined |
| V_{ref} (m/s) | | 50 | 42.5 | 37.5 | |
| $V_{50,gust}$ (m/s) | | 70 | 59.5 | 52.5 | |
| I_{ref} | A | 0.16 | | | |
| | B | 0.14 | | | |
| | C | 0.12 | | | |

dove:

- ✓ V_{ref} è la velocità del vento di riferimento media su 10 minuti con un periodo di ricorrenza di 50 anni e rappresenta il parametro estremo di base utilizzato per definire le classi delle turbine eoliche (per una turbina progettata in classe S con una velocità di riferimento V_{ref} , si intende che essa è progettata per resistere climi per cui la media estrema della velocità del vento media 10min con un periodo di ricorrenza di 50 anni è inferiore o uguale a V_{ref});
- ✓ A indica la categoria con caratteristiche di turbolenza superiori;
- ✓ B indica la categoria con caratteristiche di turbolenza medie;
- ✓ C indica la categoria con caratteristiche di turbolenza inferiori;
- ✓ I_{ref} è il valore atteso dell'intensità della turbolenza a 15 m/s.

| | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|------------------------------|
|  | <p align="center">PARCO EOLICO "BELMONTE"</p> |  | | |
| | <p align="center">STIMA DI PRODUCIBILITA'</p> | <p align="center">21/07/2023</p> | <p align="center">REV.0</p> | <p align="center">Pag. 8</p> |

2. CRITERI ADOTTATI PER LA VALUTAZIONE

2.1. Modello digitale orografico

Il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) è stato estrapolato dal grid disponibile in download dal satellite, georeferenziato, sovrapposto, confrontato e adeguato con le curve di livello presenti sulla cartografia ufficiale IGM 1:25000 con uno step di 10 m. Il modello digitale ottenuto copre l'intera area e trova un buon riscontro con l'andamento orografico verificato in sito.

2.2. Mappa di rugosità

La rugosità superficiale, determinata principalmente dall'altezza e tipologia di vegetazione che ricopre l'area di interesse, gioca un ruolo fondamentale per la variabilità della velocità del vento anche alle altezze del mozzo degli aerogeneratori. Informazioni di rugosità sono rese disponibili dal progetto "Corinne Land Cover 2018" che ricopre, attraverso l'ausilio di satelliti, gran parte della superficie terrestre. La mappa di rugosità, ottenuta attraverso l'ausilio del progetto citato, è stata integrata con le informazioni aggiuntive e di dettaglio ottenute ed annotate durante l'ispezione di sito e attraverso l'integrazione e sovrapposizione di carte aerofotogrammetriche.

2.3. Ostacoli

Gli ostacoli (edifici, siepi, etc.), più alti di $\frac{1}{4}$ dell'altezza del mozzo e non distanti oltre i 1000 metri da ogni singolo aerogeneratore andrebbero trattati come locali e non come elementi di rugosità, influenzano il flusso del vento e modificano di conseguenza la produzione del parco eolico.

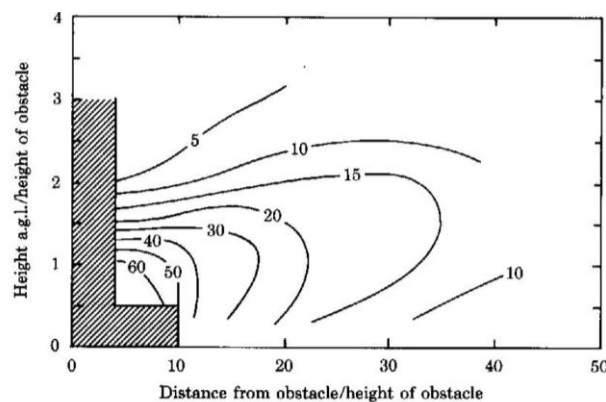
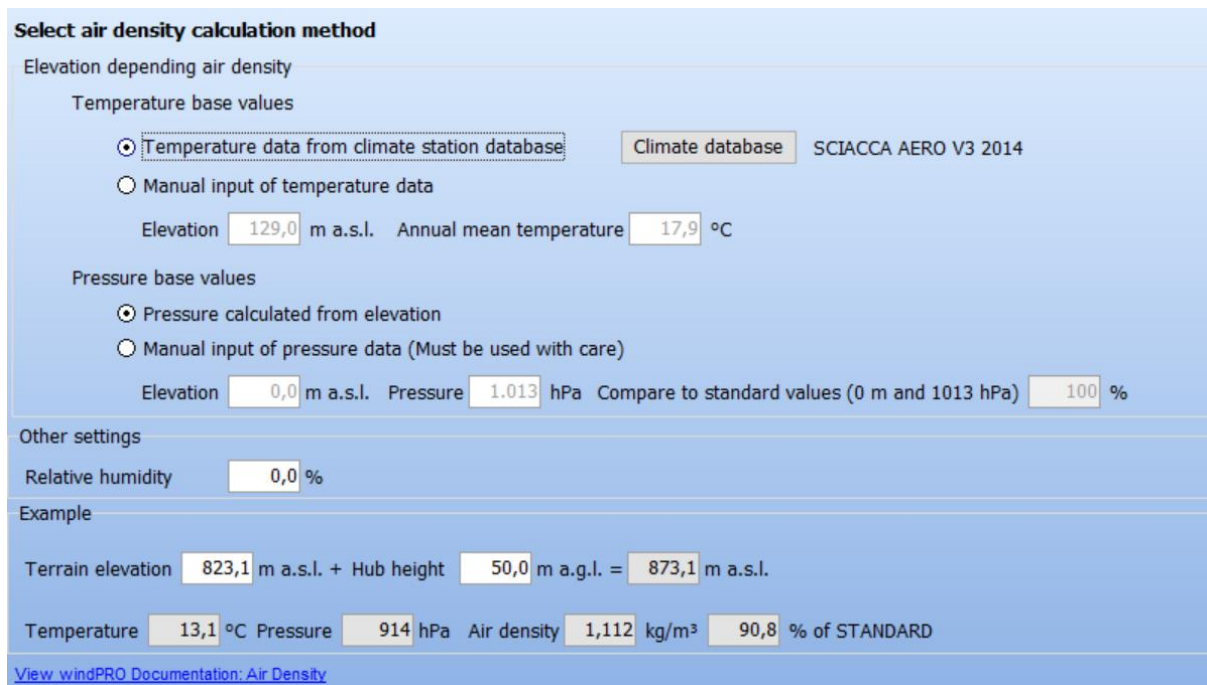


Figura 5: Riduzione percentuale della velocità del vento in presenza di ostacoli

Durante il sopralluogo non è emersa la presenza di particolari e significati ostacoli nell'area.

2.4. Densità dell'aria

La densità dell'aria in sito è stata calcolata basandosi sui dati climatologici, disponibili nel database di WindPro, relativi alla stazione più vicina all'area di progetto.



Select air density calculation method

Elevation depending air density

Temperature base values

Temperature data from climate station database Climate database SCIACCA AERO V3 2014

Manual input of temperature data

Elevation m a.s.l. Annual mean temperature °C

Pressure base values

Pressure calculated from elevation

Manual input of pressure data (Must be used with care)

Elevation m a.s.l. Pressure hPa Compare to standard values (0 m and 1013 hPa) %

Other settings

Relative humidity %

Example

Terrain elevation m a.s.l. + Hub height m a.g.l. = m a.s.l.

Temperature °C Pressure hPa Air density kg/m³ % of STANDARD

[View windPRO Documentation: Air Density](#)

Figura 6: Caratteristiche della stazione di riferimento per il calcolo della densità dell'aria



2.5. Risorsa eolica

La risorsa eolica specifica del sito è stata valutata utilizzando una griglia di dati mesoscala disponibili dal database EMD del software WindPro.

Al fine di effettuare una correzione di lungo periodo delle misure di ventosità, sono state selezionate diverse fonti di dati mesoscala, con l'obiettivo di mettere in luce eventuali inconsistenze o cambi di tendenza. Questa metodologia permette inoltre di ridurre il rischio di commettere errori di stima della velocità di lungo periodo utilizzando un unico set di dati.

In particolare, ogni set di dati ha una durata da gennaio 1993 ad agosto 2019 ed include queste informazioni con intervallo di tempo orario:

- ✓ Direzione del vento ad un'altezza pari a 10m, 25, 50m, 75m, 100m, 150m e 200m;

| | | | | |
|---|--------------------------------|--|--|-------|
|  | PARCO EOLICO "BELMONTE" | |   | |
| | STIMA DI PRODUCIBILITA' | | 21/07/2023 | REV.0 |

- ✓ Velocità del vento ad un'altezza pari a 10m, 25, 50m, 75m, 100m, 150m e 200m;
- ✓ Temperatura ad un'altezza pari a 2m;
- ✓ Umidità relativa ad un'altezza pari a 2m.

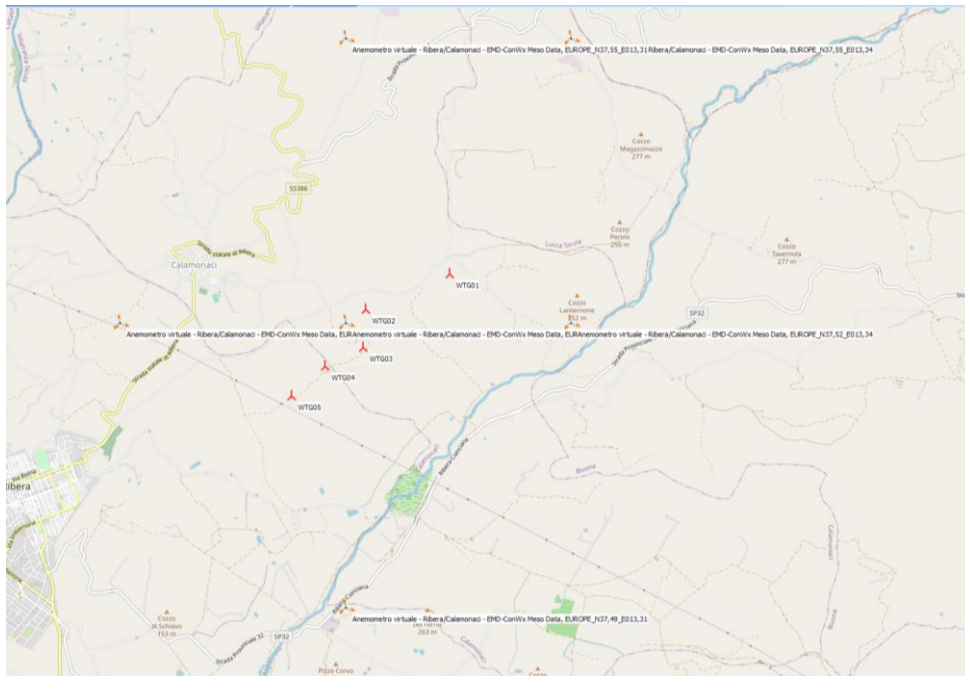


Figura 7: Posizione delle stazioni EMD-ConWx Mesodata Europe

Di seguito si riportano le coordinate delle sei stazioni mesoscala nel sistema di riferimento Geo [deg,min] - WTG84:

| Stazione mesoscala | Nord | Est | Altezza s.l.m. (m) |
|--|-------------|-------------|--------------------|
| EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,49_E13,31 | 37°29,4000' | 13°18,6000' | 98 |
| EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,52_E13,28 | 37°31,2000' | 13°16,8000' | 286 |
| EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,52_E13,31 | 37°31,2000' | 13°18,6000' | 356 |
| EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,52_E13,34 | 37°31,2000' | 13°20,4000' | 150 |
| EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,55_E13,31 | 37°33,0000' | 13°18,6000' | 236 |
| EMD-ConWx Mesodata Europe_N37,55_E13,34 | 37°33,0000' | 13°20,4000' | 200 |

I dati mesoscala EMD-ConWX Europe sono ottenuti tramite un modello numerico mesoscala ad alta risoluzione spaziale di 0,03°x 0,03°, corrispondente a circa 3 km x 3 km, con una risoluzione temporale oraria. I dati utilizzati per le condizioni al contorno sono i dati di rianalisi ERA-Interim forniti dal Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche di Medio Termine.

Questi dati ricoprono gran parte dell’Europa, inclusa la Turchia e l’Ucraina, ad esclusione dell’estremità a nord della Scandinavia. I dati sono disponibili per circa 20 anni e sono aggiornati mensilmente con circa 3 mesi di ritardo, a causa della disponibilità dei dati ERA-Interim.

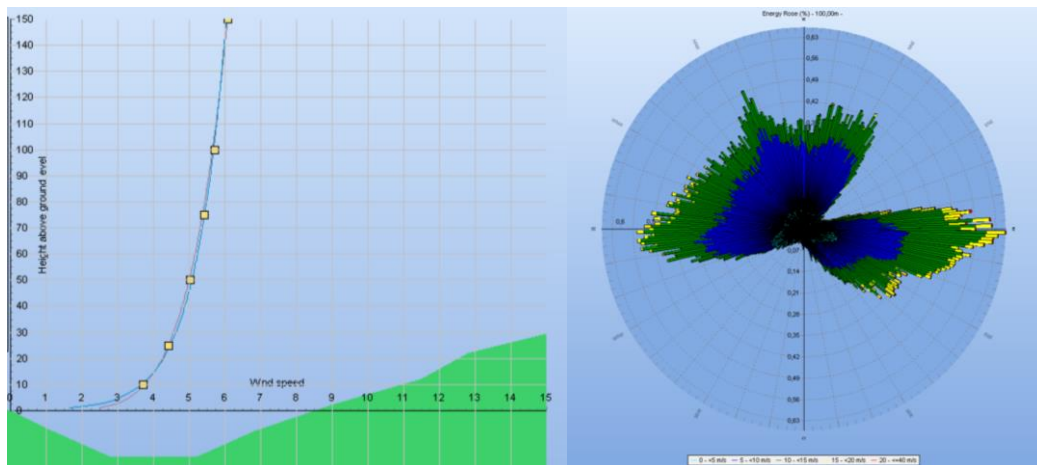


Figura 8: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,49 E13,31

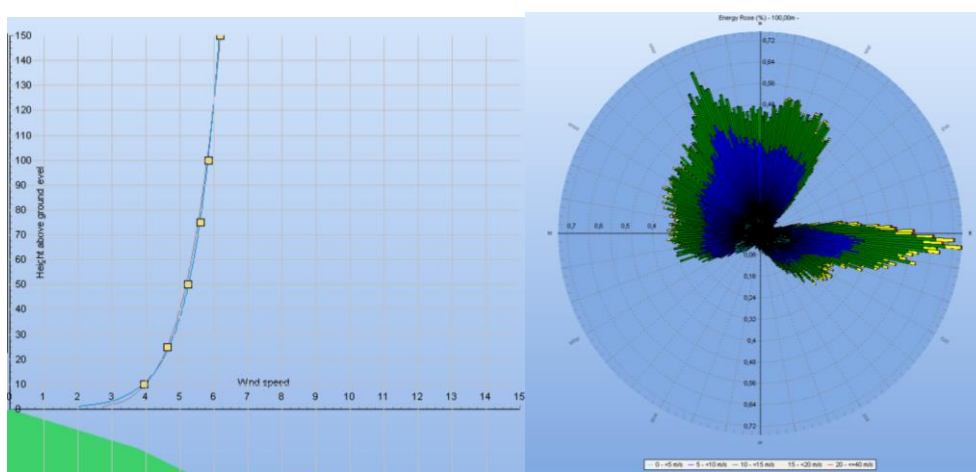


Figura 9: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,52 E13,28

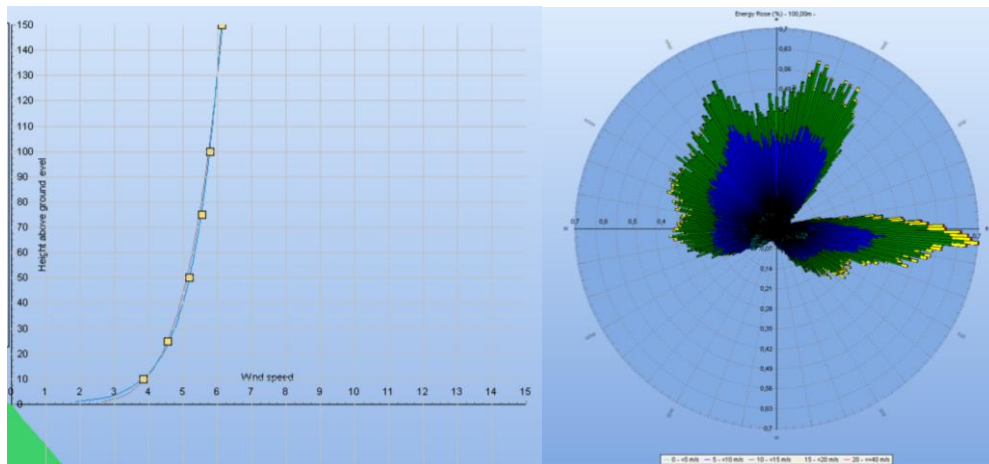


Figura 10: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,52 E13,31

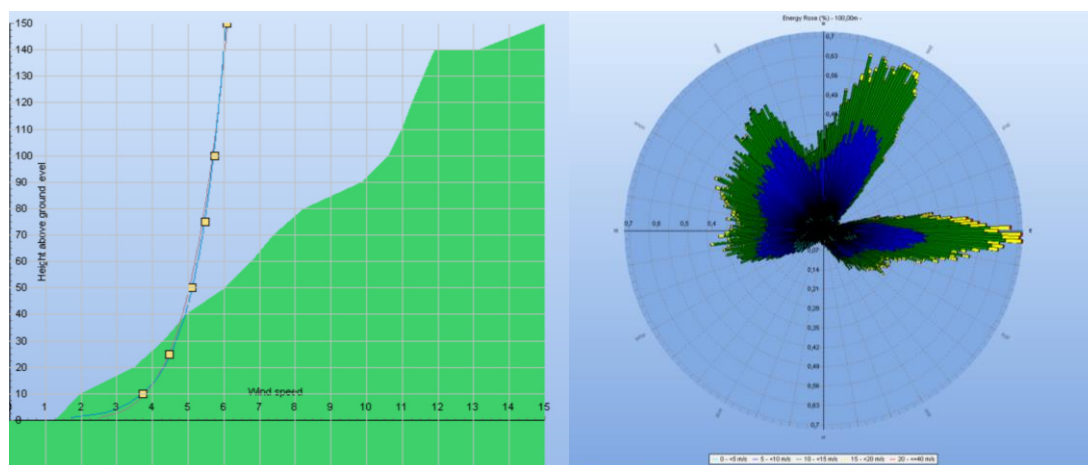


Figura 11: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,52 E13,34

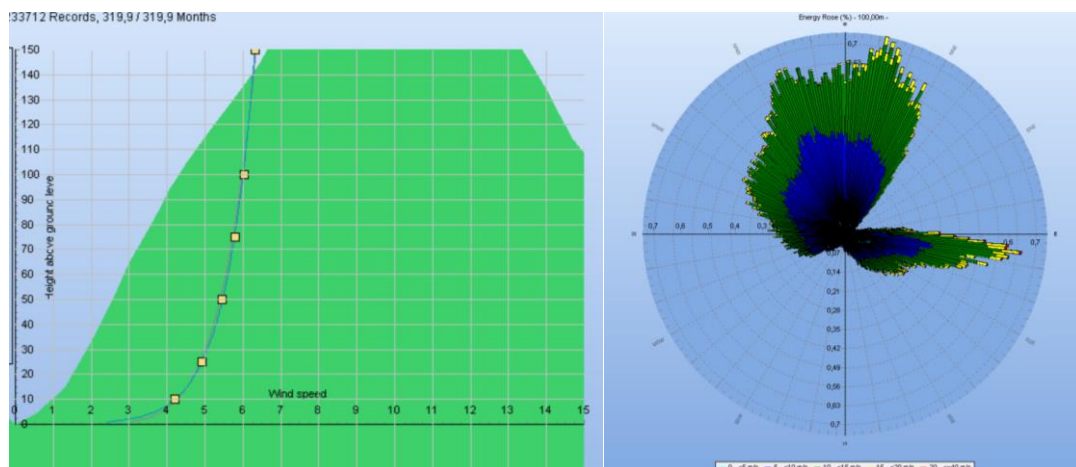



Figura 12: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,55 E13,31

| | | | | |
|---|--------------------------------|---|-------|---------|
|  | PARCO EOLICO “BELMONTE” |  | | |
| | |  | | |
| STIMA DI PRODUCIBILITA’ | | 21/07/2023 | REV.0 | Pag. 13 |

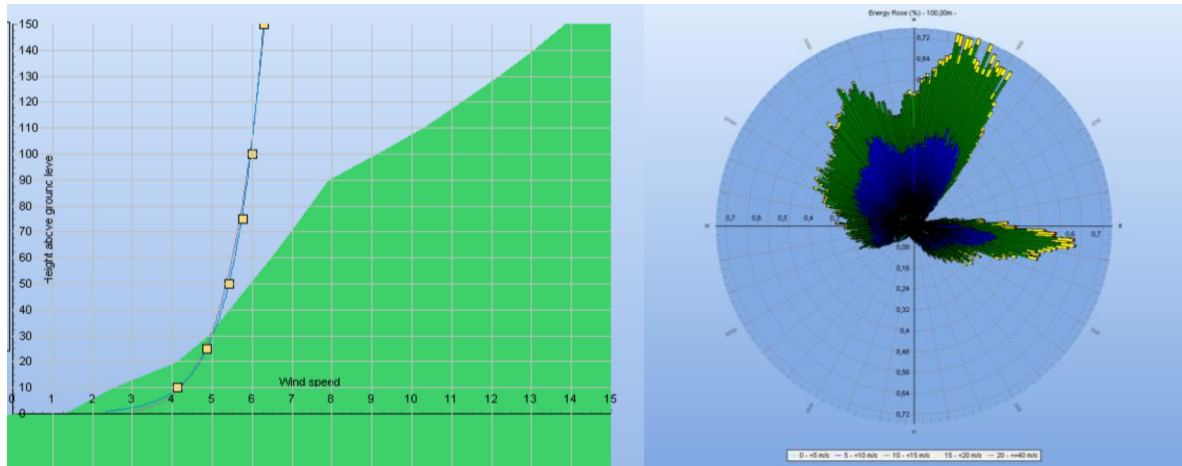


Figura 13: Caratteristiche della stazione EMD-ConWx Mesodata Europe N37,55 E13,34

Al fine di calcolare le condizioni di ventosità del sito all’altezza del mozzo degli aerogeneratori è necessario effettuare un’extrapolazione verticale a partire dai dati ottenuti alla massima altezza di misura. È stato eseguito un confronto tra l’esponente del profilo verticale (wind shear) misurato e quello calcolato dal modello computazionale WASP, pesato sulla frequenza di ogni settore.

L’esponente di profilo verticale è definito dalla legge esponenziale seguente:

$$U_2 = U_1 \cdot \left(\frac{h_2 - D}{h_1 - D} \right)^\alpha$$

dove:

- ✓ α è l’esponente di “wind shear” secondo la legge di potenza;
- ✓ U è la velocità media del vento;
- ✓ h è l’altezza sul livello del suolo;
- ✓ D è l’altezza dello spostamento effettivo del flusso.

2.6. Descrizione dell’aerogeneratore

L’aerogeneratore scelto per il progetto è il modello SG6.6-170 Siemens-Gamesa, di potenza pari a 6,1 MW qui di seguito sono elencate le specifiche tecniche:

| | | | |
|---|---|---|-------|
|  | PARCO EOLICO "BELMONTE" |  | |
| |  | 21/07/2023 | REV.0 |
| STIMA DI PRODUCIBILITA' | | Pag. 14 | |

GENERALI

| | |
|---|---|
| Temperatura di funzionamento a piena potenza | -30°C / +50 °C |
| Temperatura di declassamento da raggiungere | +50 °C |
| Temperatura operativa STW | -20 °C / +40 °C |
| Temperatura CW | Full power: -30 °C to 40 °C, survive -40 °C a 50 °C |
| Certificazioni | IEC 61400-1 |
| Tipologia turbina | Rotore tripala ad asse orizzontale |
| Regolazione della potenza | Regolazione attiva singola pala |
| Potenza nominale | 6100 kW |
| Velocità massima delle lame | 1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz) |
| Condizioni del vento secondo IEC 61400 1 (ed. 3) per il range di temperatura standard | 7.38 m/s |
| Vita di funzionamento stimata | 25 anni |

TORRE

| | |
|------------------|----------------|
| Tipologia | SG 6.2-170 |
| Altezza all' Hub | 115 m |
| Classe vento | IEC IIIA-IIIIB |
| Numero di lame | 3 |

ROTORE

| | |
|-----------------|----------------------|
| Diametro rotore | 170,0 m |
| Area spazzata | 22698 m ² |

| | | | | |
|---|--------------------------------|--|-------|---------|
|  | PARCO EOLICO "BELMONTE" |   | | |
| | STIMA DI PRODUCIBILITA' | 21/07/2023 | REV.0 | Pag. 15 |



| | |
|--------------------------------|---|
| Potenza su superficie nominale | 268,74 W/m ² |
| Regolazione della potenza | Regolazione del pitch e della coppia con velocità variabile |
| Tilt Rotore | 6° |

PALE DEL ROTORE

| | |
|------------------|--|
| Materiale | G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic) |
| Lunghezza totale | 83,5 m |

IMPIANTO ELETTRICO

| | |
|---|--|
| Potenza nominale PnG | 6100 kW |
| Voltaggio nominale (rotore/statore) | 690/6100 V |
| Potenza reattiva | 6100 kVA |
| Fattore di potenza standard | ±0.90 |
| Frequenza | 50 / 60 Hz |
| Isolamento | Esterno |
| Tensione nominale OV, Ur | 690 V |
| Tensione nominale massima OV, dipendente dalla rete a 36 kV, Ur | 20 kV / 40,5 kV |
| Corrente nominale | 630 A |
| Velocità nominale | 1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz) |
| Deriva Frequenza max | 4 Hz/sec |
| Squilibrio di tensione max | <5 % |

| | | | | |
|---|--------------------------------|---|-------|---------|
|  | PARCO EOLICO "BELMONTE" |  | | |
| | |  | | |
| STIMA DI PRODUCIBILITA' | | 21/07/2023 | REV.0 | Pag. 16 |

3. CALCOLO E VERIFICA DELLA PRODUZIONE ATTESA

3.1. Stima della produzione energetica

La variazione della velocità del vento al sito è stata stimata utilizzando il software WASP, sviluppato dal Dipartimento di Energia Eolica del Laboratorio Nazionale del Risø in Danimarca (DTU Wind Energy Department), mediante l'interfaccia del software WindPRO, sviluppato dalla società EMD della Danimarca. Il modello fluidodinamico del vento, inizializzato a partire dalle condizioni misurate nella posizione delle torri anemometriche, è stato usato per predire la velocità del vento di lungo termine nelle posizioni dei singoli aerogeneratori.

La stima di produzione energetica è stata effettuata utilizzando i dati tecnici della turbina e le caratteristiche dell'area coinvolta, oltre alla densità dell'aria specifica di sito che incide sulla performance ed adattamento della curva di potenza. Nel calcolo eseguito si è tenuto in conto anche del deficit di produzione legato alle perdite tecniche stimate nella percentuale del 8,1% e delle perdite di scia.

Setup

AEP scaled to a full year based on number of samples
Include seasonal correction: EMD MCP Default
Scaling factor from 26,7 years to 1 year, All year: 0,038
Resulting scaling factor: 0,038

Calculation performed in UTM (north)-WGS84 Zone: 33
At the site centre the difference between grid north and true north is: -0,3°

Wake

Wake Model: N.O. Jensen (RISØ/EMD) Park 2 2018
Wake decay constant
Wake decay constant: 0,090 DTU default onshore
Reference WTG: Parco eolico Ribera/Calamonaci - WTG01 Siemens-Gamesa SG170 6100kW 115,0m

Scaler/wind data

Name EMD Default Meso Scaler
Terrain scaling Meso-scale Data Downscaling
Micro terrain flow model WASP IBZ from Site Data
Used period 01/01/1993 01:00:00 - 31/08/2019
Meteo object(s) Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,49_E013,31
Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,52_E013,34
Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,52_E013,31
Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,52_E013,28
Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,55_E013,31
Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,55_E013,34
Horizontal interpolation Take nearest
Displacement height Omnidirectional from objects
RIX correction used
WASP version WASP 12 Version 12.07.0068

Power correction

Power curve correction (adjusted IEC method, improved to match turbine control)

| | Min | Max | Avg | Corr. [%] | Neg. corr. [%] | Pos. corr. [%] |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------------|-------------------|-------------------|
| Air density | | | | | | |
| From air density settings [°C] | 15,4 | 15,8 | 15,6 | | | |
| From air density settings [hPa] | 953,6 | 961,3 | 957,3 | | | |
| Resulting air density [kg/m³] | 1,151 | 1,159 | 1,155 | | | |
| Relative to 15°C at sea level [%] | 94,0 | 94,6 | 94,3 | -3,3 | -3,3 | 0,0 |

Parco eolico Ribera/Calamonaci

Siemens-Gamesa SG170
6.1MW Hub=115m

| | | |
|--------------------------------|---------|---------------|
| Modello utilizzato | | WASP |
| Numero WTG | [n°] | 5 |
| Altezza torre | [m] | 115 |
| Diametro rotore | [m] | 170 |
| Altezza massima al tip | [m] | 200 |
| Potenza unitaria | [MW] | 6,1 |
| Potenza complessiva installata | [MW] | 30,5 |
| Vento medio all'hub | [m/s] | 6,30 |
| Densità dell'aria | [kg/m3] | 1,155 |
| GROSS | [MWh/y] | 98.344 |
| AEP | [MWh/y] | 95.445 |
| Park efficiency | [%] | 97,10% |
| Perdite in scia | [%] | 2,90% |
| Calamonaci WTG01 | [%] | 1,30% |
| Calamonaci WTG02 | [%] | 1,70% |
| Calamonaci WTG03 | [%] | 7,20% |
| Ribera WTG04 | [%] | 2,80% |
| Ribera WTG05 | [%] | 1,50% |
| Stima perdite complessive | [%] | -8,1% |
| Disponibilità aerogeneratori | [%] | -3,0% |
| Efficienza elettrica | [%] | -2,0% |
| Efficienza dell'impianto | [%] | -1,0% |
| Cause ambientali | [%] | -1,0% |
| Disponibilità della rete | [%] | -0,7% |
| Altro | [%] | -0,7% |
| Dettaglio turbine - P50 | | |
| Calamonaci WTG01 | [MWh/y] | 16.355 |
| Calamonaci WTG02 | [MWh/y] | 18.437 |
| Calamonaci WTG03 | [MWh/y] | 17.039 |
| Ribera WTG04 | [MWh/y] | 17.862 |
| Ribera WTG05 | [MWh/y] | 18.021 |
| Energia netta in rete - P50 | [MWh/y] | 87.714 |
| Ore equivalenti | [ore] | 2.876 |
| Capacity factor | [%] | 32,8% |
| Energia netta in rete - P75 | [MWh/y] | 80.609 |
| Ore equivalenti | [ore] | 2.643 |
| Capacity factor | [%] | 30,2% |
| Energia netta in rete - P90 | [MWh/y] | 74.213 |
| Ore equivalenti | [ore] | 2.433 |
| Capacity factor | [%] | 27,8% |

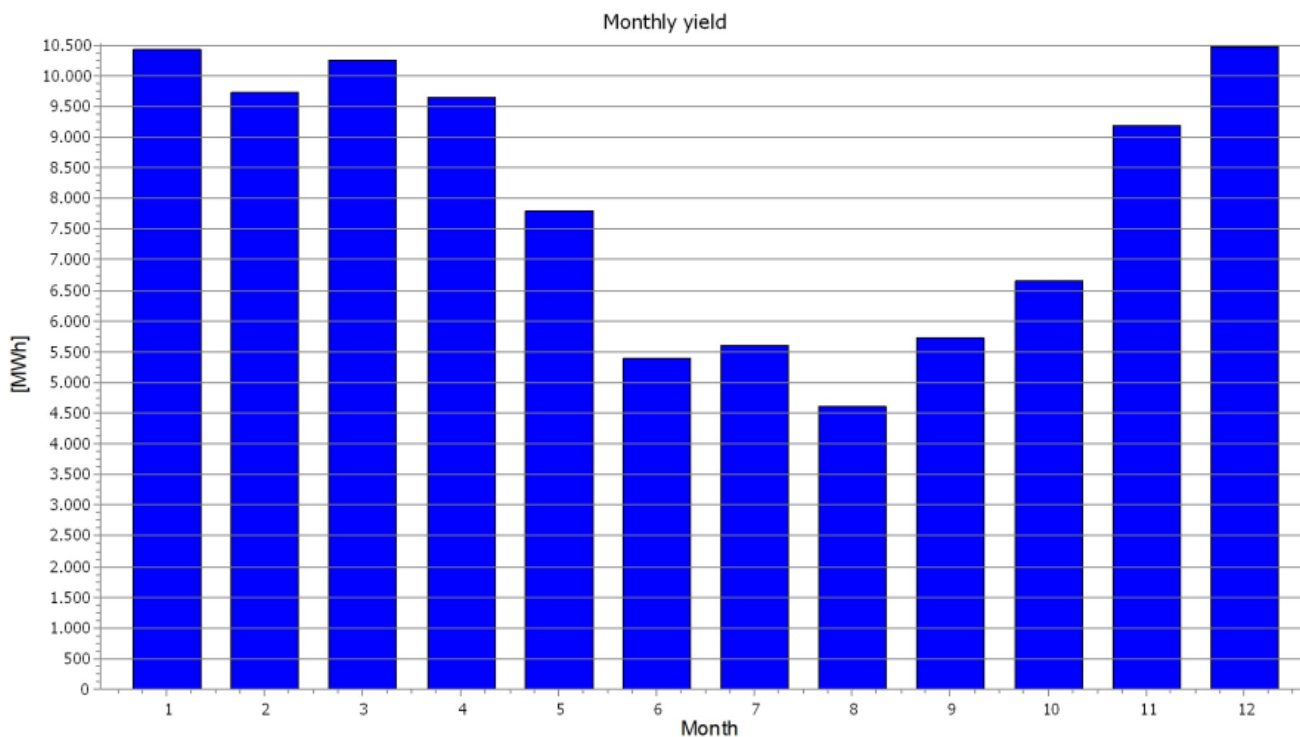


Figura 14: Produzione media mensile

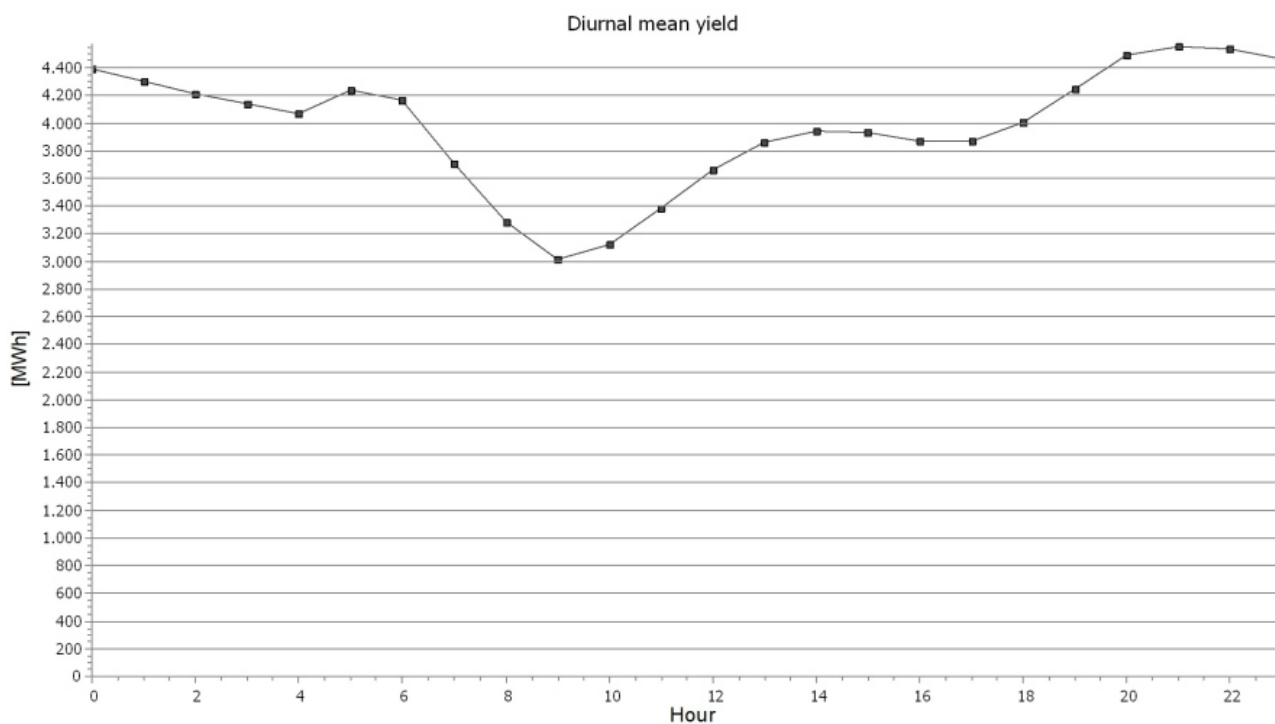


Figura 15: Produzione media giornaliera

| | | | | |
|---|--|--|-----------------------------|-------------------------------|
|  | <p align="center">PARCO EOLICO "BELMONTE"</p> |   | | |
| | <p align="center">STIMA DI PRODUCIBILITA'</p> | <p align="center">21/07/2023</p> | <p align="center">REV.0</p> | <p align="center">Pag. 19</p> |

3.2. Verifica dell'idoneità del sito

La verifica dell'idoneità del sito è stata effettuata con il modulo Site Compliance di Wind Pro secondo lo standard IEC61400-1, in particolare si valuta se una classe di turbina eolica è adatta alle effettive condizioni del sito e del layout.

Main result

Main IEC checks

| | |
|--|----------------|
| Terrain complexity | Caution |
| Fatigue/Normal conditions | |
| (a) Wind distribution | OK |
| (b) Effective turbulence | OK |
| (c) Flow inclination | OK |
| (d) Wind shear | OK |
| (e) Air density | OK |
| Ultimate/Extreme conditions | |
| (a) Ambient 90% turbulence [NTM] | OK |
| (b) Extreme wind | OK |
| (c) Ambient extreme turbulence [ETM] | OK |
| (d) Max centre-wake 90% turbulence [ETM] | OK |


Other IEC checks & analysis

| | |
|-------------------|----------------|
| Seismic hazard | Caution |
| Temperature range | Caution |
| Lightning rate | OK |

Result details

| | | | | WTG class | Method | Quality | WTG Mean | Max WTG | Min WTG | WTGs OK | WTGs Caution | WTGs Critical |
|--|----------|--------------------|--|-----------|--------------------|---------|----------|---------|---------|---------|--------------|---------------|
| Main IEC checks | | | | | | | | | | | | |
| Terrain complexity | Cct | [-] | | | Active DEM | | 1,02 | 1,05 | 1,00 | 3 | 2 | 0 |
| Fatigue/Normal conditions | | | | | | | | | | | | |
| (a) Wind distribution | pdf(u)* | [-] | | IA+ | Mast Weibull shear | B | - | - | - | 5 | 0 | 0 |
| (b) Effective turbulence | seff(u)* | [-] | | IA+ | WEng | B/C | - | - | - | 5 | 0 | 0 |
| (c) Flow inclination | favg | [°] | | | WEng | B | -0,4 | 0,4 | -0,8 | 5 | 0 | 0 |
| (d) Wind shear | a | [-] | | | Mast WEng | A | 0,09 | 0,10 | 0,08 | 5 | 0 | 0 |
| (e) Air density | ? | [kg/m³] | | | GHCN | C | 1,155 | 1,159 | 1,151 | 5 | 0 | 0 |
| Ultimate/Extreme conditions | | | | | | | | | | | | |
| (a) Ambient 90% turbulence [NTM] | s90(u)* | [-] | | IA+ | WEng | B/C | - | - | - | 5 | 0 | 0 |
| (b) Extreme wind | u50y | [m/s] | | IA+ | AM | A+A | 25,8 | 26,8 | 24,6 | 5 | 0 | 0 |
| (c) Ambient extreme turbulence [ETM] | sxt(u)* | [-] | | IA+ | WEng | B/C | - | - | - | 5 | 0 | 0 |
| (d) Max centre-wake 90% turbulence [ETM] | smax(u)* | [-] | | IA+ | WEng | B/C | - | - | - | 5 | 0 | 0 |
| Other IEC checks & analysis | | | | | | | | | | | | |
| Seismic hazard | PGA | [m/s²] | | | GSHAP map | | 1,1 | - | - | | | |
| Temperature range | | | | | | | | | | | | |
| Normal range, hours outside | | [h/year] | | Std | Full gauss | | 5,7 | - | - | | | |
| Extreme range, hours outside | | [h/year] | | Std | Full gauss | | 0,0 | - | - | | | |
| Lightning rate | | [flashes/year/km²] | | | NASA GHCC | | 4,4 | - | - | | | |

* Parameter checked for a range of windspeeds (u), a single summary value is not possible.

| | | | | |
|---|--------------------------------|--|-------|---------|
|  | PARCO EOLICO “BELMONTE” |   | | |
| | STIMA DI PRODUCIBILITA’ | 21/07/2023 | REV.0 | Pag. 20 |

Design standard: IEC61400-1 ed. 4 (2019)

Main checks - WTGs

Criteria

Critical
Caution
OK

Masts

A Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,49_E013,31
 B Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,52_E013,34
 C Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,52_E013,31
 D Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,52_E013,28
 E Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,55_E013,31
 F Anemometro virtuale - Ribera/Calamonaci - EMD-ConWx Meso Data, EUROPE_N37,55_E013,34

Main IEC checks

| WTG-name | Class | Mast | Terrain complexity | Wind distribution | Effective turbulence | Flow inclination | Wind shear | Air density | Ambient 90% turbulence [NTM] | Extreme wind [m/s] | Ambient extreme turbulence [ETM] | Max centre-wake 90% turbulence [ETM] | Total |
|----------|-------|------|--------------------|-------------------|----------------------|------------------|------------|-------------|------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------|
| 1 WTG01 | IA+ | C | No | OK | OK | 0 | 0,10 | 1,159 | OK | 24,6 | OK | OK | OK |
| 2 WTG02 | IA+ | C | Low | OK | OK | 0 | 0,08 | 1,151 | OK | 26,8 | OK | OK | Caution |
| 3 WTG03 | IA+ | C | No | OK | OK | -1 | 0,10 | 1,154 | OK | 25,8 | OK | OK | OK |
| 4 WTG04 | IA+ | C | Low | OK | OK | 0 | 0,09 | 1,155 | OK | 25,8 | OK | OK | Caution |
| 5 WTG05 | IA+ | C | No | OK | OK | -1 | 0,08 | 1,156 | OK | 25,8 | OK | OK | OK |

3.3. Conclusioni

In base all’analisi dei dati anemometrici disponibili per il sito in esame, si è potuto stimare che con l’installazione del modello di aerogeneratore ipotizzato Siemens-Gamesa SG170 di potenza nominale pari a 6,1 MW e con altezza del mozzo di 115,0 m, è attesa una resa energetica dell’impianto in agro nei Comuni di Ribera e Calamonaci una produzione netta P50 pari a **87,714 GWh** annui corrispondenti a circa **2.876** ore equivalenti/anno pur decurtando una percentuale di perdite tecniche stimate pari a 8,1 %. In base alle valutazioni preliminari eseguite, il modello di turbina scelto per l’impianto risulta compatibile con le caratteristiche anemologiche del sito.