



REGIONE
SARDEGNA



COMUNE DI
PUTIFIGARI



COMUNE DI
ITTIRI



PROVINCIA DI
SASSARI

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Monte Rosso" con potenza di immissione in rete pari a 92.4 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Putifigari ed Ittiri (SS)

Titolo elaborato

Relazione Anemologica

Codice elaborato

F0529AR03A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

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)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Alessandro Carmine DE PAOLA
Ing. Flavio TRIANI
Ing. Gerardo SCAVONE
Ing. Monica COIRO
Ing. Simone LOTITO
Arch. Gaia TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente



wpd Monte Rosso S.r.l.

Viale Regina Margherita 33, 09124 Cagliari (CA)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Febbraio 2023	Prima emissione	wpd	GMA	GDS



wpd Monte Rosso S.r.l.

IMPIANTO EOLICO “MONTE ROSSO”
POTENZA IN IMMISSIONE 92.4 MW
COMUNI DI ITTIRI E PUTIFIGARI (SS)

Relazione Anemologica



wpd Monte Rosso S.r.l.

Sommario

PREMESSA	2
1. INTRODUZIONE.....	2
2. SCELTA E DESCRIZIONE DEL SITO.....	3
3. STRUMENTI DI MISURA DEL VENTO.....	8
4. I DATI MISURATI DALLA TORRE.....	12
5. RIANALISI DEI DATI E SERIE A LUNGO TERMINE.....	13
6. MODELLO DI TURBINA E LA CURVA DI POTENZA	17
7. I MODELLI MATEMATICI PER LE RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DEL VENTO.....	18
8. STIMA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DEL PARCO EOLICO	19
9. CONCLUSIONI.....	222

PREMESSA

La società wpd Monte Rosso S.r.l., parte del gruppo **wpd**, che opera da anni nel settore delle energie rinnovabili con particolare focus sull'eolico, ha predisposto uno studio sulle caratteristiche anemologiche e stima di producibilità per un impianto eolico situato nei comuni di Ittiri e Putifigari in provincia di Sassari, ai fini del procedimento autorizzativo.

La finalità di questo studio è quella di caratterizzare le condizioni anemologiche e determinare la stima del rendimento energetico dell'impianto, su base annuale.

Tale valutazione viene eseguita tramite l'uso di dati misurati dalla torre anemometrica installata a Novembre 2021 e poi "corretti" a lungo termine da dati satellitari tipo EMD Default Measurement Mast Scaler che, opportunamente inseriti nel modello di calcolo WindPRO, sono in grado di analizzare in dettaglio l'area in cui ricade il parco.

INTRODUZIONE

Lo studio ha lo scopo di verificare la bontà della scelta del layout in base alle caratteristiche di ventosità del sito. L'analisi parte dallo studio delle informazioni fornite dall'atlante eolico, che mostra una stima di massima della risorsa eolica nell'area individuata. Questa successivamente viene analizzata con modelli complessi che permettono di analizzare la ventosità sulla micro-scala, quale è la posizione delle macchine.

L'obiettivo finale è di verificare la producibilità del sito con le turbine indicate dalla società. I dati del vento processati, diventano file di ingresso nei modelli matematici specifici per l'analisi della produttività di un parco eolico, sono verificate varie configurazioni di layout e tipologie di macchine, fino al raggiungimento del massimo rendimento dal punto di vista di sfruttamento della risorsa eolica.

La struttura della documentazione si divide in cinque sezioni principali.

- La prima (cap 2) descrive la zona oggetto dello studio attraverso le proprie specificità: l'orografia, la rugosità e la disposizione degli aerogeneratori sul territorio, confrontando poi l'area con le mappe del vento disponibili.

- La seconda (cap 3, 4, e 5) descrive la tipologia dei dati anemometrici analizzati.
- La terza (cap 6) descrive il tipo di macchina utilizzato e la sua curva di potenza.
- Nella quarta sezione (cap 7) si vede come i dati del vento si trasformano in curve di distribuzione del vento, dalle quali si ricavano i parametri necessari ai modelli di calcolo. La previsione si effettua con software specifico WindPRO del quale vengono illustrate brevemente le metodologie di calcolo e le caratteristiche peculiari.
- L'ultima parte (cap 8 e 9) è dedicata alle conclusioni in cui la stima di ventosità si trasforma in una stima di produzione energetica, arrivando al risultato finale in cui vi è una eliminazione delle perdite e calcolo dell'incertezza.

SCelta E DESCRIZIONE DEL SITO

Il sito oggetto dello studio è situato nei territori comunali di Ittiri (SS) e Putifigari (SS) come riportato in Figura 1. La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolico, costituito da n. 14 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6MW per una potenza complessiva di 92,4 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Ittiri e Putifigari in Provincia di Sassari, in cui ricadono gli aerogeneratori e l'elettrodotto di collegamento interno.

Dei 14 aerogeneratori di cui è costituito il Parco eolico, 10 risultano essere ricadenti nel comune di Ittiri e i restanti 4 ricadenti nel comune di Putifigari.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa, in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate (UTM fuso 32 e Gauss Boaga fuso ovest).

Tabella dati geografici degli Aerogeneratori (UTM_WGS84 e Gauss Boaga fuso ovest):

WTG	Coordinate UTM-WGS84 fuso 32		Coordinate Gauss Boaga fuso ovest	
	E	N	x	y
WTG 1	458411	4492088	1458436	4492098
WTG 2	457541	4491759	1457566	4491769
WTG 3	458695	4491454	1458720	4491464
WTG 4	458085	4491081	1458110	4491091
WTG 5	459471	4491039	1459495	4491049
WTG 6	457909	4490557	1457933	4490567
WTG 7	457704	4489993	1457729	4490003
WTG 8	459819	4492096	1459844	4492106
WTG 9	457620	4489474	1457644	4489484
WTG 10	456395	4488841	1456420	4488850
WTG 11	456582	4491155	1456607	4491165
WTG 12	456298	4490585	1456323	4490595
WTG 13	456440	4490192	1456464	4490202
WTG 14	456705	4489533	1456730	4489543

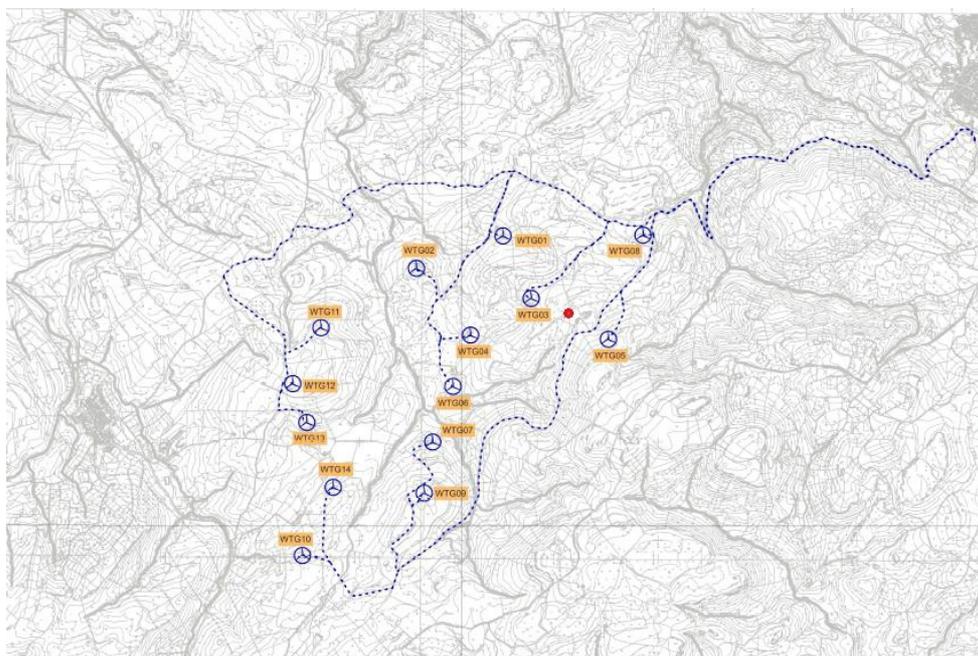
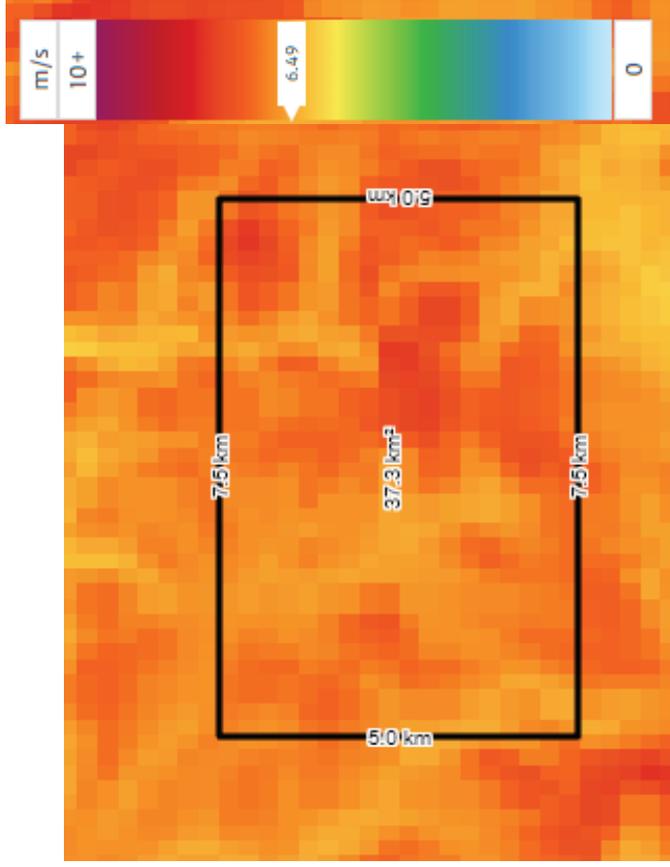


Figura 1: Inquadramento su CTR del progetto – Ittiri e Putifigari. In blu sono indicati gli aerogeneratori, mentre in rosso la torre anemometrica installata da wpd

L'area scelta, si basa su una prima indicazione fornita dai modelli matematici, tra i più utilizzati ed accessibile a tutti è l'atlante eolico, disponibile sul sito <https://globalwindatlas.info/> gestito dalla World Bank Group per potenziare il settore delle energie rinnovabili.

È stato scelto come rappresentazione delle velocità media quella quota 165m, ovvero la quota più rappresentativa del vento all'altezza del mozzo del rotore della turbina eolica scelta. La turbina selezionata in termini della miglior efficienza di macchina è una Siemens Gamesa 170 da 165m di altezza mozzo, per cui **165 m** sul livello del suolo è l'altezza di riferimento dei nostri studi. La massima altezza di studio è impostata a quota 165m ma si può osservare una certa disomogeneità dell'area, che riporta una ventosità tra i 4,6 m/s – 7.2 m/s (vedi Figura 2), il sito è idoneo per portare avanti un'analisi approfondita della risorsa eolica, in quanto esiste una buona base di intensità ventosa da voler studiare e sfruttare al meglio.



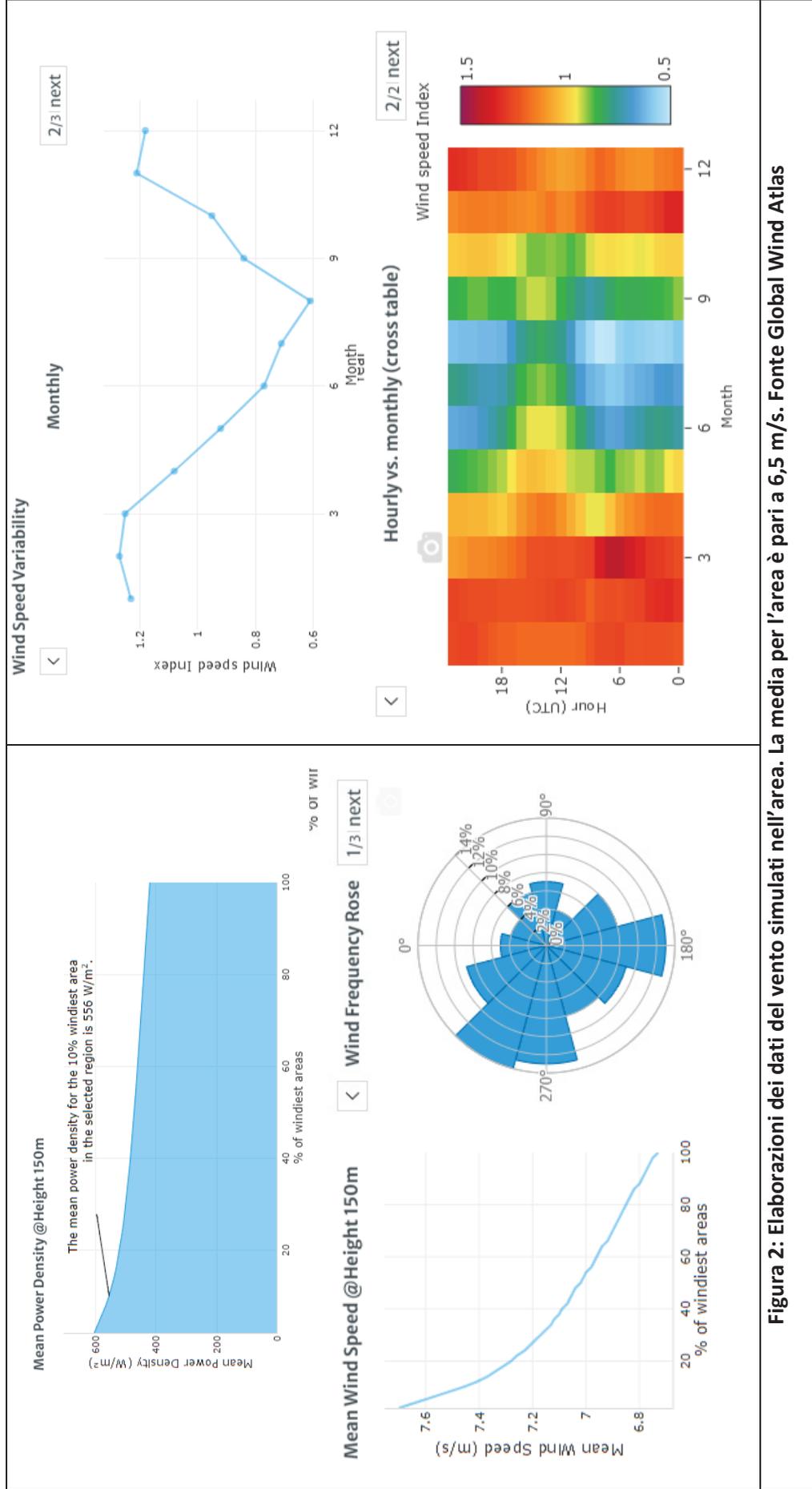


Figura 2: Elaborazioni dei dati del vento simulati nell'area. La media per l'area è pari a 6,5 m/s. Fonte Global Wind Atlas

L'area sui cui sono localizzati gli aerogeneratori è caratterizzata da una zona orograficamente semplice senza particolari rilievi. Topograficamente ha una altezza compresa tra 284 e 425 metri. Si è considerata una densità media dell'aria all'altezza del mozzo pari a: $\rho=1,225 \text{ Kg/m}^3$.

Il paesaggio dell'area di analisi è delineato dalla prevalenza di altipiani collinari – fortemente incisi dai corsi d'acqua in prevalenza a carattere torrentizio – e da una trasformazione umana dell'ambiente imperniata sulla pastorizia e, a nord-est, sulla coltivazione dell'olivo – con una bassa densità di insediamento del territorio ed uno sviluppo modesto della dimensione urbana – risultando ora ondulato e fortemente inciso ora piatto.

Gli aerogeneratori sono localizzati in modo da sfruttare al massimo il vento che ha una direzione prevalente da Ovest. Il posizionamento è stato deciso in base a diversi fattori: prima di tutto il miglior sfruttamento della risorsa eolica posizionando le macchine sulle alture dove non vi siano coperture come rilievi vicini o vegetazione, la lontananza dai recettori sensibili, la mancanza di colture speciali e l'assenza di vincoli.

Nella Figura 1 è mostrato il layout che si sviluppa su un'area di circa 2500 ettari, comprese le opere di rete. L'area di progetto è ampia per consentire il distanziamento necessario con lo scopo di ottimizzare la producibilità del parco eolico stesso.

Un'indagine metereologica puntuale è quindi sufficiente a descrivere l'area e per fare questo sono stati usati dei diversi strumenti di simulazione e previsione dell'andamento del vento, per avere una chiara e dettagliata informazione della produttività del parco e della sua configurazione ideale.

STRUMENTI DI MISURA DEL VENTO

La misurazione della ventosità a fini di produzione eolica si esegue con diversi tipi di strumentazione, anemometri a coppette, anemometri a ultrasuoni, anemometri ad effetto doppler. Nell'industria sono diffusi in misura preponderante gli anemometri a coppette sorretti da un palo o un traliccio di altezza paragonabile a una frazione dell'altezza del mozzo della turbina eolica (tipicamente 2/3 dell'altezza al mozzo). Affinché si abbia come risultato una corretta analisi statistica, è necessario che i dati di input siano rappresentativi, affidabili ed

omogenei: si definisce “rappresentativa” una banca dati acquisita, su un arco temporale sufficientemente esteso, da una stazione adeguatamente ubicata; si definisce “affidabile” una banca dati priva di errori; si definisce “omogenea” una banca dati composta da valori registrati in condizioni uniformi. Sarà quindi necessaria una prima procedura di verifica dei dati (individuazione dei dati errati o mancanti, controllo mensile sulla qualità globale dei valori medi), per attestarne la validità prima dell’inserimento nel database. La prima elaborazione eseguita sui dati di vento consiste nell’individuazione delle caratteristiche statistiche di maggior rilievo, quali: velocità media del periodo e suo andamento durante il mese e durante una giornata tipica, andamento della distribuzione delle direzioni di provenienza, confronti con i valori derivanti dai dati relativi ai mesi precedenti, risultati statistici legati all’intero periodo di misurazione. Verranno messe in evidenza anche le percentuali di perdita dei dati in relazione al record acquisiti.

Nella zona del parco eolico in oggetto, **wpd** ha installato una torre anemometrica di altezza complessiva di 42 metri. La configurazione della torre attuale è riportata in Figura 3.

La strumentazione si compone di una serie di trasduttori che basano la loro precisione su una taratura eseguita a monte, presso una galleria del vento o struttura simile. La precisione della misura si basa sulla precisione degli elementi che compongono il sensore, di cui l’elemento preponderante è il blocco anemometro/dinamo. Molto importante è inoltre la conformazione della struttura che sorregge l’anemometro, per le possibili interferenze che questa può avere sulla misura, proprio per questo per Installazione e Misurazione si è tenuto conto della normativa IEC61400-12-1:2017.

Il sistema di misura è costituito da palo tralicciato sorretto da tiranti su cui sono montati oltre agli anemometri per la misura della velocità del vento, alcune banderuole per la misura della direzione, sensori di temperatura e pressione.

Gli strumenti utilizzati per la misurazione sul traliccio da 120 metri sono:

- Anemometri a coppe di ultima generazione Thies FC Advanced and Thies FC Advanced II calibrati
- Indicatori di direzione Thies TMR calibrati
- Misuratore di temperatura e pressione

- Registratore Data Logger Ammonit Meteo 40
- Pannelli fotovoltaici come alimentazione elettrica alla torre
- Segnalazione diurna e notturna
- Torre tralicciata

Gli anemometri, come già detto, sono calibrati, ossia sono verificati in galleria del vento, i risultati delle misurazioni generano dei parametri riportati sui certificati di calibrazione. Spesso quando i sensori sono disinstallati vengono inviati nuovamente a controllo e calibrazione, in modo che i valori registrati possano essere corretti.

Il montaggio avviene in modo idoneo al fine che la struttura non espone la misura a rilevanti errori aggiuntivi.

La registrazione dei dati avviene su memoria interna del logger. I dati vengono poi trasferiti tramite un collegamento modem che ogni notte scarica i dati dal logger.

Il logger stesso può immagazzinare fino a un 200 giorni di dati. Il formato dei dati è su file di test codificato ASCII.

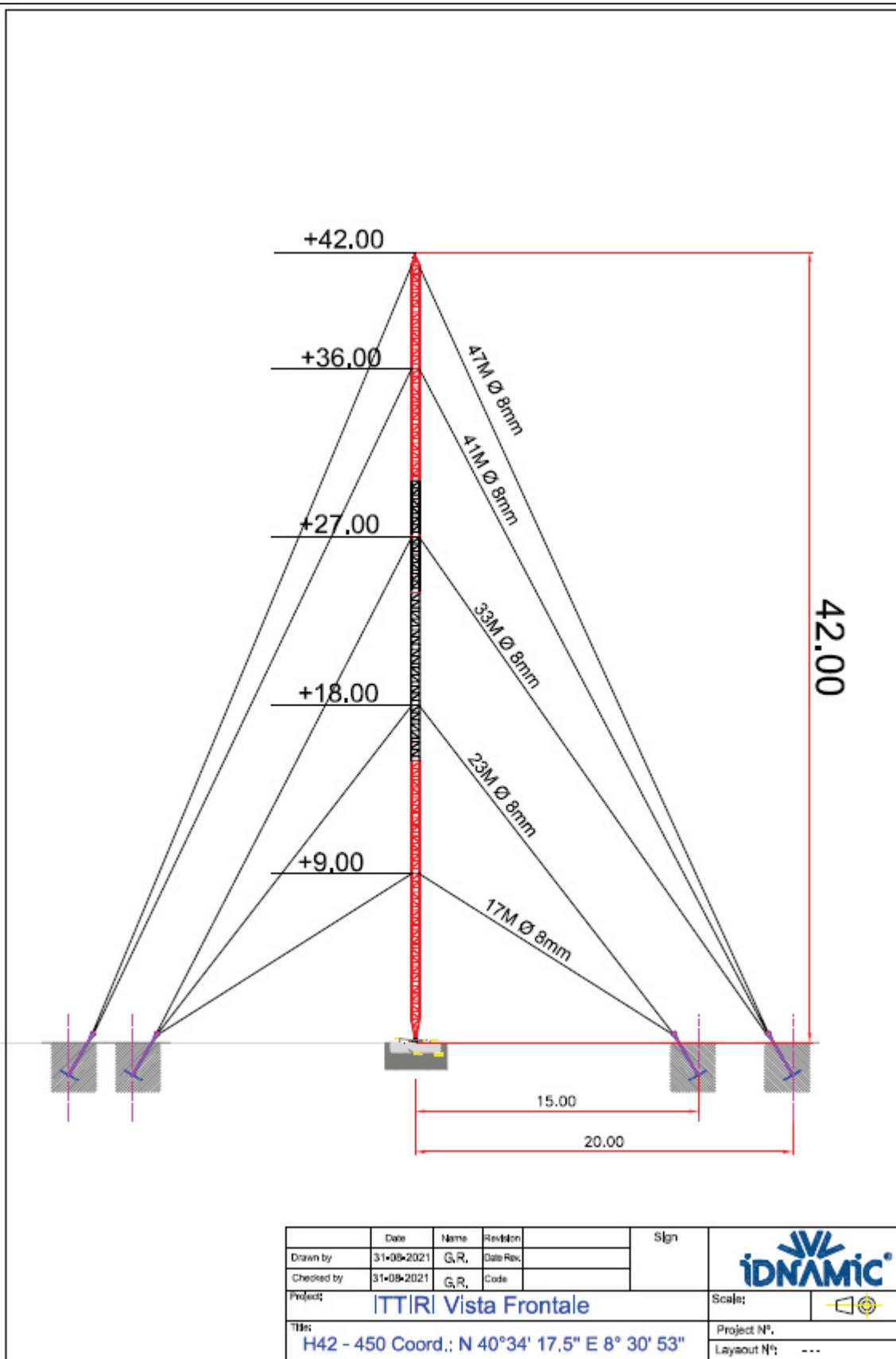


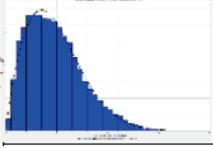
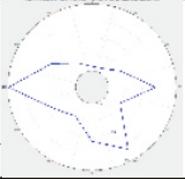
Figura 3: Struttura dell'anemometro tralicciato in Ittiri (42m) con segnalazione diurna e notturna.

I DATI MISURATI DALLA TORRE

Station name	PERIOD of site data	height	Time step	Position (UTM WGS84)	
				X	Y
Ittiri	12.11.2021 - ongoing	Anemometers: 43 / 39 / 34 / 28 Wind vanes: 39 / 28 m	10 minutes	458937	4491360

La localizzazione della torre anemometrica rispetto al parco eolico è riportata in Figura 4, localizzata nella parte ovest del parco, la torre offre una buona rappresentazione del parco.

Nella tabella sotto riportata mostra i valori misurati dall'anemometro al tempo della redazione del presente studio.

2021-11-12 to 2022-10-31	43/39	100%	4.8 m/s $\alpha=0.224$			0.19
NOTES:						

La media del vento della torre a 42m è 4.8 m/s e l'andamento del vento prevalente indicato è ovest, è quindi ragionevole pensare che sia la direzione principale per tutto il parco eolico. Data la prevalenza della direzione si è correttamente impostato il layout di parco in modo da evitare l'effetto scia delle turbine tra di loro o degli ostacoli presenti nell'area.

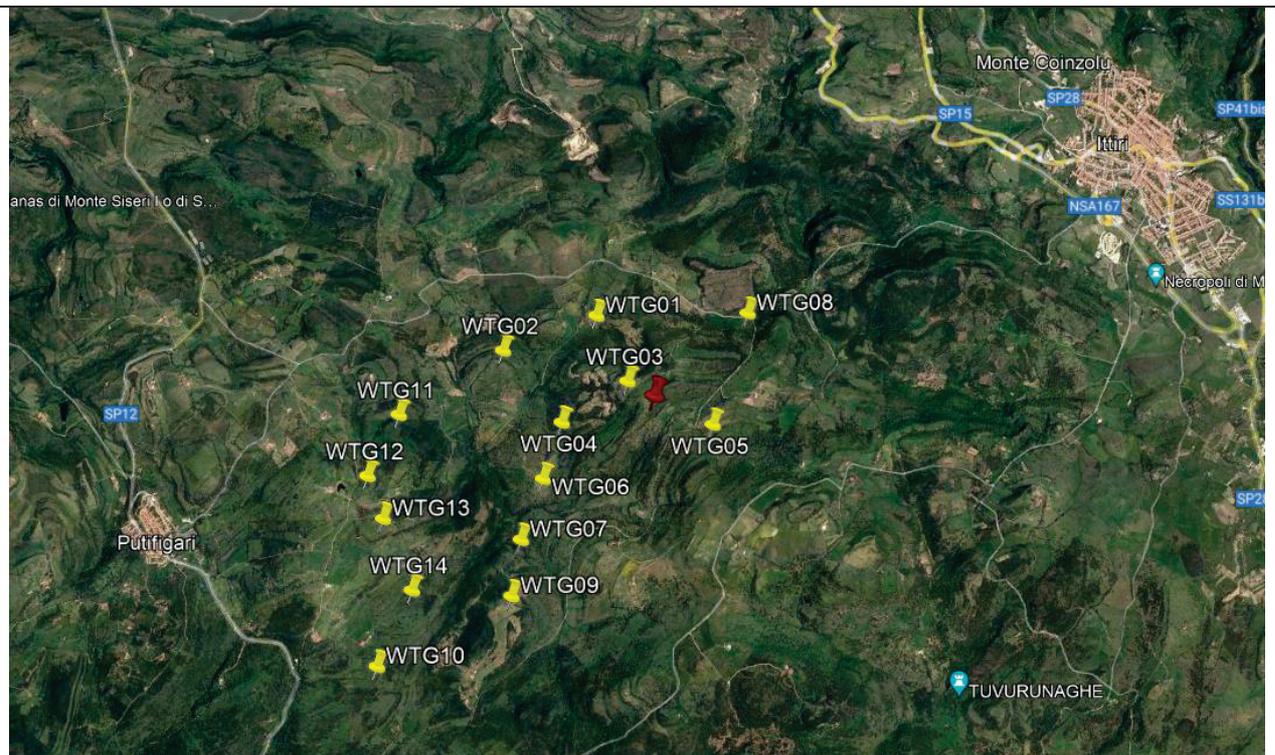


Figura 4: Inquadramento 3D di Google Earth del parco eolico di Ittiri-Putifigari con l'indicazione della posizione della torre anemometrica in rosso.

RIANALISI DEI DATI E SERIE A LUNGO TERMINE

Il set di dati necessari al calcolo della producibilità del parco eolico, sono stati determinati partendo dai dati satellitari tipo ERA5. ERA5 fornisce stime orarie di un gran numero di variabili climatiche atmosferiche, terrestri e oceaniche. I dati sono calcolati per l'intera superficie terrestre su una griglia di 30 km e stimano i dati atmosferici su diverse quote, ben 137 livelli dal suolo fino a un'altezza di 80 km. ERA5 include informazioni dovute alle incertezze per tutte le variabili al ridursi della risoluzione spaziale e temporale.

Da ERA5 a WRF Europe +

WRF Europe + sono una serie di dati specifici per l'Europa, modelli che partendo dai data set di ERA5 riescono a calcolare con migliore approssimazione i parametri atmosferici climatici. In Europa e in questo caso in Italia, i dati sono forniti dal European Centre of Medium-Range Weather Forecast (ECMWF), generati da un modello a mesoscala in grado di avere una risoluzione spaziale di 3km e una temporale di 1 h, output del modello sono i dati tipo EMD-WRF Europe+ che è possibile scaricare dalla società EMD (**Figura 5**).

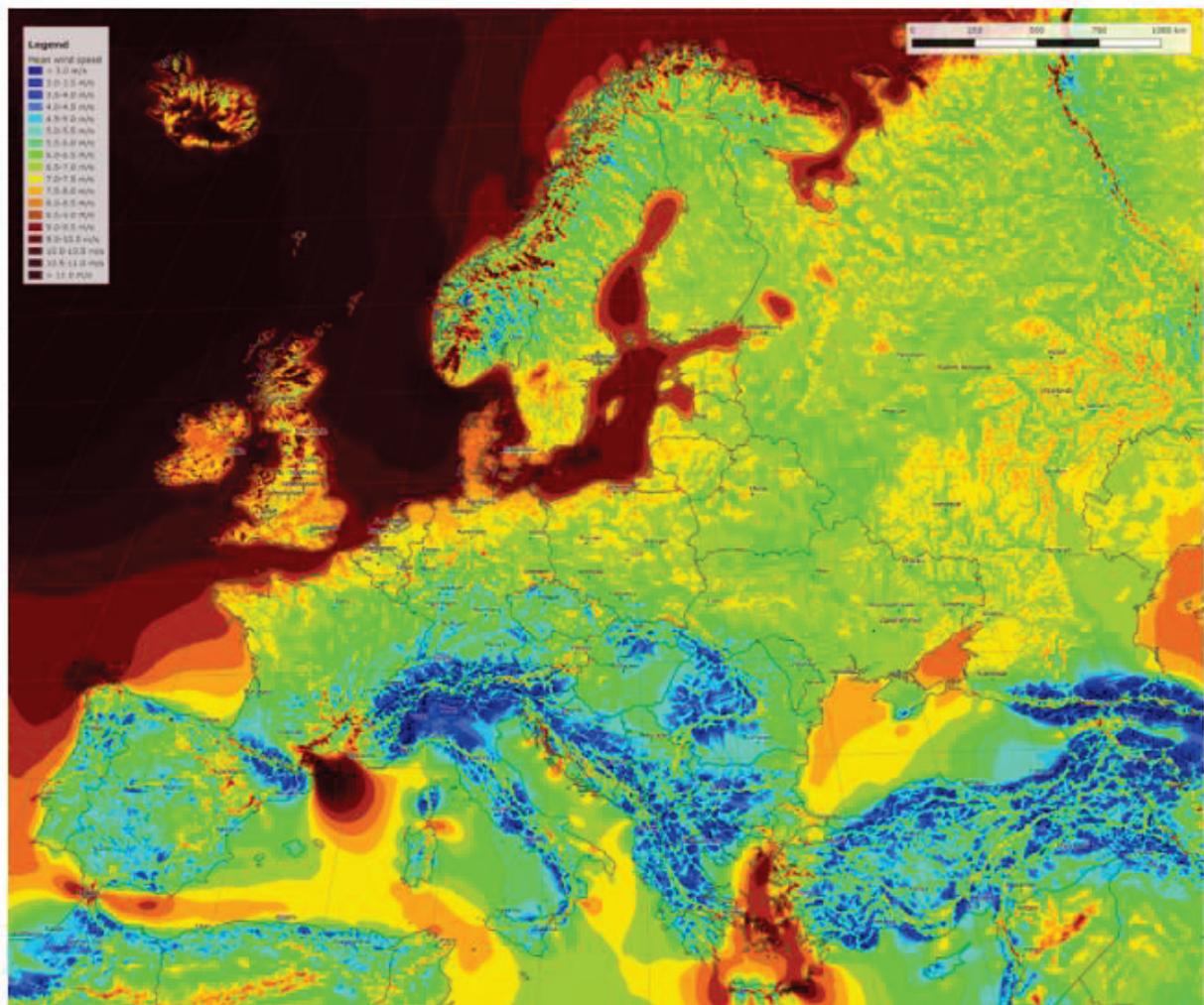
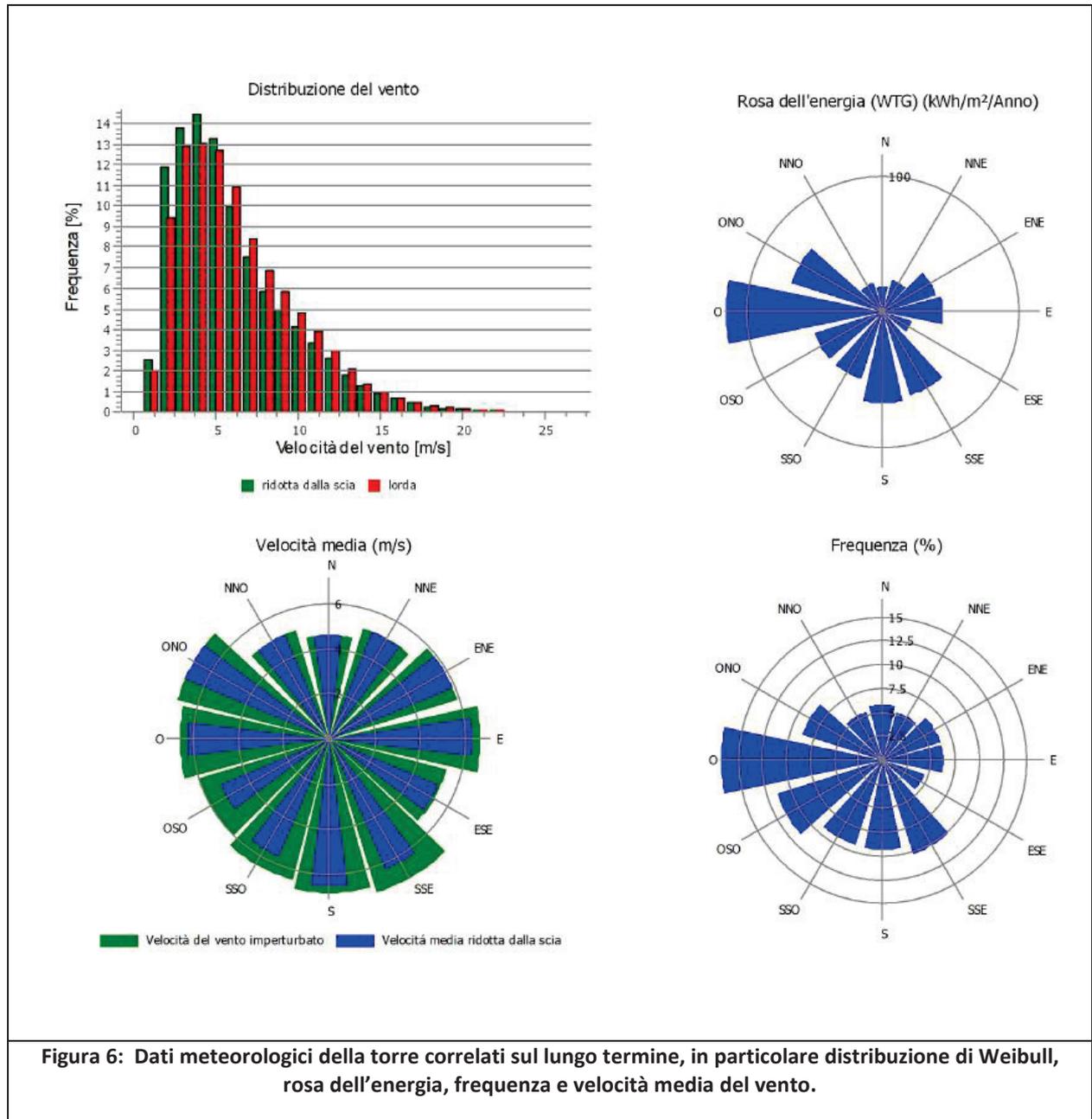


Figura 5: Modello a mesoscala “WRF Europe +” fonte sito EMD <https://www.emd-international.com/>

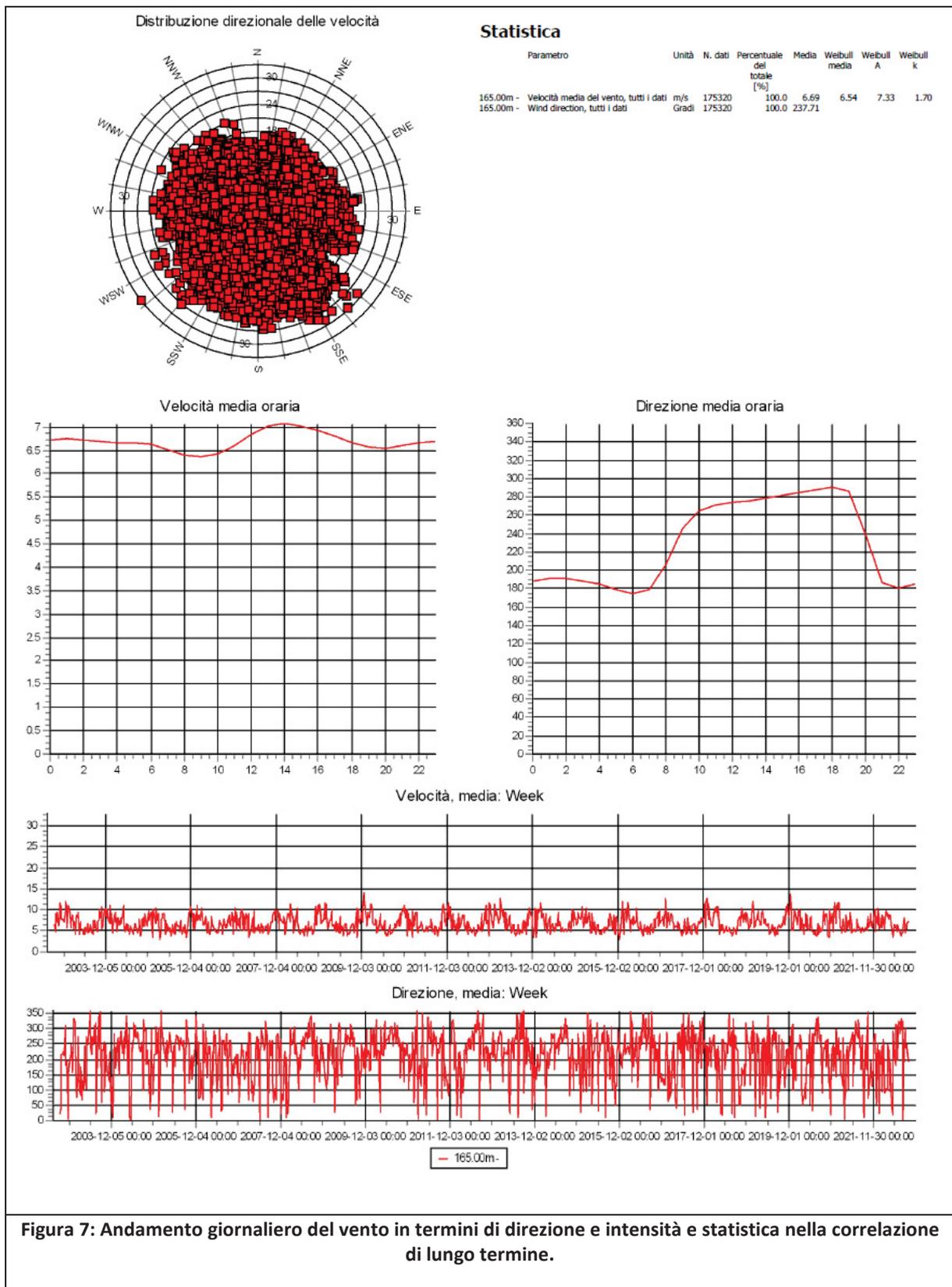
Da WRF Europe + al dato a lungo termine

Per poter dare consistenza ai dati misurati all’anemometro di Ittiri si è proceduto ad una rianalisi dei dati sul lungo termine: prima di tutto con un’analisi tipo MCP (Measurement Correlation Predict) si è correlato il dato della torre con i diversi data set di WRF, fino ad ottenere un buon margine di correlazione con serie di dati nel punto di coordinate N40.668808, E008.841858; dopo di che si è passati a correggere i 20 anni di dati in base ai dati meteo misurati sulla torre di Ittiri. Il risultato è una banca dati storica consistente ed affidabile all’altezza del mozzo della macchina scelta, da usare come input nel modello WindPRO per l’elaborazione dei dati di produzione del parco eolico.

I risultati dei dati meteo a lungo termine sono rappresentati nella Figura 6 che mostra la distribuzione di Weibull per i diversi settori della rosa dei venti a 165m. La distribuzione di Weibull è la componente statistica della nostra analisi e grazie ad essa abbiamo una stima realistica della produttiva del parco.



In Figura 7 è riportato l'andamento sul lungo termine del dato meteorologico giornaliero, come direzione e velocità del vento.



Il risultato della correlazione a lungo termine, nella posizione della torre anemometrica installata per la quota di 165m è **6.5m/s** ad altezza mozzo.

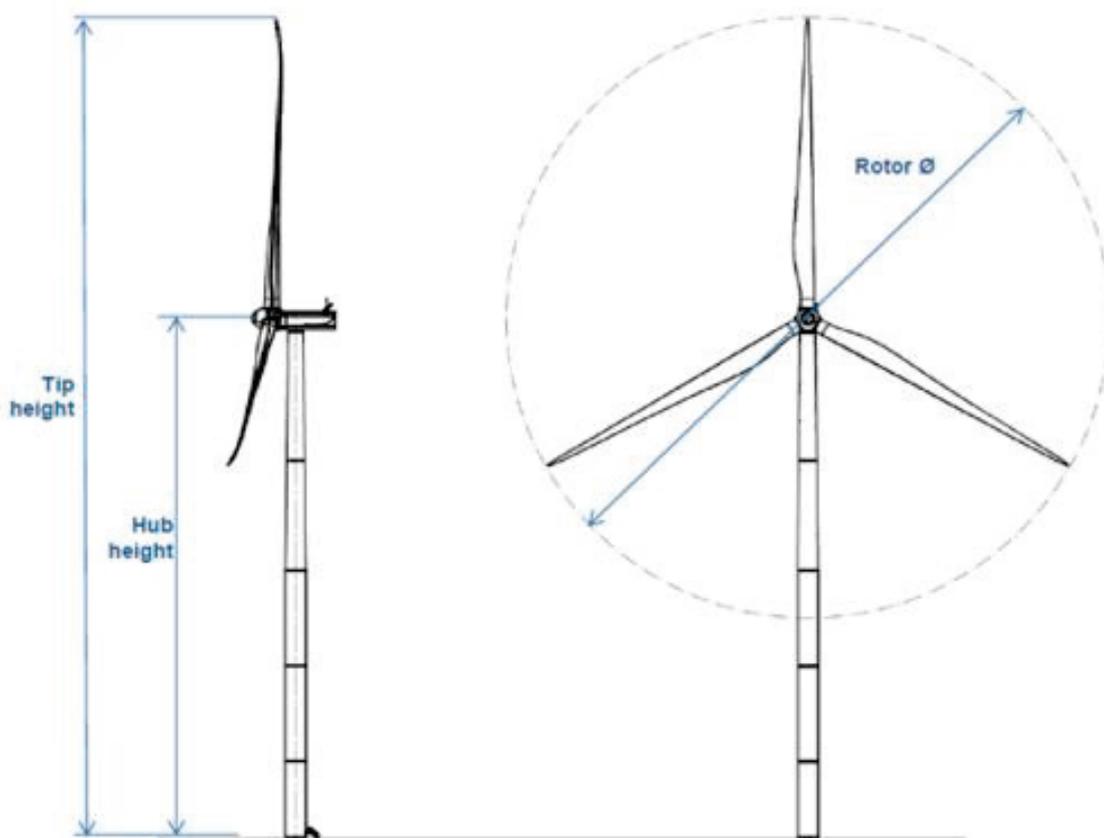
MODELLO DI TURBINA E LA CURVA DI POTENZA

Gli aerogeneratori da installare nel progetto di Ittiri-Putifigari sono modello SIEMENS-GAMESA con:

rotore = 170m,

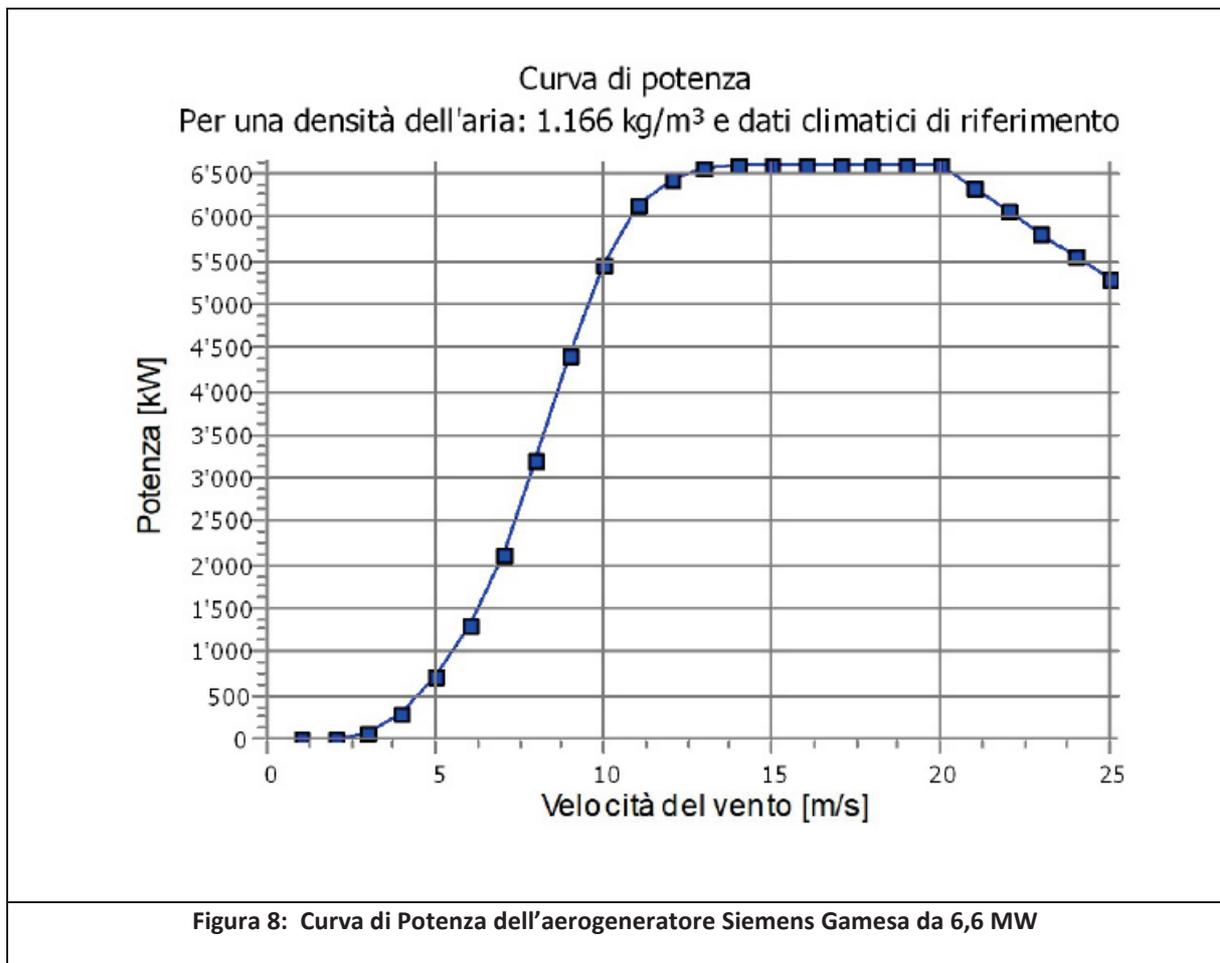
hub height = 165m,

tip height = 250m



La potenza della macchina riportata è di 6,6 MW.

La curva di potenza tipica della macchina è riportata in Figura 8 (S-G da 6,6MW).



I MODELLI MATEMATICI PER LE RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DEL VENTO

Per calcolare la mappa del vento lungo tutta la ampiezza del sito è necessario usare prima di tutto modelli che permettano di estrapolare dai dati di vento stimato, i valori nell'area del sito a differenti altezze. Lo studio richiede quindi una modellizzazione spaziale del campo di vento. Questa modellizzazione permette l'estrapolazione, sia spaziale dell'area considerata, sia verticale fino all'altezza della navicella del rotore, delle misure di vento disponibili, per il posizionamento più corretto degli aerogeneratori.

Oltre allo studio dei dati di vento e della orografia, risulta molto importante analizzare altri aspetti come la rugosità, che influenza la valorizzazione energetica del sito modificando il gradiente verticale di velocità (wind shear). La stima della rugosità ("roughness"), viene effettuata da una utente esperto sulla base dei sopralluoghi in cui si definisce il tipo di copertura superficiale del luogo. Nel nostro sito si è stimato un livello di rugosità media stabilendo una rugosità $z_0=0,137$ m (Sistemi colturali e particellari complessi) per tutto il sito, e

poi andando a dettagliare con classi diverse, particolari aree (aree agricole, boschi, area industriale etc) che risultavano avere una rugosità più o meno elevata rispetto a quella di riferimento.

Così, con l'obiettivo di valutare l'effetto che tutti questi fattori hanno sul comportamento del vento, si è prodotta una modellizzazione del vento utilizzando i software Wind Pro e WASP.

Il software Wind Pro, interfacciandosi con il modulo di calcolo del WASP, riesce a prevedere un campo di ventosità nell'area del parco, partendo dai seguenti dati di input:

- misura effettuata con ERA 5 → WRF in downscaling per un periodo di 20 anni, dal 1 Settembre 2001 al Dicembre 2021
- rianalisi dei dati della torre meteorologica di Ittiri per la generazione di una serie di dati consistente sul lungo periodo
- mappa di curve di livello (5 metri di risoluzione)
- mappa di rugosità del sito, proveniente da immagini satellitari

STIMA DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DEL PARCO EOLICO

Dalla applicazione del campo di ventosità calcolato per ogni settore e dalla modellizzazione dell'orografia e della rugosità si può stabilire l'intensità del vento in ogni punto della zona. Dopodiché, per calcolare la produzione lorda (cioè ai morsetti del generatore, non considerando i fermi macchina e altre perdite) si deve applicare la curva di potenza della macchina per la specifica densità dell'aria e si deve calcolare la turbolenza che la presenza delle altre turbine potrebbe creare nella zona.

Per quanto riguarda la valutazione della turbolenza, detta anche effetto scia, il software WindPRO determina, secondo alcuni modelli matematici (GH, Eddy, Park), la percentuale di perdita di energia a causa della scia. Il calcolo suddetto non tiene conto delle riduzioni di produzione dovute a fermi macchina, perdite nei cavi di collegamento alla sottostazione, efficienza della sottostazione.

Per quantificare la produzione annuale netta stimata si sono adottati perciò i seguenti coefficienti di incertezza dovuti per i seguenti motivi:

Fattori di incertezza:

	Uncertainty in wind	Uncertainty in production
Wind measurement accuracy	2.5%	
Long term scaling	3.3%	
Vertical extrapolation	6.5%	
Horizontal extrapolation	3.9%	
Total uncertainty wind related	8.6%	13%
Wake losses		2.3%
Electrical losses		1.0%
Turbine performance		3.0%
other		0.1%
Total uncertainty energy related		3.9%
Future wind frequency distribution		2.0%
Wind speed variability	4.5%	6.8%
availability		1.5%
Overall uncertainty 10 years		13.7%

L'incertezza totale, attualmente di 13.7% viene ridotta introducendo dati provenienti da un anemometro.

Coefficienti di perdita:

Availability and maintenance losses	3.3%
Grid and interconnection station losses	2.3%
Rotor blade degeneration	0.5%
Icing	0.1%
Total losses (without wake)	6.1%

Questi valori sono quelli che si indicano come “coefficienti di perdita” della produzione attesa e che contribuiscono a ridurre il valore di produzione stimato dai modelli matematici.

Di seguito è quindi riportata una tabella con i valori di produzione dei singoli aerogeneratori per il sito eolico considerato.

Tipo di WTG		Tipo generatore	Potenza nominale	Diametro rotore	Altezza mozzo	Altezza di dislocamento	Curva di potenza		Produzione annuale				
Valida	Produttore						Creata da	Nome	Risultato	Perdite di scia [%]	Velocità lorda [m/s]	Velocità ridotta [m/s]	
1	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	16'158.8	9.7	6.28	5.95
2	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	16'994.8	9.0	6.46	6.15
3	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	17'466.6	11.5	6.68	6.26
4	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	15'150.6	12.1	6.17	5.76
5	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	18'992.4	8.7	6.91	6.58
6	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	14'703.8	11.5	6.05	5.65
7	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	15'003.3	11.2	6.10	5.71
8	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	16'893.3	6.9	6.34	6.12
9	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	17'601.7	8.3	6.60	6.28
10	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	18'596.2	2.8	6.56	6.44
11	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	18'888.3	7.7	6.83	6.53
12	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	18'682.9	9.2	6.87	6.48
13	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	17'477.9	8.7	6.54	6.19
14	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM10 - 6.6 MW - to be used!	(2022-01-03)	16'882.2	7.1	6.34	6.07

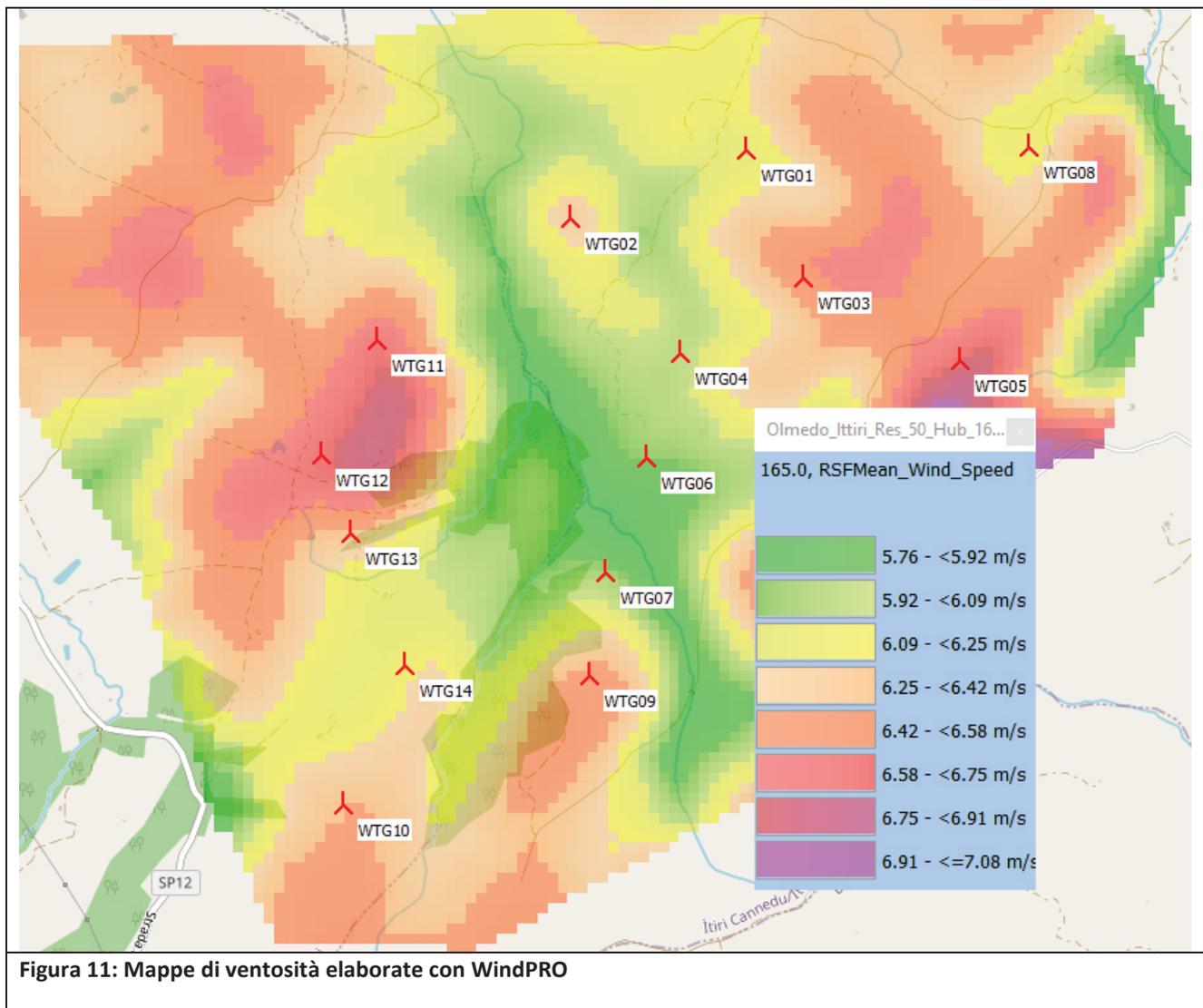
Figura 9 : Stima della produzione per macchina per il parco eolico di Ittiri

In Figura 10 sono riportati valori calcolati per l'intero parco.

Produzione annuale stimata del parco eolico TOTALE						
Risultato Park [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Perdite di Scia (%)	Fattore di Capacità (%)	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
239492.9	262690.2	8.8	29.6	17.106,6	2592	6,5

Figura 10: risultati della simulazione di WindPRO sul calcolo della producibilità del parco eolico

Infine, in Figura 11 è riportata una mappa che stima la risorsa eolica in termini di produzione annuale, calcolata tenendo conto della orografia e rugosità del terreno; da questa mappa si può vedere quindi la differente produzione annua sull'area, e quindi stimare in funzione delle posizioni delle turbine la loro relativa produzione.



CONCLUSIONI

Il layout del futuro parco eolico analizzato in questo studio, presenta un livello di risorsa del vento, perfettamente vocata allo sfruttamento eolico. Il parco si trova localizzato nei comuni di Ittiri in provincia di Sassari.

Il parco eolico proposto è costituito da 14 aerogeneratori Siemens Gamesa 170 con una potenza nominale di 6,6 MW ed un totale installato di 92.4 MW, ad una altezza al mozzo di 165m, la progettazione del parco sul territorio è avvenuta tenendo conto dei vincoli, degli aspetti morfologici del territorio e rispettando le distanze che permettano di sfruttare al massimo il vento disponibile.

Sono stati utilizzati i dati provenienti dalla torre anemometrica installata in Ittiri e successivamente tali dati sono stati correlati a lungo termine per creare un dato meteorologico affidabile e consistente sul lungo periodo.

Infine, mediante il programma Wind Pro e WASP si è calcolata la produzione di energia per aerogeneratore, questo ha tenuto conto dell'effetto scia degli aerogeneratori, della rugosità del terreno e dei rilievi topografici per l'ottimizzazione del layout.

Concludendo, i valori stimati della produzione di energia si sono ridotti per tener conto altre fonti potenziali di perdita di energia quali: disponibilità degli aerogeneratori, perdite elettriche, manutenzione, ed incertezze su misura, modelli, etc. Possiamo dire che il risultato, ottenuto grazie ai diversi modelli, per il sito di Ittiri, sia un buon risultato con una produzione di 239.492,9 MWh/anno, che equivale a circa 2592 ore annuali equivalenti per l'impianto di aerogeneratori considerato, così come riportato nella tabella riassuntiva in Figura 10.

L'area in oggetto è quindi perfettamente votata all'eolico che si configura come un impianto redditizio ed efficiente.

Allegati allo studio, i report con i risultati delle simulazioni.

PARK - Risultato principale

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Impostazioni

AEP scalata ad un anno esatto, in base al numero di campioni disponibili nella serie temporale
Fattore di scala da 20.0 a 1 anno: 0.050

Calcolo delle scie eseguito in UTM (north)-WGS84 Zona: 32
Al centro del sito, la differenza tra Nord del sistema di riferimento e Nord Vero è: -0.3°

Scia

Modello di scia: N.O. Jensen (RISØ/EMD)
Costante di decadimento scia
Tipo terreno Costante di decadimento scia
Terreno agricolo misto 0.054
WTG di riferimento: Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (101)

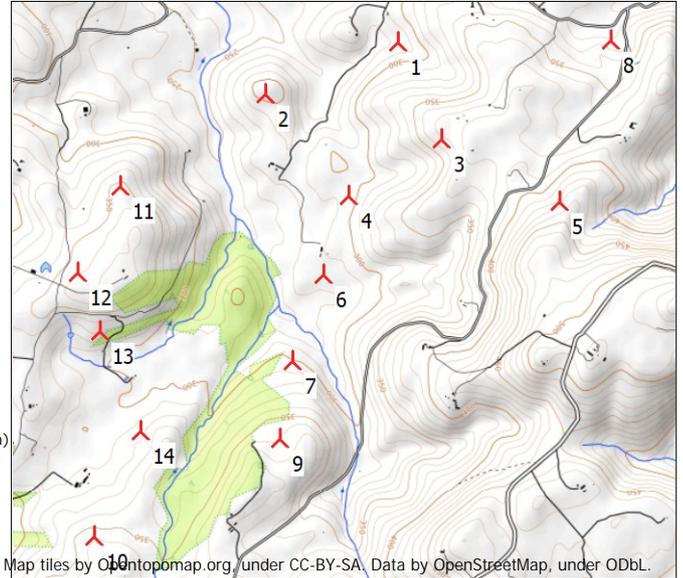
Scaler/dati di vento

Nome wpd Default Measurement Mast Scaler - Raw flow DHC
Scaling terreno Measured Data Scaling (Neutral stability / Raw flow)
Terreno alla microscala WAsP IBZ from Site Data
Periodo usato 2002-09-26 - 2022-09-25 23:00:00
Oggetto/i Meteo Mast_43m_screening_LTC_&_extrapol_165m, 165.00m -
Altezza di dislocamento: Settoriale: wpdDefault 15m forest based on roughness data
Versione WAsP WAsP 12 Version 12.00.0128

Correzione della potenza

Correzione curva di potenza (metodo IEC modificato per corrispondere al controllo turbina)

	Min	Max	Med	Corr.	Corr. Neg.	Corr. Pos.
				[%]	[%]	[%]
Densità dell'aria						
Dalle impostazioni della densità dell'aria [°C]	12.8	13.7	13.4			
Pressione atmosferica [hPa]	944.7	960.7	955.2			
Densità dell'aria risultante [kg/m³]	1.151	1.167	1.161			
Rispetto al livello del mare a 15°C [%]	93.9	95.2	94.8	-3.3	-3.3	0.0



Produzione annuale stimata del parco eolico

Combinazione di WTG	Risultato PARK [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	Risultati ^{a)}		Velocità del vento		
				Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	lorda [m/s]	ridotta dalla scia [m/s]
Parco eolico	239'492.9	262'690.2	8.8	29.6	17'106.6	2'592	6.5	6.2

^{a)} Basati su perdite in scia e decurtazioni.

Energia annuale calcolata per ciascuna delle 14 nuove WTG, per un totale di 92.4 MW nominali installati

Tipo di WTG	Valida	Produttore	Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Altezza di dislocamento [m]	Curva di potenza		Produzione annuale		Velocità del vento	
								Creata da	Nome	Risultato [MWh/anno]	Perdite di scia [%]	lorda [m/s]	ridotta [m/s]
1 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	16'158.8	9.7	6.28	5.95
2 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	16'994.8	9.0	6.46	6.15
3 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	17'466.6	11.5	6.68	6.26
4 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	15'150.6	12.1	6.17	5.76
5 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	18'992.4	8.7	6.91	6.58
6 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	14'703.8	11.5	6.05	5.65
7 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	15'003.3	11.2	6.10	5.71
8 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	16'893.3	6.9	6.34	6.12
9 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	17'601.7	8.3	6.60	6.28
10 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	18'596.2	2.8	6.56	6.44
11 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	18'888.3	7.7	6.83	6.53
12 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	18'682.9	9.2	6.87	6.48
13 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	17'477.9	8.7	6.54	6.19
14 Si		Siemens Gamesa	SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	Settoriale	USER	SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	16'882.2	7.1	6.34	6.07

I risultati di produzione annuale includono le perdite indicate. In fase decisionale, andranno considerate ulteriori perdite e incertezze.

Posizione delle WTG

	UTM (north)-WGS84 Zona: 32				Dati/Descrizione	Periodo calcolato	
	Easting	Northing	Z			Inizio	Fine
1 Nuova	458'411	4'492'088	288.3		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (101)	2002-09-26	2022-09-25
2 Nuova	457'541	4'491'759	300.0		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (102)	2002-09-26	2022-09-25
3 Nuova	458'695	4'491'454	365.6		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (103)	2002-09-26	2022-09-25
4 Nuova	458'085	4'491'081	297.5		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (104)	2002-09-26	2022-09-25
5 Nuova	459'471	4'491'039	425.3		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (105)	2002-09-26	2022-09-25
6 Nuova	457'909	4'490'557	284.8		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (106)	2002-09-26	2022-09-25
7 Nuova	457'704	4'489'993	301.2		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (107)	2002-09-26	2022-09-25
8 Nuova	459'819	4'492'096	325.8		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (108)	2002-09-26	2022-09-25
9 Nuova	457'620	4'489'474	364.3		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (109)	2002-09-26	2022-09-25
10 Nuova	456'395	4'488'841	354.0		Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (110)	2002-09-26	2022-09-25

continua alla pagina successiva...

Progetto:
Olmedo_Ittiri

Utente autorizzato:
wpd AG
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)
DE-28211 Bremen
+49 7142 77810
WindPro BiBi III / n.wittkamp@wpd.de
Redatto il:
2022-11-07 17:26/3.5.584



PARK - Risultato principale

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

...continua dalla pagina precedente

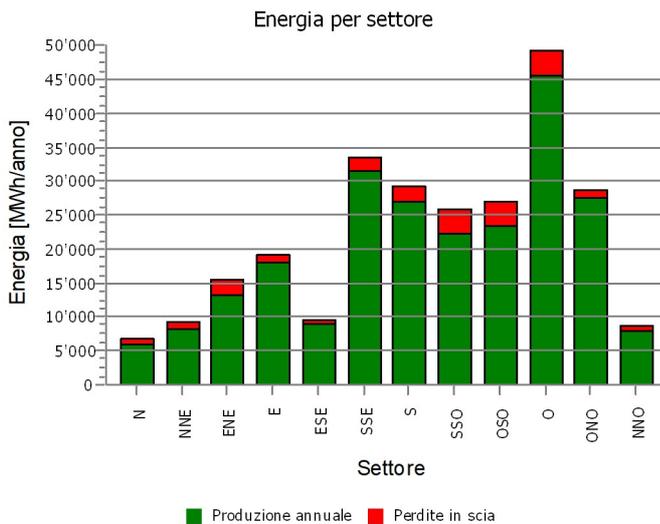
UTM (north)-WGS84 Zona: 32							Periodo calcolato	
	Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione		Inizio	Fine	
			[m]					
11 Nuova	456'582	4'491'155	348.6	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (111)		2002-09-26	2022-09-25	
12 Nuova	456'298	4'490'585	359.1	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (112)		2002-09-26	2022-09-25	
13 Nuova	456'440	4'490'192	329.5	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (113)		2002-09-26	2022-09-25	
14 Nuova	456'705	4'489'533	317.1	Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (114)		2002-09-26	2022-09-25	

PARK - Analisi della produzione

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07WTG: Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1.151 kg/m³ - 1.167 kg/m³

Analisi direzionale

Settore		0 N	1 NNE	2 ENE	3 E	4 ESE	5 SSE	6 S	7 SSO	8 OSO	9 O	10 ONO	11 NNO	Totale
Model based energy	[MWh]	6'817.8	9'367.6	15'389.0	19'232.0	9'436.4	33'597.5	29'338.4	25'733.7	27'118.8	49'216.7	28'677.2	8'765.0	262'690.2
-Perdite dovute alle scie	[MWh]	972.4	1'201.1	2'043.5	1'273.2	500.9	2'132.8	2'231.0	3'406.1	3'689.4	3'610.7	1'202.9	933.3	23'197.3
Energia risultante	[MWh]	5'845.4	8'166.5	13'345.5	17'958.8	8'935.6	31'464.7	27'107.4	22'327.6	23'429.5	45'606.0	27'474.4	7'831.7	239'492.9
Energia specifica	[kWh/m ²]													754
Energia specifica	[kWh/kW]													2'592
Perdite dovute alle scie	[%]	14.3	12.8	13.3	6.6	5.3	6.3	7.6	13.2	13.6	7.3	4.2	10.6	8.83
Ore equivalenti	[Ore/anno]	63	88	144	194	97	341	293	242	254	494	297	85	2'592



PARK - Analisi della curva di potenza

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07WTG: 1 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 IO!, Altezza mozzo: 165.0 m
Nome: SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)
Fonte: Standard Ct and Power Curve - D2849164/004 - 2022-01-03

Data fonte	Creata da	Creato	Modificato	Soglia di blocco [m/s]	Controllo della potenza	Tipo di curva Ct	Tipo di generatore	Potenza specifica kW/m ²
2022-01-03	USER	2022-02-02	2022-09-28	25.0	Pitch	Definito dall'utente	Variable	0.29

Standard Ct and Power Curve
Document ID: D2849164/004
date: 2022-01-03

REMARK: differs from power curve Developer Package D2830475/002 (dated 2021-07-21), although the Rev. number ins the same!

Confronto con curva HP - Nota: per densità dell'aria standard

V media	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valore HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	11'445	17'316	22'937	27'907	32'074	35'390
Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 IO! SG 6.6-170 Rev. 0, AM 0 - 6.6 MW - to be used! (2022-01-03)	[MWh]	11'609	17'474	23'063	27'972	32'037	35'198
Valore di controllo	[%]	-1	-1	-1	0	0	1

La tabella mostra il confronto con la produzione annuale di energia calcolata sulla base delle semplici "curve HP", che assumono che tutte le WTG abbiano prestazioni simili - solo la potenza specifica (kW/m²), la velocità singola/duale o stallo/pitch influenzano i valori calcolati. La produzione è intesa senza le perdite di scia.

Per ulteriori dettagli, consultare la relazione di progetto n. 51171/00-0016 dell'Agenzia Danese per l'Energia, o il manuale di windPRO.

Il metodo è descritto nel rapporto EMD "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", gennaio 2003.

Usare la tabella per valutare se la curva di potenza data è ragionevole - se il valore di controllo è inferiore a -5%, la curva di potenza è probabilmente troppo ottimistica a causa dell'incertezza sulla sua misurazione.

Curva di potenza

Dati originali dal Catalogo WTG, Densità dell'aria: 1.225 kg/m³

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp	Velocità del vento [m/s]	Curva Ct
3.0	89.0	0.24	3.0	0.95
3.5	178.0	0.30	3.5	0.88
4.0	329.0	0.37	4.0	0.85
4.5	522.0	0.41	4.5	0.83
5.0	758.0	0.44	5.0	0.82
5.5	1040.0	0.45	5.5	0.83
6.0	1376.0	0.46	6.0	0.83
6.5	1771.0	0.46	6.5	0.84
7.0	2230.0	0.47	7.0	0.84
7.5	2757.0	0.47	7.5	0.84
8.0	3346.0	0.47	8.0	0.82
8.5	3974.0	0.47	8.5	0.80
9.0	4640.0	0.45	9.0	0.77
9.5	5176.0	0.43	9.5	0.71
10.0	5660.0	0.41	10.0	0.65
10.5	6024.0	0.37	10.5	0.58
11.0	6271.0	0.34	11.0	0.51
11.5	6424.0	0.30	11.5	0.44
12.0	6510.0	0.27	12.0	0.38
12.5	6556.0	0.24	12.5	0.34
13.0	6579.0	0.22	13.0	0.29
13.5	6590.0	0.19	13.5	0.26
14.0	6598.0	0.17	14.0	0.23
14.5	6598.0	0.16	14.5	0.21
15.0	6599.0	0.14	15.0	0.19
15.5	6600.0	0.13	15.5	0.17
16.0	6600.0	0.12	16.0	0.15
16.5	6600.0	0.11	16.5	0.14
17.0	6600.0	0.10	17.0	0.13
17.5	6600.0	0.09	17.5	0.12
18.0	6600.0	0.08	18.0	0.11
18.5	6600.0	0.07	18.5	0.10
19.0	6600.0	0.07	19.0	0.10
19.5	6600.0	0.06	19.5	0.09
20.0	6600.0	0.06	20.0	0.08
20.5	6468.0	0.05	20.5	0.07
21.0	6336.0	0.05	21.0	0.07
21.5	6204.0	0.04	21.5	0.06
22.0	6072.0	0.04	22.0	0.06
22.5	5940.0	0.04	22.5	0.05
23.0	5808.0	0.03	23.0	0.05
23.5	5676.0	0.03	23.5	0.04
24.0	5544.0	0.03	24.0	0.04
24.5	5412.0	0.03	24.5	0.04
25.0	5280.0	0.02	25.0	0.03

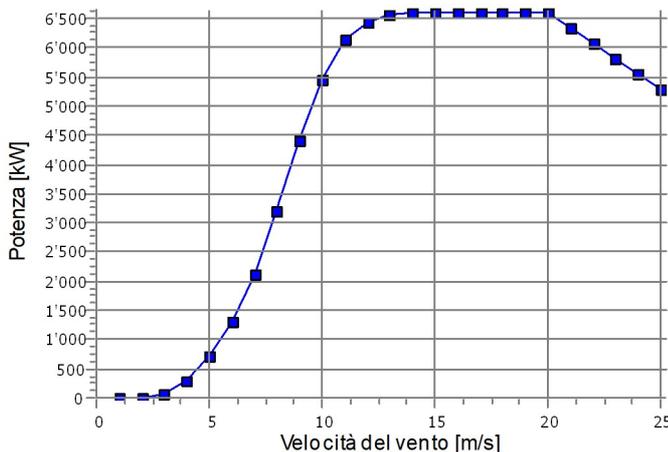
Potenza ed efficienza vs. velocità del vento

Dati usati nel calcolo, Densità media dell'aria: 1.166 kg/m³

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Cp
1.0	0.0	0.00
2.0	0.0	0.00
3.0	80.0	0.22
4.0	307.8	0.36
5.0	718.3	0.43
6.0	1'308.1	0.46
7.0	2'121.8	0.47
8.0	3'186.1	0.47
9.0	4'394.6	0.46
10.0	5'457.5	0.41
11.0	6'136.3	0.35
12.0	6'450.9	0.28
13.0	6'560.9	0.23
14.0	6'590.9	0.18
15.0	6'598.1	0.15
16.0	6'600.0	0.12
17.0	6'600.0	0.10
18.0	6'600.0	0.09
19.0	6'600.0	0.07
20.0	6'600.0	0.06
21.0	6'336.0	0.05
22.0	6'072.0	0.04
23.0	5'808.0	0.04
24.0	5'544.0	0.03
25.0	5'280.0	0.03

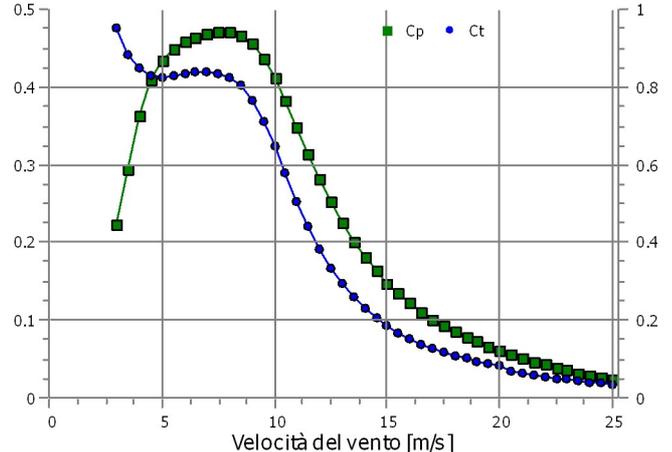
Curva di potenza

Per una densità dell'aria: 1.166 kg/m³ e dati climatici di riferimento



Curve Cp e Ct

Per una densità dell'aria: 1.166 kg/m³ e dati climatici di riferimento



PARK - Analisi dei Dati di vento

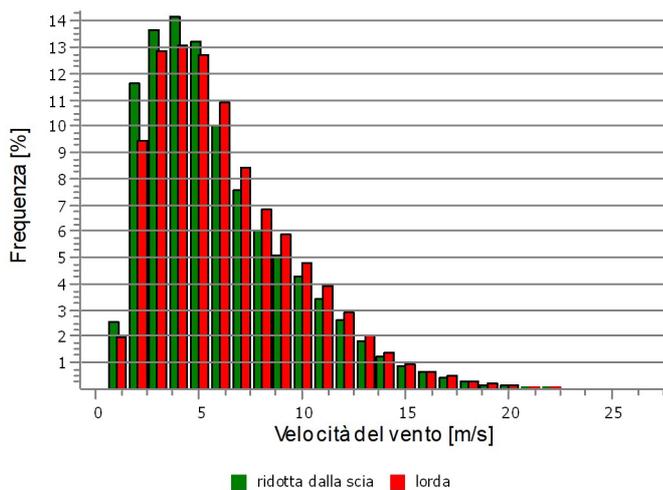
Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07Dati di vento: 1 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (101); Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito
UTM (north)-WGS84 Zone: 32
Est: 458'411 Nord: 4'492'088
WTG01 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (101)
Masts usati
Take nearest

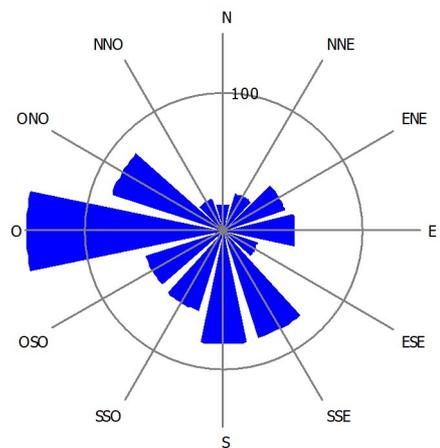
Dati di vento per il sito

Settore	Velocità del vento imperturbato [m/s]	Velocità media ridotta dalla scia [m/s]	Frequenza [%]
0 N	4.6	4.6	5.9
1 NNE	5.2	5.2	5.3
2 ENE	5.9	5.9	6.3
3 E	6.7	6.3	6.3
4 ESE	5.4	5.2	4.6
5 SSE	7.2	6.3	10.3
6 S	6.9	6.6	9.4
7 SSO	6.5	5.7	9.3
8 OSO	6.1	5.2	11.6
9 O	6.6	6.5	16.8
10 ONO	6.9	6.9	8.8
11 NNO	5.1	5.1	5.4
Tutti	6.3	5.9	100.0

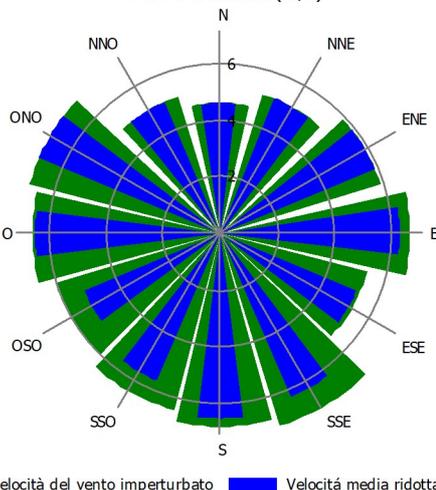
Distribuzione del vento



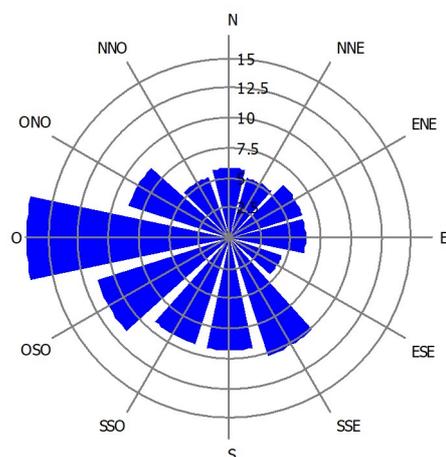
Rosa dell'energia (WTG) (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



PARK - Analisi dei Dati di vento

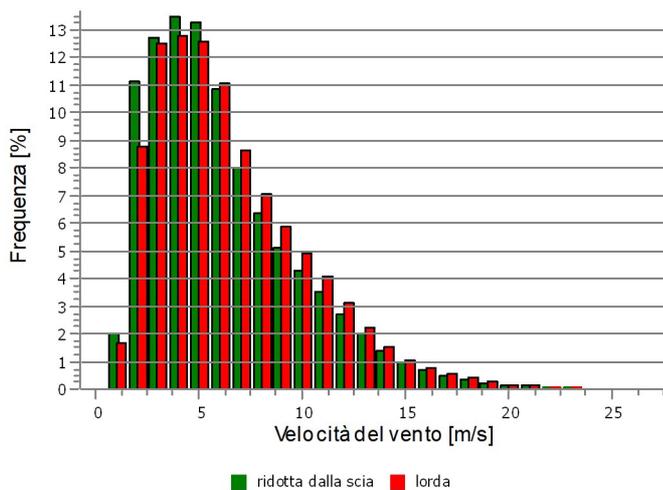
Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07Dati di vento: 2 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (102); Altezza mozzo: 165.0

Coordinate del sito
UTM (north)-WGS84 Zone: 32
Est: 457'541 Nord: 4'491'759
WTG02 - Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O! hub: 165.0 m (TOT: 250.0 m) (102)
Masts usati
Take nearest

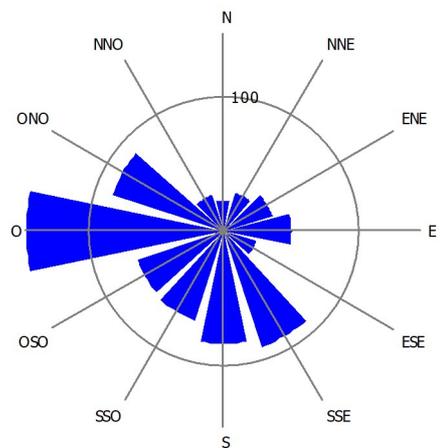
Dati di vento per il sito

Settore	Velocità del vento imperturbato [m/s]	Velocità media ridotta dalla scia [m/s]	Frequenza [%]	
0 N	4.9	4.9	4.9	5.9
1 NNE	5.3	5.3	5.3	5.3
2 ENE	6.0	5.4	6.3	6.3
3 E	6.7	6.3	6.3	4.6
4 ESE	5.6	5.2	6.9	10.3
5 SSE	7.6	6.8	6.1	9.4
6 S	7.3	6.1	5.6	11.6
7 SSO	6.7	6.7	6.7	16.8
8 OSO	6.1	7.1	5.4	8.8
9 O	6.7	5.4	5.4	5.4
10 ONO	7.1	6.1	6.1	100.0
11 NNO	5.4			
Tutti	6.5			

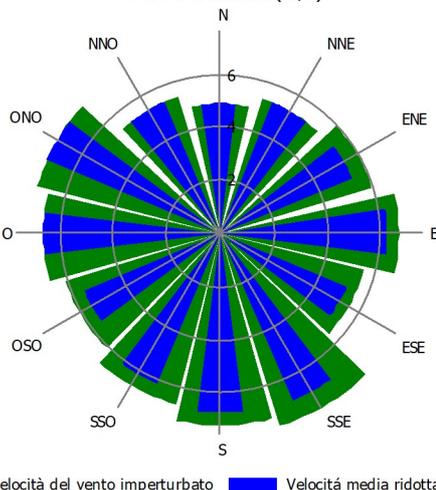
Distribuzione del vento



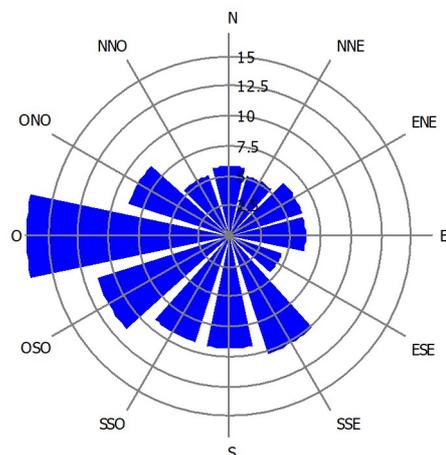
Rosa dell'energia (WTG) (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)

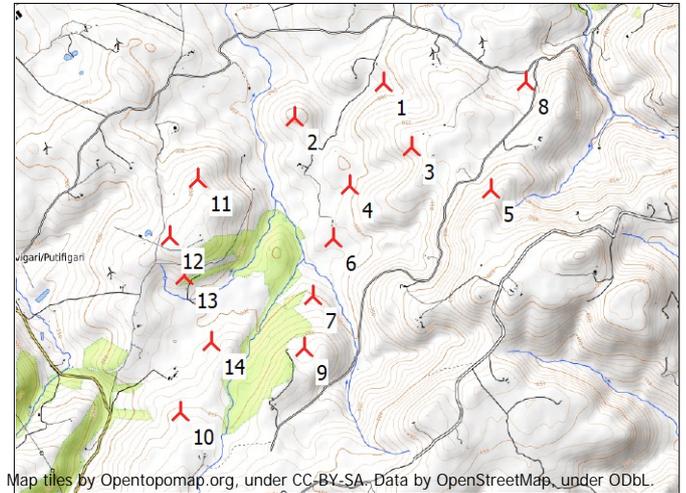


PARK - Distanze tra le WTG

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore	
1	288.3	3	365.6	695	4.1
2	300.0	4	297.5	869	5.1
3	365.6	1	288.3	695	4.1
4	297.5	6	284.8	553	3.3
5	425.3	3	365.6	880	5.2
6	284.8	4	297.5	553	3.3
7	301.2	9	364.3	526	3.1
8	325.8	5	425.3	1'113	6.5
9	364.3	7	301.2	526	3.1
10	354.0	14	317.1	758	4.5
11	348.6	12	359.1	637	3.7
12	359.1	13	329.5	419	2.5
13	329.5	12	359.1	419	2.5
14	317.1	13	329.5	710	4.2
Min	284.8		284.8	419	2.5
Max	425.3		425.3	1'113	6.5



▲ Nuova WTG

Scala 1:75'000

PARK - Produzione annuale in funzione del tempo

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Parco eolico: 92.4 MW, 14 turbine di tipo Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 !O!.

Selezione: Tutte le WTG nuove

Produzione media calcolata, per mese e per ora [MWh]. Il risultato include le perdite dovute a scie e decurtazioni.

I valori sono stati scalati ad un anno completo, v. fattori di correzione nella pagina Risultato Principale.

Mese / Ora [MWh]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
0	1'279	1'088	1'098	918	747	471	371	363	568	911	1'232	1'292	10'338
1	1'281	1'083	1'113	917	754	481	404	375	582	951	1'252	1'330	10'524
2	1'264	1'086	1'117	901	743	488	391	374	607	944	1'255	1'305	10'475
3	1'287	1'089	1'130	941	747	486	380	382	608	942	1'233	1'293	10'517
4	1'288	1'089	1'139	941	725	452	388	372	607	928	1'222	1'295	10'448
5	1'293	1'087	1'154	951	714	421	372	382	593	913	1'217	1'307	10'404
6	1'288	1'077	1'173	939	680	388	338	351	598	932	1'204	1'306	10'276
7	1'305	1'077	1'154	866	594	348	312	298	549	903	1'205	1'299	9'909
8	1'297	1'044	1'046	778	557	357	341	311	496	838	1'173	1'323	9'562
9	1'212	927	963	739	580	398	392	348	469	779	1'091	1'225	9'124
10	1'129	904	937	741	624	456	474	427	465	720	1'027	1'135	9'039
11	1'091	907	948	767	662	515	597	526	516	735	946	1'091	9'301
12	1'101	911	973	791	702	588	691	639	596	749	961	1'102	9'806
13	1'102	929	1'000	791	746	628	770	702	673	758	954	1'127	10'181
14	1'118	933	1'007	809	766	636	767	736	710	761	978	1'112	10'333
15	1'141	917	1'002	818	747	613	713	678	671	749	989	1'132	10'172
16	1'176	925	986	804	687	554	634	609	607	753	1'042	1'180	9'956
17	1'215	948	1'000	784	664	473	526	498	565	801	1'090	1'228	9'794
18	1'245	976	1'053	788	635	415	407	394	548	835	1'113	1'259	9'668
19	1'222	1'023	1'073	803	646	382	332	370	512	861	1'135	1'285	9'643
20	1'233	1'043	1'084	823	642	383	310	342	512	887	1'176	1'303	9'737
21	1'262	1'053	1'107	852	662	413	323	334	514	916	1'189	1'321	9'946
22	1'282	1'062	1'119	864	691	416	348	350	532	915	1'207	1'327	10'112
23	1'285	1'078	1'129	868	729	438	348	367	548	930	1'212	1'298	10'230
Totale	29'398	24'258	25'507	20'194	16'443	11'198	10'932	10'525	13'648	20'411	27'103	29'876	239'493

Mese / Ora [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
0	41.3	38.8	35.4	30.6	24.1	15.7	12.0	11.7	18.9	29.4	41.1	41.7	28.3
1	41.3	38.7	35.9	30.6	24.3	16.0	13.0	12.1	19.4	30.7	41.7	42.9	28.8
2	40.8	38.8	36.0	30.0	24.0	16.3	12.6	12.1	20.2	30.5	41.8	42.1	28.7
3	41.5	38.9	36.4	31.4	24.1	16.2	12.3	12.3	20.3	30.4	41.1	41.7	28.8
4	41.6	38.9	36.8	31.4	23.4	15.1	12.5	12.0	20.2	29.9	40.7	41.8	28.6
5	41.7	38.8	37.2	31.7	23.0	14.0	12.0	12.3	19.8	29.4	40.6	42.2	28.5
6	41.6	38.5	37.8	31.3	22.0	12.9	10.9	11.3	19.9	30.1	40.1	42.1	28.2
7	42.1	38.5	37.2	28.9	19.2	11.6	10.1	9.6	18.3	29.1	40.2	41.9	27.1
8	41.8	37.3	33.8	25.9	18.0	11.9	11.0	10.0	16.5	27.0	39.1	42.7	26.2
9	39.1	33.1	31.1	24.6	18.7	13.3	12.6	11.2	15.6	25.1	36.4	39.5	25.0
10	36.4	32.3	30.2	24.7	20.1	15.2	15.3	13.8	15.5	23.2	34.2	36.6	24.8
11	35.2	32.4	30.6	25.6	21.3	17.2	19.3	17.0	17.2	23.7	31.5	35.2	25.5
12	35.5	32.5	31.4	26.4	22.7	19.6	22.3	20.6	19.9	24.2	32.0	35.6	26.9
13	35.6	32.2	32.3	26.4	24.1	20.9	24.8	22.6	22.4	24.5	31.8	36.4	27.9
14	36.1	33.3	32.5	27.0	24.7	21.2	24.7	23.7	23.7	24.5	32.6	35.9	28.3
15	36.8	32.8	32.3	27.3	24.1	20.4	23.0	21.9	22.4	24.1	33.0	36.5	27.9
16	37.9	33.0	31.8	26.8	22.2	18.5	20.5	19.6	20.2	24.3	34.7	38.1	27.3
17	39.2	33.9	32.3	26.1	21.4	15.8	17.0	16.1	18.8	25.9	36.3	39.6	26.8
18	40.1	34.9	34.0	26.3	20.5	13.8	13.1	12.7	18.3	26.9	37.1	40.6	26.5
19	39.4	36.5	34.6	26.8	20.8	12.7	10.7	11.9	17.1	27.8	37.8	41.4	26.4
20	39.8	37.2	35.0	27.4	20.7	12.8	10.0	11.0	17.1	28.6	39.2	42.0	26.7
21	40.7	37.6	35.7	28.4	21.3	13.8	10.4	10.8	17.1	29.5	39.6	42.6	27.2
22	41.4	37.9	36.1	28.8	22.3	13.9	11.2	11.3	17.7	29.5	40.2	42.8	27.7
23	41.4	38.5	36.4	28.9	23.5	14.6	11.2	11.8	18.3	30.0	40.4	41.9	28.0
Totale	39.5	36.1	34.3	28.0	22.1	15.6	14.7	14.1	19.0	27.4	37.6	40.2	27.3

PARK - Produzione annuale in funzione del tempo

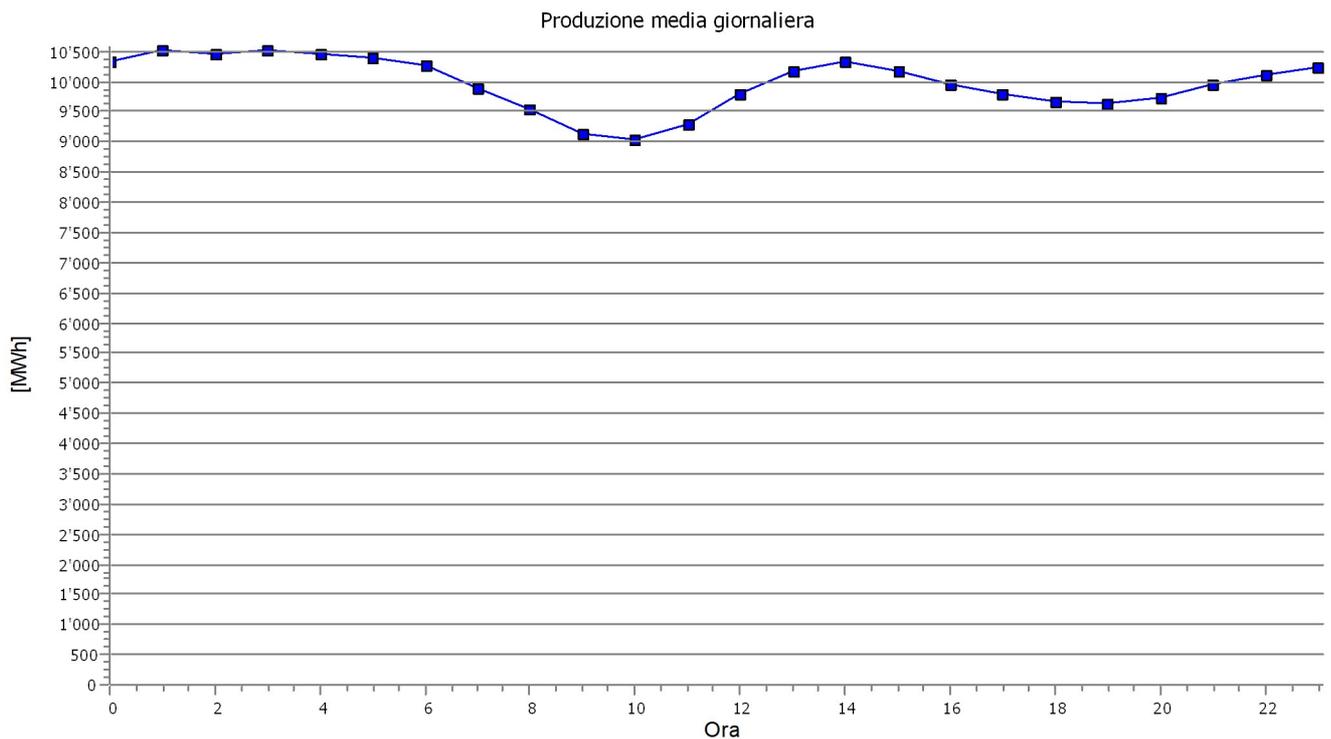
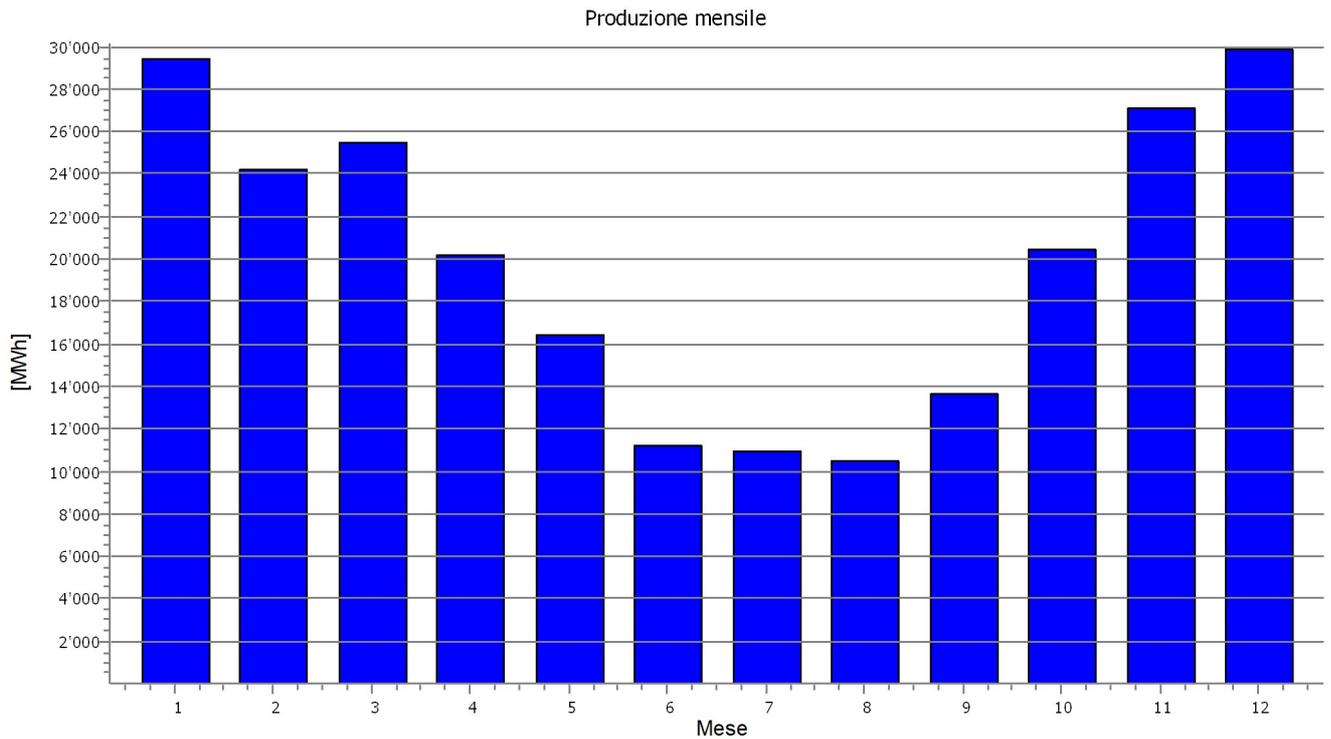
Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Parco eolico: 92.4 MW, 14 turbine di tipo Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 IOI.

Selezione: Tutte le WTG nuove

Produzione media calcolata, per mese e per ora [MWh]. Il risultato include le perdite dovute a scie e decurtazioni.

I valori sono stati scalati ad un anno completo, v. fattori di correzione nella pagina Risultato Principale.



PARK - Produzione annuale in funzione del tempo

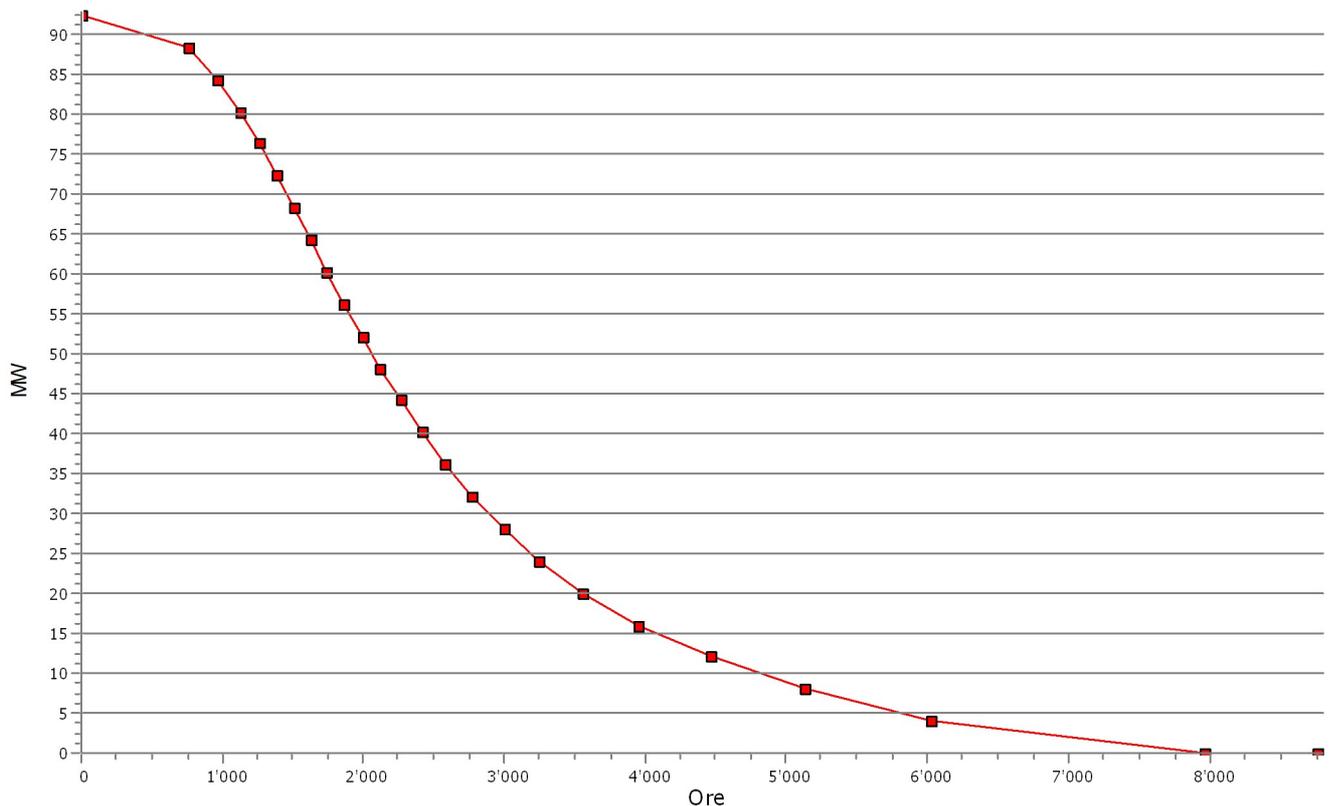
Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Parco eolico: 92.4 MW, 14 turbine di tipo Siemens Gamesa SG 6.6-170 6600 170.0 IOI.

Selezione: Tutte le WTG nuove

Ore	Ore [%]	Ore cumulate	Potenza [MW]	Potenza (MW/WTG)
0	0.0	0	92.4	6.6
757	8.6	757	88.4 - 92.4	6.3 - 6.6
211	2.4	968	84.4 - 88.4	6.0 - 6.3
160	1.8	1128	80.3 - 84.4	5.7 - 6.0
131	1.5	1259	76.3 - 80.3	5.5 - 5.7
124	1.4	1383	72.3 - 76.3	5.2 - 5.5
121	1.4	1504	68.3 - 72.3	4.9 - 5.2
120	1.4	1623	64.3 - 68.3	4.6 - 4.9
120	1.4	1743	60.3 - 64.3	4.3 - 4.6
122	1.4	1864	56.2 - 60.3	4.0 - 4.3
124	1.4	1988	52.2 - 56.2	3.7 - 4.0
132	1.5	2120	48.2 - 52.2	3.4 - 3.7
143	1.6	2263	44.2 - 48.2	3.2 - 3.4
154	1.8	2417	40.2 - 44.2	2.9 - 3.2
168	1.9	2585	36.2 - 40.2	2.6 - 2.9
189	2.2	2774	32.1 - 36.2	2.3 - 2.6
220	2.5	2994	28.1 - 32.1	2.0 - 2.3
256	2.9	3250	24.1 - 28.1	1.7 - 2.0
304	3.5	3554	20.1 - 24.1	1.4 - 1.7
396	4.5	3950	16.1 - 20.1	1.1 - 1.4
518	5.9	4468	12.1 - 16.1	0.9 - 1.1
665	7.6	5133	8.0 - 12.1	0.6 - 0.9
895	10.2	6028	4.0 - 8.0	0.3 - 0.6
1933	22.1	7961	0.0 - 4.0	0.0 - 0.3
805	9.2	8766	0.0	0.0

Curva di durata, parco da 92.4 MW



Progetto:
Olmedo_I ttiri

Utente autorizzato:
wpd AG
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)
DE-28211 Bremen
+49 7142 77810
WindPro BiBi III / n.wittkamp@wpd.de
Redatto il:
2022-11-07 17:26/3.5.584



PARK - Informazioni sullo scaling

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Impostazioni Scaler

Nome	wpd Default Measurement Mast Scaler - Raw flow DHC
Scaling terreno	Measured Data Scaling (Neutral stability / Raw flow)
Correzione RIX	No RIX correction
Altezza di dislocamento	from calculator
Settoriale:	wpdDefault 15m forest based on roughness data
Terreno alla microscala	TDO Statgen/Scaler

Dati di Sito: TDO Statgen/Scaler

Ostacoli:

Tutti gli ostacoli usati

Rugosità:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

L:\PE\Wind\02_projects\Italy\3_Historical_projects\Olmedo\09_WindPRO\ROUGHNESSLINE_Olmedo_I ttiri_0_nachdigitalisiert.wpd
Min X: 424'348, Max X: 485'497, Min Y: 4'462'557, Max Y: 4'523'368, Ampiezza: 61'149 m, Altezza: 60'811 m

Orografia:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

L:\PE\Wind\02_projects\Italy\3_Historical_projects\Olmedo\09_WindPRO\Contours\Contours_10m.map
Min X: 426'091, Max X: 486'671, Min Y: 4'460'276, Max Y: 4'521'780, Ampiezza: 60'580 m, Altezza: 61'504 m

Post calibrazione: no

PARK - Altezza di dislocamento

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07

Settoriale: : wpdDefault 15m forest based on roughness data

L'altezza di dislocamento é impostata a 0.67 volte l'altezza della foresta.
L'altezza di dislocamento delle WTG desce come 1/50.0 l'altezza della foresta, sopravento alla stessa.
L'altezza di dislocamento delle WTG desce come 1/25.0 l'altezza della foresta, sottovento alla stessa.

Altezza di dislocamento settoriale dei masts

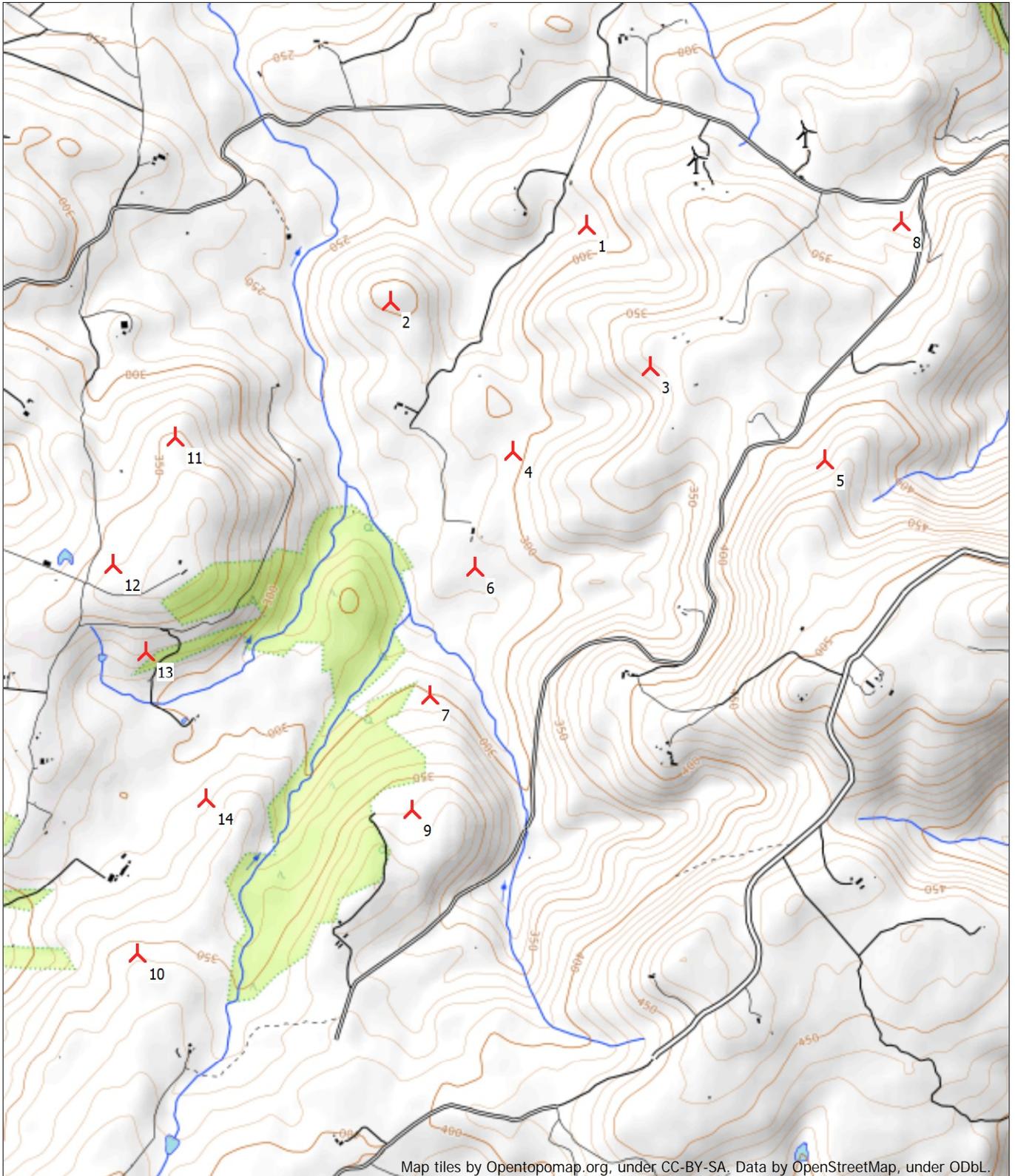
	DH (0)	DH (1)	DH (2)	DH (3)	DH (4)	DH (5)	DH (6)	DH (7)	DH (8)	DH (9)	DH (10)	DH (11)
	[m]	[m]										
Mast_43m_screening_LTC_&_extrapol_165m	2.86	0.00	3.29	5.90	5.32	5.27	3.85	0.36	6.15	7.98	7.36	2.84

Altezza di dislocamento settoriale delle WTGs

Valida	Produttore	Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	DH (0)	DH (1)	DH (2)	DH (3)	DH (4)	DH (5)	DH (6)	DH (7)	DH (8)	DH (9)	DH (10)	DH (11)
1	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	0.00	0.00	0.00	0.28	1.14	3.99	4.07	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	9.24	9.19	8.97	8.06	6.14	8.03	8.42	8.33	7.89	6.39	7.50	9.04
3	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	6.67	6.39	1.16	0.00	4.99	6.49	4.60	2.73	0.35	0.00	2.94	5.87
4	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	8.23	8.57	7.21	7.66	8.07	7.82	6.68	7.09	5.38	5.27	6.08	6.05
5	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	0.14	0.00	0.00	1.76	3.54	4.74	0.82	0.00	0.00	1.57	0.22	0.88
6	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	0.00	1.48	2.31	0.16	0.00	0.00	0.36	5.06	4.58	4.01	2.01	0.00
7	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	8.48	8.46	7.85	5.47	5.96	7.37	7.25	6.88	5.75	7.52	7.96	7.87
8	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	0.32	2.38	2.01	0.00	0.00	0.00	2.15	6.21	6.03	1.16	0.00	0.00
9	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	7.87	5.80	7.03	5.97	4.80	5.27	6.87	5.21	6.45	4.55	5.65	7.18
10	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	7.73	7.09	4.33	0.34	3.47	6.29	8.89	8.57	7.17	2.44	0.21	3.86
11	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	8.77	8.37	8.27	8.69	8.65	7.77	7.50	6.68	6.88	8.34	8.74	8.87
12	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	3.79	0.37	0.00	0.97	4.25	6.16	6.90	0.69	0.00	0.00	0.84	5.16
13	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	7.77	6.79	4.25	6.35	8.95	9.07	8.91	8.42	5.64	4.30	7.85	8.08
14	Si	Siemens Gamesa SG 6.6-170-6'600	6'600	170.0	165.0	0.00	0.00	0.21	2.96	2.52	1.88	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PARK - Mappa

Calcolo: Ittiri_14xSG170 165m hh 6.6MW_(Layout:2022-10-26)_2022-11-07



0 250 500 750 1000m

Mappa: OpenTopoMap, Scala di stampa 1:25'000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 32 Est: 458'058 Nord: 4'49'468

🚧 Nuova WTG