

LAMPINO WIND S.r.l.

Corso Venezia 37 – 20121 Milano (MI)

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI ORTANOVA (FG) IN LOCALITA' "LAMPINO"



Tecnico

ing. Danilo Pomponio

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

Collaborazioni

ing. Milena Miglionico
ing. Antonio Crisafulli
ing. Tommaso Mancini
ing. Giovanna Scuderi
ing. Dionisio Staffieri
ing. Giuseppe Federico Zingarelli
geom. Francesco Mangino
geom. Claudio A. Zingarelli

Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
V12	VALUTAZIONE RISORSA EOLICA E ANALISI DI PRODUCIBILITA'	19046	D		
		CODICE ELABORATO			
		DC19046D-V12			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	30/06/19	Emissione	Crisafulli	Scuderi	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

INDICE

1. OGGETTO	2
2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPO EOLICO.....	2
3. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE	3
4. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	5
4.1 Orografia.....	5
4.2 Rugosità	6
5. STRUMENTAZIONE DI MISURA	7
6. METODO DI CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ELETTRICA DELL'AEROGENERATORE	8
7. CONSIDERAZIONI E RISULTATI DEI CALCOLI DI PRODUCIBILITÀ.....	10
8. ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINDPRO	10

1. OGGETTO

Oggetto della presente è la valutazione della risorsa eolica e stima della producibilità elettrica relativa ad un nuovo impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica della potenza totale di 79,8 MW, equivalenti all'installazione di n. 19 aerogeneratori della potenza nominale pari a 4,2 MW, sito nel Comune di Ortanova (FG), con parte delle opere di connessione e la Sottostazione Elettrica nel territorio di Stornara (FG).

Il progetto prevede l'installazione di n. 19 generatori di nuova generazione della potenza di 4,2 MW ciascuno, per una potenza totale di 79,8 MW.

Gli impianti ed opere da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- rete di distribuzione interna a MT (30 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla sottostazione di trasformazione MT/AT;
- sottostazione di trasformazione MT/AT sita nei pressi del punto di consegna AT;
- raccordo AT (150 kV) in cavo aereo dalla sottostazione di trasformazione al punto di consegna AT nella futura stazione TERNA da realizzare;
- rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la sottostazione.
- impianti di messa a terra.
- opere civili per l'installazione e l'esercizio del parco eolico.

2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL CAMPO EOLICO

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 19 aerogeneratori della potenza massima di circa 4,2 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, della VESTAS modello V150, con diametro del rotore pari 150 m, altezza al mozzo pari a 105 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 180 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione BT/MT;
- rete elettrica interrata a 30 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la sottostazione;
- n° 1 sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT nei pressi della nuova stazione elettrica (SE) Terna S.p.A. a 150 kV da realizzare nel Comune di Stornara (punto di consegna previsto);
- raccordo AT 150 kV in cavo aereo tra la sottostazione e il punto di consegna nella futura sottostazione TERNA, da ubicare nel Comune di Stornara;

- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

3. CARATTERISTICHE DELL'AEROGENERATORE

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con potenza massima di 4200 kW e tensione nominale di 690 V.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore che ha diametro massimo di 150 m: il mozzo a sua volta viene collegato ad un sistema di alberi e moltiplicatori di giri per permettere la connessione al generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza, in bassa tensione verso il trasformatore BT/MT.

Tutti i componenti su menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale a sua volta, è posta su un supporto cuscinetto in modo da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento. L'intera navicella (realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro) viene posta su di una torre tronco-conica tubolare.

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che viene eseguito ruotando le pale intorno al proprio asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, in base al profilo delle pale;
- ✓ il controllo della navicella, detto controllo dell'imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato anche per il controllo della potenza;
- ✓ l'avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore. Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di *Cut-out wind speed* (fuori servizio).

Per ragioni di sicurezza a partire dalla velocità nominale la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

L'aerogeneratore si avvicinerà al valore della potenza nominale a seconda delle caratteristiche costruttive della turbina montata: passo fisso, passo variabile, velocità variabile, etc.

Tabella 1 – Scheda tecnica dell'aerogeneratore tipo

ROTORE	Diametro max	150 m
	Area spazzata max	17.671 m ²
	Numero di pale	3
	Materiale	GRP (CRP) materiale plastico rinforzato con fibra di vetro
	Velocità nominale	13.6 giri/min
	Senso di rotazione	orario
	Posizione rotore	Sopra vento
TRASMISSIONE	Potenza massima	4.200 kW
SISTEMA ELETTRICO	Tipo generatore	Asincrono a 4 poli, doppia alimentazione, collettore ad anelli
	Classe di protezione	IP 54
	Tensione di uscita	690 V
	Frequenza	50 Hz
TORRE IN ACCIAIO	Altezza al mozzo (in ogni caso non si supererà l'altezza complessiva di 150 m)	105 m
	Numero segmenti	3
SISTEMA DI CONTROLLO	Tipo	Microprocessore
	Trasmissione segnale	Fibra ottica
	Controllo remoto	PC-modem, interfaccia grafica

4. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

4.1 Orografia

Il sito di interesse (in località Lampino) si trova a circa 6 km in direzione Nordest rispetto al centro abitato di Ortonova. Le quote altimetriche dell'area variano orientativamente tra 30 e 50 m s.l.m., con una orografia piuttosto piana e uniforme, caratterizzata dalla quasi assenza di alture e avvallamenti. L'intera zona è caratterizzata quindi da una ottima ventosità, come in tutta la piana del Foggiano.

Di seguito alcune immagini rappresentative delle caratteristiche orografiche e di uso del suolo.

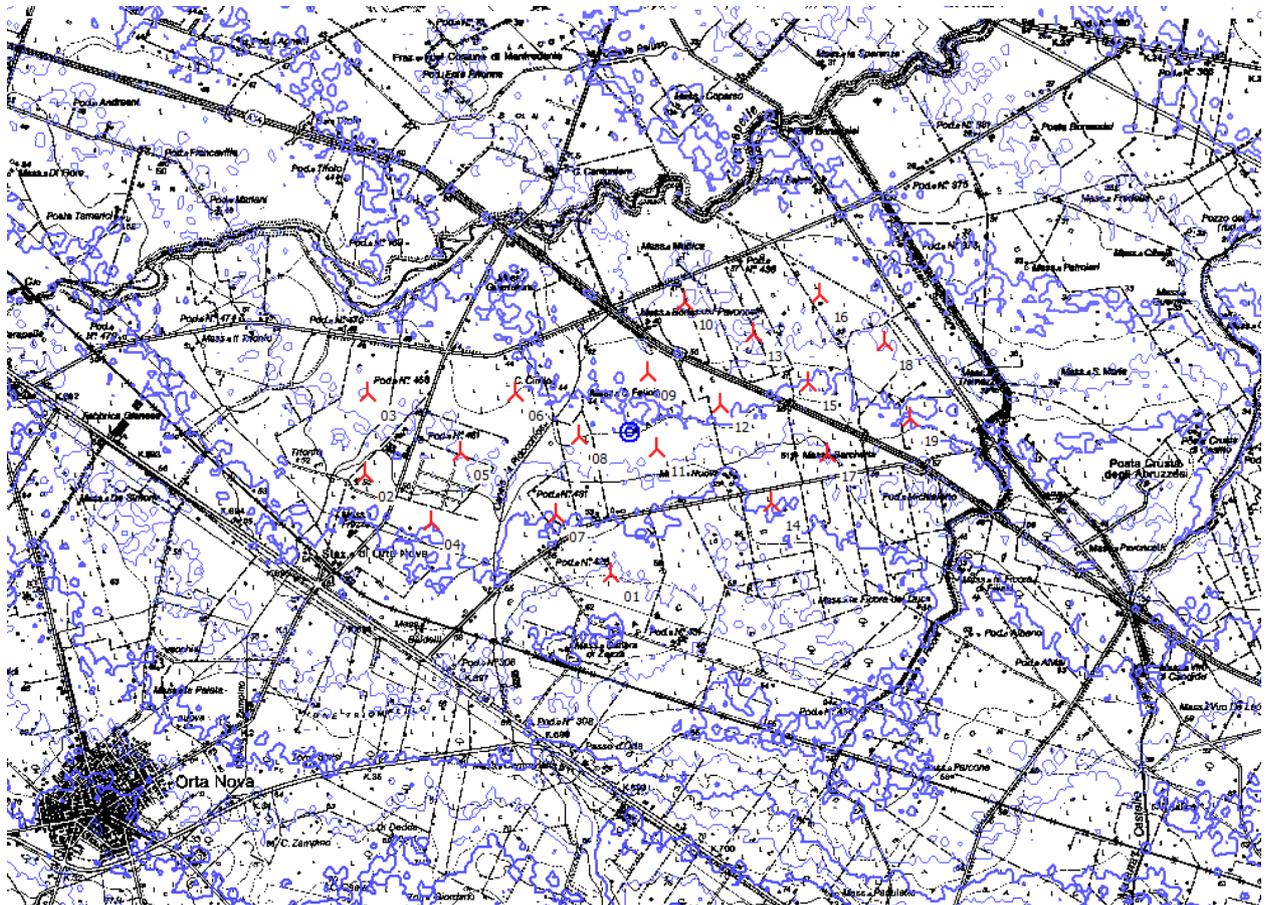


Figura 1 - Orografia del sito di installazione del parco eolico (curve di livello colorate, ogni 5 m)



Figura 2 – Ubicazione del parco eolico su ortofoto, con curve di livello (ogni 5 m).

Le caratteristiche orografiche del sito lasciano presupporre una buona esposizione ai venti, condizionati dalla conformazione della piana, con eventuali correnti provenienti dalla costa a nord e nordest.

4.2 Rugosità

Tutta l'area è caratterizzata dalla presenza di vasti seminativi, con consistente presenza di uliveti e vigne. Nell'ottica di elaborare uno studio preliminare, nel documento fornito è stata assunta una rugosità di base di classe 1,2 perimetrando però le zone alberate e soprattutto i centri abitati, assegnando valori di rugosità più elevati, compresi tra 2 e 3. Infatti in genere l'area di influenza dei valori di rugosità, ai fini delle stime anemologiche, è pari ad un raggio di circa 10 km dal sito di interesse.

5. STRUMENTAZIONE DI MISURA

La stazione anemometrica utilizzata per le valutazioni anemologiche del sito è installata a circa 7 km a sudovest del sito di installazione dell’impianto eolico, nel comune di Orta Nova. Il punto di installazione si trova ad una quota intorno a 85 m s.l.m., ed ha caratteristiche del tutto paragonabili a quella del parco eolico.



Figura 3 – Inquadramento dell’ubicazione dell’anemometro su ortofoto

Come si può notare dall’ortofoto, per quanto riguarda la rugosità il sito dell’anemometro ha caratteristiche del tutto analoghe a quelle dell’impianto eolico in oggetto.

Anemometro Orta Nova	
Località	“Grassano delle Fosse”
Quota s.l.m.	85 m
Anemometri	50 m, 40 m, 30 m
Banderuole	50 m, 30 m
Periodo di osservazione	Novembre 2009 – ottobre 2010

Gli anemometri risultano dotati di relativi certificati di calibrazione.

La finestra temporale di osservazione rispetta le variazioni stagionali e permette una corretta valutazione delle caratteristiche del sito, oltre che l'estrapolazione del vento imperturbato ("geostrofico").

Come ulteriore validazione dei dati, sono state consultate le mappe dell'Atlante Eolico interattivo curato da RSE (Ricerca Sistema Energetico, organo del GSE), che riportano per il sito in oggetto, velocità medie di circa 6-7 m/s ad una altezza di 100 m dal suolo, ed una corrispondente producibilità specifica approssimata pari a circa 2500 ore equivalenti annue.

6. METODO DI CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ ELETTRICA DELL'AEROGENERATORE

Le elaborazioni, a partire dai dati di vento registrati, sono state svolte mediante l'uso del software WindPro 3.1, che si avvale a sua volta del modello di calcolo WASP; questo permette di elaborare, a partire dai dati rilevati da un anemometro e da informazioni relative alle specifiche puntuali dell'area analizzata, il vento *geostrofico*, ovvero quel vento che si realizza alla sommità dello strato limite atmosferico, dove il flusso risulta imperturbato dai fenomeni di attrito dovuti alla superficie terrestre.

L'analisi della velocità del vento geostrofico costituisce il percorso obbligato al fine di studiare i fenomeni eolici dell'area in oggetto. La stima della distribuzione della velocità del vento a livello geostrofico permette infatti di ricostruire, sempre utilizzando il modello di calcolo WASP, la distribuzione della velocità al suolo e a vari livelli, in funzione di vari valori di rugosità attribuibili al territorio, ovvero delle mappe climatologiche dei venti caratteristici. Ciò si ottiene in pratica applicando proprio al vento geostrofico le caratteristiche orografiche, di rugosità e le caratteristiche puntuali dell'area di studio.

Per rendere più attendibili le elaborazioni statistiche, è stata effettuata una correlazione del campione di dati registrati in circa un anno solare, con degli archivi decennali accessibili attraverso il software WindPro, consentendo di correggere la serie di dati applicando dei coefficienti che tengono conto delle tendenze su banche dati a lungo termine.

Di seguito i grafici rappresentativi della statistica anemologica applicata ad un punto baricentrico dell'area di studio. I venti prevalenti sono nel quadrante nordovest, ma i venti provenienti dal quadrante sudovest, seppur meno frequenti, hanno una potenzialità energetica anche superiore a quelli prevalenti.

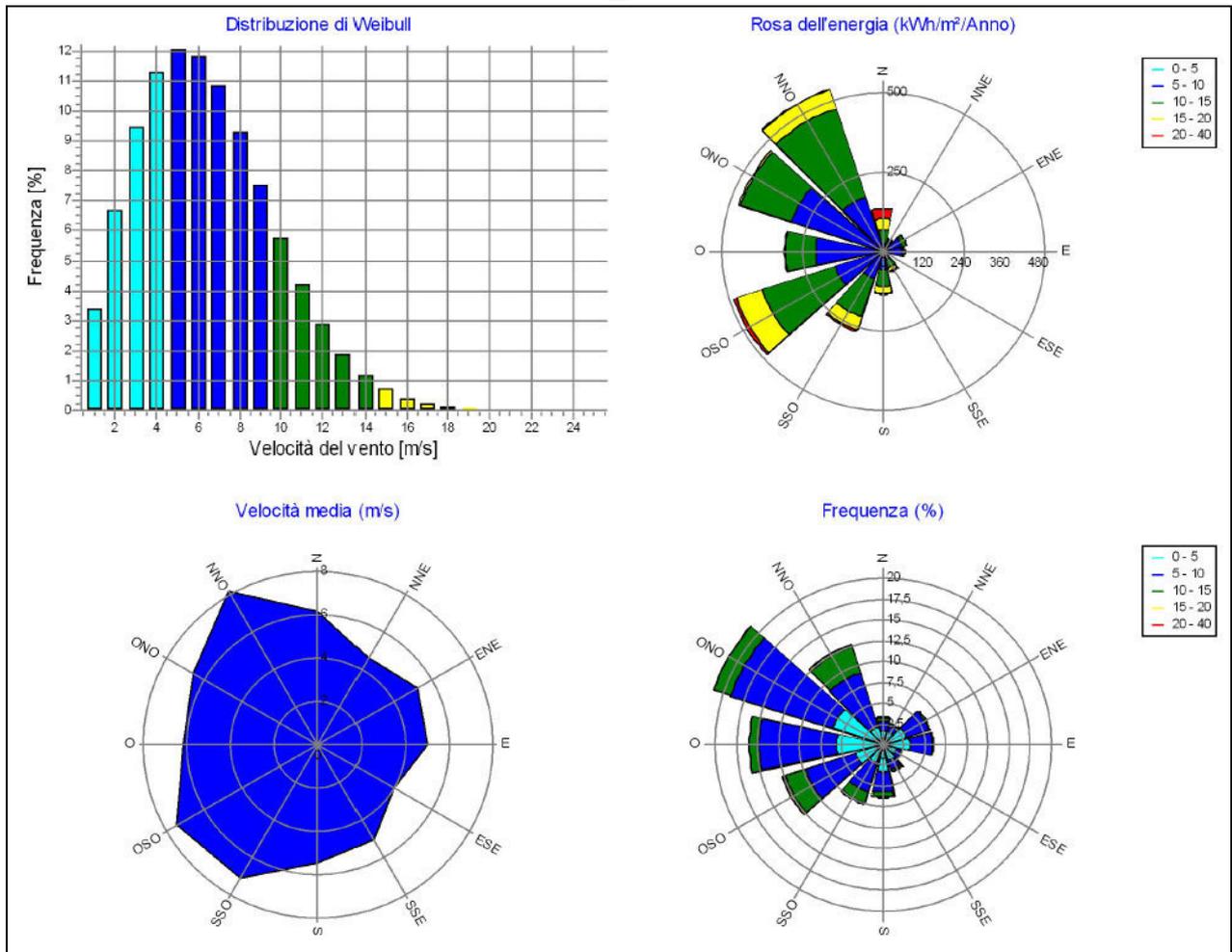


Figura 4 Grafici relativi alla statistica anemologica applicata al sito di installazione del parco eolico in oggetto, elaborati mediante software WindPro 3.1

A questo punto, una volta inserita nel modello di calcolo la curva di potenza relativa all'aerogeneratore scelto e i valori assunti dal coefficiente C_t (*thrust coefficient*), è stata calcolata la **producibilità annua** di energia elettrica dell'impianto in particolare con probabilità P50% (ossia valori di produzione annua con probabilità del 50% di essere superati), tenendo conto delle seguenti considerazioni:

- le previsioni legate alla meteorologia sono basate su considerazioni probabilistiche, ed in qualsiasi caso non potranno dare risultati certi al 100%;
- il risultato di una modellizzazione di un fenomeno reale dipende fortemente dal modo di tradurre in algoritmi dei fenomeni complessi, oltre che dalla accuratezza dei dati inseriti come input e da come vengono scelte alcune costanti;

è utile quindi far riferimento ad uno scenario di "peggiore ipotesi", nella quale siano stati inseriti dei fattori di sicurezza, o incertezza, tali da ridurre il valore calcolato ad un limite inferiore di producibilità, nel caso in oggetto una riduzione del 10%, tenendo conto di:

- incertezze legate al calcolo dell'energia elettrica generata da un aerogeneratore (curva di potenza garantita generalmente fino al 97%);
- incertezza legata alla disponibilità tecnica delle macchine (97%);
- incertezza sulla qualità dei dati anemometrici;
- incertezza sui dati misurati ad un'altezza diversa da quella del mozzo dell'aerogeneratore (estrapolazione verticale);
- incertezze legate alle condizioni di ventosità nelle aree adiacenti al palo anemometrico (estrapolazione orizzontale);
- incertezza sul modello di simulazione WASP;
- incertezza legata alla complessità orografica del territorio.

La simulazione mediante software WindPro 3.1 porta in conto anche le perdite che si hanno a causa della vicinanza tra le turbine, a causa delle modifiche provocate dalla presenza di queste nella vena fluida che le attraversa; queste perdite, definite come perdite per effetto scia, sono dovute al fatto che alle spalle del rotore la velocità del vento risulta rallentata, in quanto il rotore ha catturato parte dell'energia cinetica per trasformarla in energia meccanica. Venendo a contatto con la corrente indisturbata poi, il flusso di vento riprende gradualmente le proprie caratteristiche di velocità, quindi maggiore è la distanza tra le turbine migliore è il rendimento.

7. CONSIDERAZIONI E RISULTATI DEI CALCOLI DI PRODUCIBILITÀ

Il sito scelto per l'installazione del parco eolico presenta venti prevalenti, in termini di frequenza e velocità media, provenienti dai quadranti tra Sudovest e Nordovest, con la presenza di venti con alto potenziale energetico in particolare nel quadrante Sudovest.

Per l'aerogeneratore scelto, particolarmente performante grazie all'ampio rotore (**Vestas V150** 4,2 MW con diametro rotorico 150 m, altezza al mozzo 105 m), si stima una producibilità annua lorda pari a circa 3106 ore equivalenti (ossia 3106 MWh/MW per anno), o pari a circa **2796 ore equivalenti**, considerando una riduzione del 10% per le approssimazioni cautelative descritte nei paragrafi precedenti.

Naturalmente questi risultati preliminari sono lievemente variabili in funzione dello stato di evoluzione tecnologica del generatore scelto, al momento dell'acquisto.

8. ALLEGATO: REPORT DI CALCOLO WINDPRO

Si riporta in allegato il report di calcolo di producibilità mediante software WindPro 3.1.

PARK - Risultato principale

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)

Modello di scia N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Configurazione del calcolo

Modalità di calcolo densità dell'aria: Individuale per ciascuna WTG
 Risultato per WTG, all'altezza del mozzo: 1,203 kg/m³ a 1,206 kg/m³
 Densità dell'aria rispetto a quella standard 98,2 % a 98,4 %
 Altezza del mozzo s.l.m. 137,5 m a 160,0 m
 Temperatura media annuale al mozzo 14,8 °C a 14,9 °C
 Pressione alle WTG 994,2 hPa a 996,9 hPa

Parametri del modello di scia

Wake decay constant 0,075 HH:50m Mixed farmland

Displacement heights from objects

Impostazioni calcolo scie

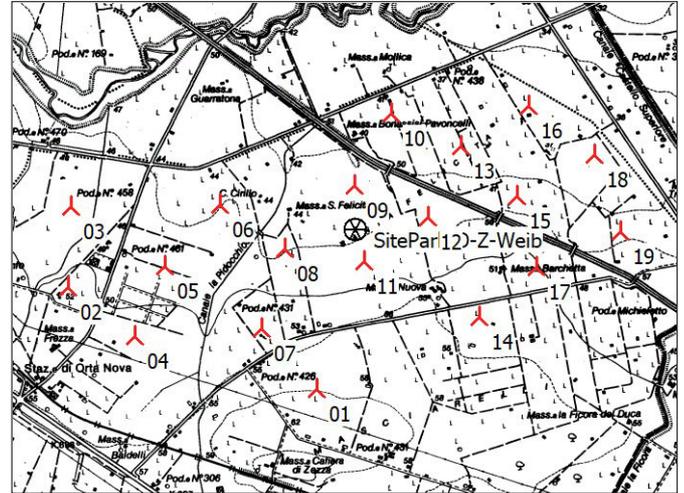
Angolo [°]			Velocità del vento [m/s]		
inizio	fine	passo	inizio	fine	passo
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Statistica del Vento

IT_OrtaNova-MCP-Weibull_ERAS_Zapponeta.wvs

Versione WASP

WASP 10 RVEA0151.dll 1, 5, 5, 0



Scala 1:75.000

▲ Nuova WTG

⊗ Dati di Sito

Risultati chiave a 105,0 m sopra il terreno

Terrain

UTM (north)-WGS84 Zona: 33

Easting	Northing	Nome	Tipo
564.620	4.579.253	SitePark-O-Z-Weib	WASP (WASP 10 RVEA0151.dll 1, 5, 5, 0)

Energia del vento	Velocità media	Rugosità equivalente
2,593 [kWh/m²]	6,4 [m/s]	1,9

SitePark-O-Z-Weib 564.620 4.579.253 SitePark-O-Z-Weib WASP (WASP 10 RVEA0151.dll 1, 5, 5, 0) 2,593 [kWh/m²] 6,4 [m/s] 1,9

Produzione annuale stimata del parco eolico

Combinazione di WTG	Risultati ^{a)}							
	Risultato PARK [MWh/anno]	Risultato-10,0% [MWh/anno]	Lordo (senza perdite) [MWh/anno]	Efficienza parco [%]	Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/anno]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
Parco eolico	247.910,8	223.119,7	270.095,4	91,8	31,9	11.743,1	2.796	6,4

^{a)} Basato su Risultato-10,0%

Energia annuale calcolata per ciascuna delle 19 nuove WTG, per un totale di 79,8 MW nominali installati

Statistica	Tipo di WTG		Tipo generatore	Potenza nominale [kW]	Diametro rotore [m]	Altezza mozzo [m]	Curva di potenza		Produzione annuale		Parco	
	Valida	Prod.					Creata da	Nome	Risultato [MWh]	Risultato-10,0% [MWh]	Efficienza [%]	Free mean wind speed [m/s]
01 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.020,4	11.718	92,80	6,41	
02 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.775,7	12.398	97,88	6,41	
03 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	14.020,3	12.618	98,01	6,47	
04 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.030,7	11.728	93,25	6,39	
05 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.927,6	11.635	92,07	6,40	
06 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.348,8	12.014	94,52	6,42	
07 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.874,8	11.587	91,58	6,41	
08 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.547,4	11.293	88,76	6,43	
09 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.250,0	11.925	93,04	6,46	
10 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.763,9	12.388	95,49	6,49	
11 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.712,3	11.441	90,02	6,43	
12 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.422,2	11.180	87,44	6,45	
13 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.812,4	11.531	89,26	6,48	
14 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.958,6	11.663	90,96	6,46	
15 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.688,3	11.419	88,04	6,50	
16 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	13.597,3	12.238	93,71	6,52	
17 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.680,8	11.413	88,40	6,48	
18 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.787,9	11.509	89,34	6,47	
19 SitePark-O-Z-Weib Si	VESTAS	V150-4.2-4.200	4.200	150,0	105,0	EMD	Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-05 - 27-07-2017	12.691,3	11.422	89,44	6,44	

PARK - Risultato principale

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)

Posizione delle WTG

UTM (north)-WGS84 Zona: 33

	Easting	Northing	Z	Dati/Descrizione
			[m]	
01 Nuova	564.238	4.577.673	55,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (21)
02 Nuova	561.789	4.578.682	46,9	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (22)
03 Nuova	561.812	4.579.489	45,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (23)
04 Nuova	562.445	4.578.198	49,7	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (24)
05 Nuova	562.737	4.578.897	45,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (25)
06 Nuova	563.283	4.579.500	41,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (26)
07 Nuova	563.693	4.578.272	50,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (27)
08 Nuova	563.925	4.579.064	42,4	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (28)
09 Nuova	564.608	4.579.696	37,9	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (29)
10 Nuova	564.970	4.580.409	35,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (30)
11 Nuova	564.700	4.578.939	43,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (31)
12 Nuova	565.336	4.579.376	39,7	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (32)
13 Nuova	565.658	4.580.087	35,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (33)
14 Nuova	565.836	4.578.390	49,7	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (34)
15 Nuova	566.214	4.579.594	40,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (35)
16 Nuova	566.327	4.580.487	32,5	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (36)
17 Nuova	566.404	4.578.882	45,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (37)
18 Nuova	566.975	4.580.002	35,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (38)
19 Nuova	567.226	4.579.238	40,0	VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (39)

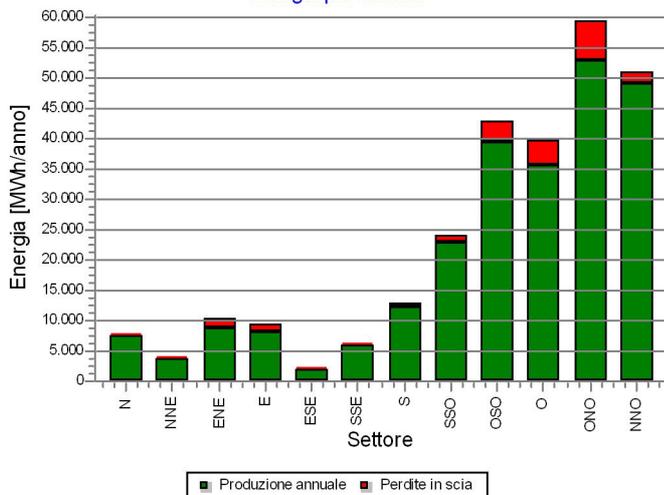
PARK - Analisi della produzione

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)**WTG:** Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1,203 kg/m³ - 1,206 kg/m³

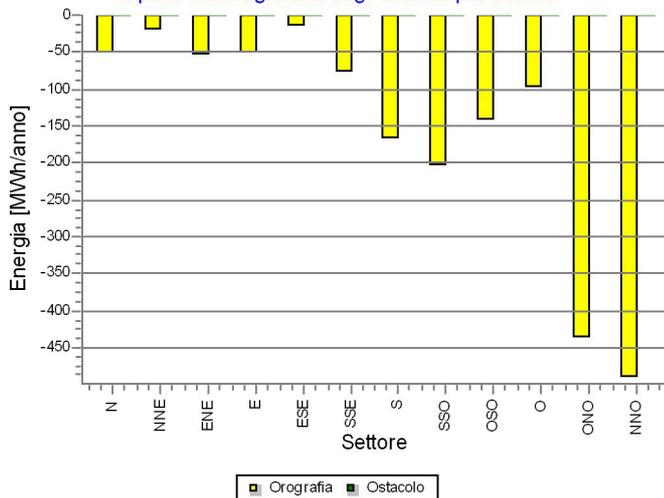
Analisi direzionale

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
Energia basata sulla rugosità	[MWh] 7.890,7	3.963,9	10.353,8	9.323,3	2.129,4	6.284,5	13.066,1	24.390,7	43.068,6	39.862,5	59.931,6	51.642,7	271.907,9
+Incremento dovuto all'orografia	[MWh] -51,2	-21,6	-54,2	-51,3	-14,7	-78,1	-167,9	-205,0	-141,8	-99,1	-436,0	-491,6	-1.812,5
-Perdite dovute alle scie	[MWh] 318,3	306,9	1.506,3	1.173,2	320,3	324,5	689,8	1.412,2	3.520,2	4.160,8	6.483,9	1.968,2	22.184,6
Energia risultante	[MWh] 7.521,1	3.635,3	8.793,3	8.098,8	1.794,4	5.881,8	12.208,4	22.773,5	39.406,6	35.602,7	53.011,8	49.182,9	247.910,7
Energia specifica	[kWh/m ²]												738
Energia specifica	[kWh/kW]												3.107
Incremento dovuto all'orografia	[%]	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-1,2	-1,3	-0,8	-0,3	-0,2	-0,7	-0,67
Perdite dovute alle scie	[%]	4,1	7,8	14,6	12,7	15,1	5,2	5,3	8,2	10,5	10,9	3,8	8,21
Utilizzazione	[%]	17,0	26,8	34,8	36,4	34,8	25,9	26,9	25,1	24,5	34,3	33,2	27,0
Tempo di operatività	[Ore/anno]	274	215	477	487	188	288	522	615	1.033	1.299	1.742	1.034
Ore equivalenti	[Ore/anno]	94	46	110	101	22	74	153	285	494	446	664	616

Energia per settore



Impatto dell'orografia e degli ostacoli per settore



PARK - Analisi della curva di potenza

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)WTG: 01 - VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-0S - 27-07-2017, Altezza mozzo: 105,0 m

Nome: Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-0S - 27-07-2017

Fonte: Manufacturer

Data fonte	Creata da	Creato	Redatto	Soglia di blocco [m/s]	Controllo della potenza	Tipo di curva Ct	Tipo di generatore	Potenza specifica kW/m ²
27/07/2017	EMD	10/08/2017	10/08/2017	22,5	Pitch	Definito dall'utente	Variable	0,24

Document no.: DMS 0067-7067 V04.
IEC S (HH 105 & 155 m)
DiBT WZ2(S) (HH 123 & 166 m)

Confronto con curva HP - Nota: per densità dell'aria standard e parametro Weibull k = 2

V media	[m/s]	5	6	7	8	9	10
Valore HP Pitch, variable speed (2013)	[MWh]	8.530	12.511	16.163	19.289	21.849	23.843
VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O! Level 0 - Calculated - Modes PO1 & PO1-0S - 27-07-2017	[MWh]	8.686	12.685	16.332	19.399	21.798	23.511
Valore di controllo	[%]	-2	-1	-1	-1	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.

For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see windPRO manual chapter 3.5.2.

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

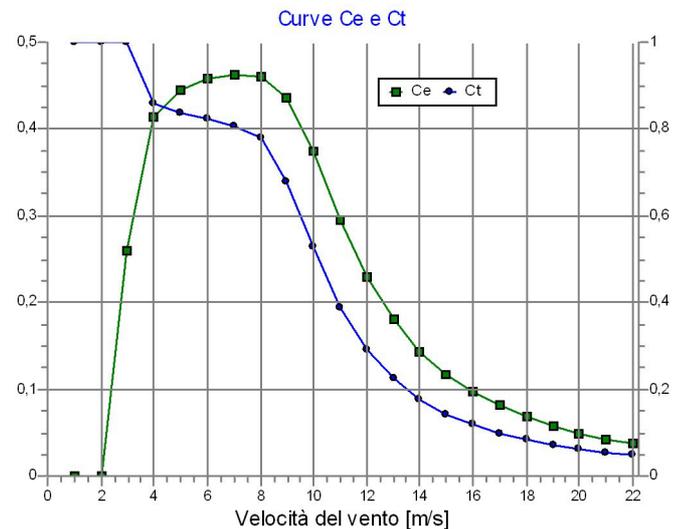
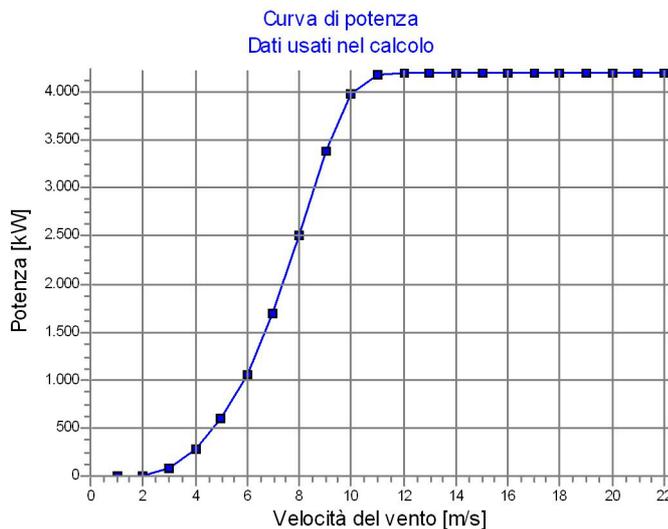
Dati originali dal Catalogo WTG, Densità dell'aria: 1,225 kg/m³

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Ce	Velocità del vento [m/s]	Curva Ct
3,0	78,0	0,27	3,0	1,00
3,5	172,0	0,37	3,5	0,92
4,0	287,0	0,41	4,0	0,86
4,5	426,0	0,43	4,5	0,85
5,0	601,0	0,44	5,0	0,84
5,5	814,0	0,45	5,5	0,83
6,0	1.069,0	0,46	6,0	0,82
6,5	1.367,0	0,46	6,5	0,82
7,0	1.717,0	0,46	7,0	0,81
7,5	2.110,0	0,46	7,5	0,79
8,0	2.546,0	0,46	8,0	0,78
8,5	3.002,0	0,45	8,5	0,74
9,0	3.428,0	0,43	9,0	0,68
9,5	3.773,0	0,41	9,5	0,61
10,0	4.012,0	0,37	10,0	0,53
10,5	4.131,0	0,33	10,5	0,46
11,0	4.186,0	0,29	11,0	0,39
11,5	4.198,0	0,26	11,5	0,33
12,0	4.200,0	0,22	12,0	0,29
12,5	4.200,0	0,20	12,5	0,25
13,0	4.200,0	0,18	13,0	0,22
13,5	4.200,0	0,16	13,5	0,20
14,0	4.200,0	0,14	14,0	0,18
14,5	4.200,0	0,13	14,5	0,16
15,0	4.200,0	0,11	15,0	0,14
15,5	4.200,0	0,10	15,5	0,13
16,0	4.200,0	0,09	16,0	0,12
16,5	4.200,0	0,09	16,5	0,11
17,0	4.200,0	0,08	17,0	0,10
17,5	4.200,0	0,07	17,5	0,09
18,0	4.200,0	0,07	18,0	0,08
18,5	4.200,0	0,06	18,5	0,08
19,0	4.200,0	0,06	19,0	0,07
19,5	4.200,0	0,05	19,5	0,07
20,0	4.200,0	0,05	20,0	0,06
20,5	4.200,0	0,05	20,5	0,06
21,0	4.200,0	0,04	21,0	0,05
21,5	4.200,0	0,04	21,5	0,05
22,0	4.200,0	0,04	22,0	0,05
22,5	4.200,0	0,03	22,5	0,05

Potenza, efficienza ed energia vs. velocità del vento

Dati usati nel calcolo, Densità dell'aria: 1,203 kg/m³ New windPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Ce	Intervallo [m/s]	Energia [MWh]	Energia cumulata [MWh]	Frazione del totale [%]
1,0	0,0	0,00	0,50-1,50	0,0	0,0	0,0
2,0	0,0	0,00	1,50-2,50	0,0	0,0	0,0
3,0	74,5	0,26	2,50-3,50	69,3	69,3	0,5
4,0	281,3	0,41	3,50-4,50	270,9	340,3	2,6
5,0	590,1	0,44	4,50-5,50	607,7	947,9	7,3
6,0	1.050,0	0,46	5,50-6,50	1.061,9	2.009,8	15,4
7,0	1.686,5	0,46	6,50-7,50	1.550,4	3.560,2	27,3
8,0	2.502,2	0,46	7,50-8,50	1.934,9	5.495,1	42,2
9,0	3.375,8	0,44	8,50-9,50	2.038,9	7.534,0	57,9
10,0	3.974,2	0,37	9,50-10,50	1.785,5	9.319,5	71,6
11,0	4.174,6	0,30	10,50-11,50	1.331,8	10.651,3	81,8
12,0	4.199,5	0,23	11,50-12,50	899,9	11.551,2	88,7
13,0	4.200,0	0,18	12,50-13,50	578,9	12.130,1	93,2
14,0	4.200,0	0,14	13,50-14,50	361,4	12.491,5	95,9
15,0	4.200,0	0,12	14,50-15,50	220,1	12.711,6	97,6
16,0	4.200,0	0,10	15,50-16,50	131,1	12.842,7	98,6
17,0	4.200,0	0,08	16,50-17,50	76,6	12.919,3	99,2
18,0	4.200,0	0,07	17,50-18,50	44,2	12.963,6	99,6
19,0	4.200,0	0,06	18,50-19,50	25,5	12.989,1	99,8
20,0	4.200,0	0,05	19,50-20,50	14,9	13.003,9	99,9
21,0	4.200,0	0,04	20,50-21,50	8,9	13.012,8	99,9
22,0	4.200,0	0,04	21,50-22,50	5,5	13.018,3	100,0
23,0	0,0	0,00	22,50-23,50	2,1	13.020,4	100,0



PARK - Analisi dei Dati di vento

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib) **Dati di vento:** SitePark-O-Z-Weib - SitePark-O-Z-Weib; Altezza mozzo: 105,0

Coordinate del sito

UTM (north)-WGS84 Zone: 33

Est: 564.620 Nord: 4.579.253

Statistica del Vento

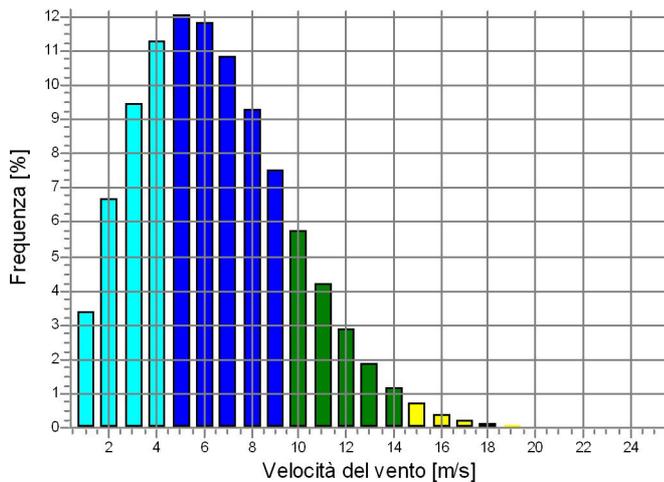
IT_OrtaNova-MCP-Weibull_ERA5_Zapponeta.wws

Parametri Weibull

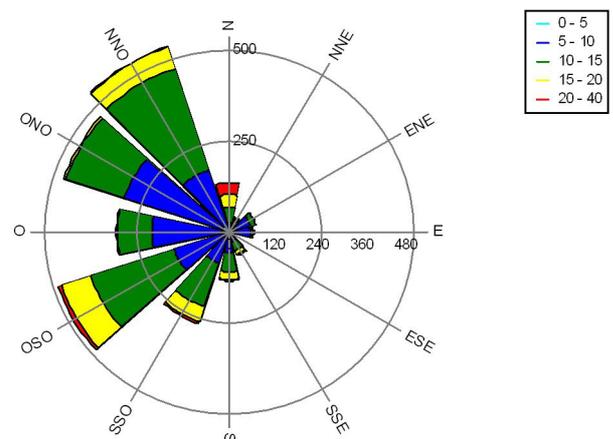
Sito attuale

Settore	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	6,67	6,13	1,326	3,4
1 NNE	5,06	4,62	1,381	2,6
2 ENE	5,95	5,27	2,354	5,9
3 E	5,65	5,00	2,357	6,0
4 ESE	4,47	3,97	1,857	2,3
5 SSE	5,55	5,04	1,432	3,5
6 S	6,05	5,42	1,592	6,3
7 SSO	8,05	7,13	2,084	7,5
8 OSO	8,41	7,45	2,189	12,7
9 O	6,94	6,17	2,592	16,0
10 ONO	7,35	6,54	2,693	21,3
11 NNO	9,16	8,15	2,732	12,6
Tutti	7,26	6,43	2,068	100,0

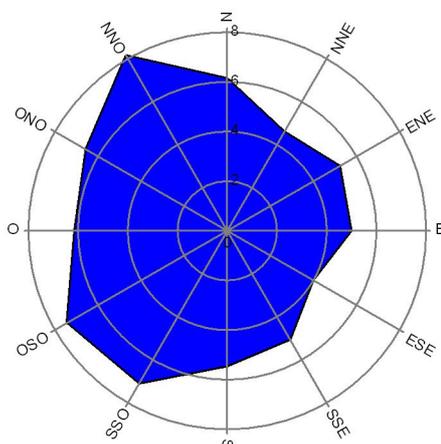
Distribuzione di Weibull



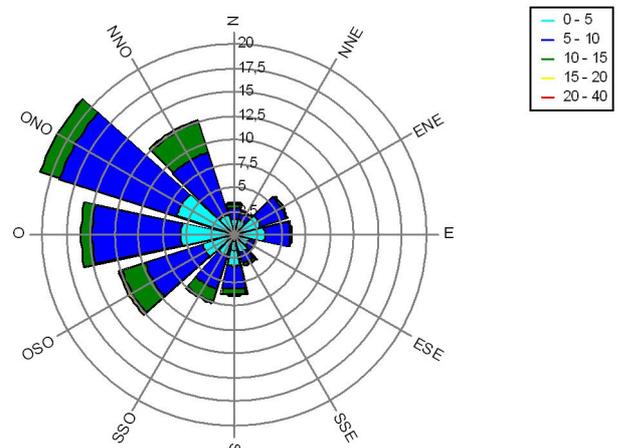
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



PARK - Curva di potenza del parco

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)

		Potenza													
Velocità del vento [m/s]	WTG libere [kW]	WTG in parco [kW]	N [kW]	NNE [kW]	ENE [kW]	E [kW]	ESE [kW]	SSE [kW]	S [kW]	SSO [kW]	OSO [kW]	O [kW]	ONO [kW]	NNO [kW]	
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3,5	3.195	2.344	2.641	2.447	2.088	2.316	2.207	2.656	2.639	2.454	2.130	2.283	2.185	2.661	
4,5	7.956	6.674	7.099	6.809	6.317	6.631	6.466	7.120	7.098	6.822	6.359	6.588	6.451	7.127	
5,5	15.207	12.938	13.684	13.174	12.321	12.860	12.576	13.721	13.682	13.197	12.386	12.784	12.552	13.734	
6,5	25.545	21.922	23.119	22.308	20.934	21.794	21.340	23.176	23.115	22.341	21.032	21.676	21.303	23.199	
7,5	39.439	34.143	35.908	34.717	32.688	33.952	33.286	35.992	35.901	34.762	32.824	33.776	33.234	36.025	
8,5	56.147	49.577	51.817	50.331	47.722	49.347	48.485	51.933	51.806	50.374	47.859	49.127	48.425	51.972	
9,5	70.839	65.902	67.702	66.575	64.376	65.770	64.983	67.825	67.692	66.588	64.414	65.604	64.950	67.849	
10,5	78.105	76.506	77.121	76.756	75.984	76.495	76.137	77.184	77.115	76.746	75.928	76.467	76.155	77.190	
11,5	79.712	79.549	79.611	79.576	79.493	79.558	79.502	79.624	79.611	79.574	79.482	79.563	79.501	79.624	
12,5	79.800	79.798	79.799	79.799	79.798	79.799	79.797	79.799	79.799	79.799	79.797	79.799	79.797	79.799	
13,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
14,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
15,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
16,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
17,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
18,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
19,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
20,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
21,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
22,5	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	79.800	
23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Descrizione:

La curva di potenza del parco è simile alla curva di potenza di una WTG, nel senso che quando una data velocità del vento si manifesta "di fronte al parco" con la stessa velocità nell'intera area del parco eolico (prima dell' effetto del parco stesso), allora la produzione complessiva può essere data dalla curva di potenza del parco. Si può anche dire: la curva di potenza del parco include le perdite da allineamento, ma NON include le variazioni date dal terreno alla velocità del vento entro l' area del parco.

Measuring a park power curve is not as simple as measuring a WTG power curve due to the fact that the park power curve depends on the wind direction and that the same wind speed normally will not appear for the entire park area at the same time (only in very flat non-complex terrain). The idea with this version of the park power curve is not to use it for validation based on measurements. This would require at least 2 measurement masts at two sides of the park, unless only a few direction sectors should be tested, AND non complex terrain (normally only useable off shore). Another park power curve version for complex terrain is available in windPRO.

La curva di potenza del parco può essere usata per:

1. Sistemi di previsione, basati su più dati di vento approssimativi; la curva di potenza del parco sarebbe un modo efficace di ottenere il legame tra la velocità (e la direzione) del vento e la potenza.
2. Costruzione delle curve di durata, che descrivono quanto spesso un dato output di potenza si presenta. La curva di potenza del parco può essere usata insieme con la distribuzione media del vento sull'area del parco eolico all'altezza del mozzo. Tale distribuzione può eventualmente essere ottenuta dai parametri Weibull per ogni posizione delle WTG. Questi si trovano nel menu di stampa "Risultato su file", in "Risultato del Parco", che può essere salvato su file o copiato e incollato in Excel.
3. Calcolo dell'Indice di Vento basato sulla produzione del parco (v. sotto).
4. Stima della produzione attesa di una centrale eolica esistente sulla base di misure in almeno due siti ai lati della centrale. The masts must be used for obtaining the free wind speed. The free wind speed is used in the simulation of expected energy production with the PARK power curve. This procedure will only work suitable in non complex terrains. For complex terrain another park power curve calculation is available in windPRO (PPV-model).

Nota:

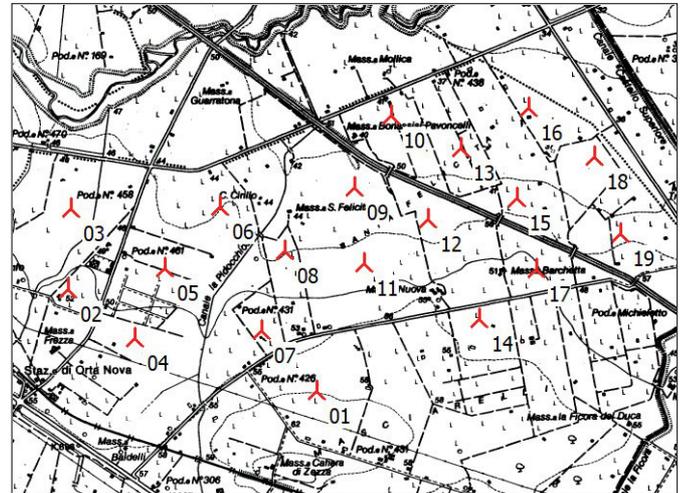
Nel menu " Risultato su file" è disponibile anche l' opzione " Velocità del vento entro il parco eolico" . Essa può essere utilizzata per estrarre (e.g. con Excel) le perdite indotte dalle scie sulla velocità del vento misurata.

PARK - Distanze tra le WTG

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)

Distanze tra le WTG

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale [m]	Distanza in Diametri Rotore	
01	55,0	07	50,0	810	5,4
02	46,9	03	45,0	807	5,4
03	45,0	02	46,9	807	5,4
04	49,7	05	45,0	758	5,1
05	45,0	04	49,7	758	5,1
06	41,0	08	42,4	776	5,2
07	50,0	01	55,0	810	5,4
08	42,4	06	41,0	776	5,2
09	37,9	11	43,0	763	5,1
10	35,0	13	35,0	760	5,1
11	43,0	09	37,9	763	5,1
12	39,7	11	43,0	772	5,1
13	35,0	15	40,0	743	5,0
14	49,7	17	45,0	751	5,0
15	40,0	17	45,0	737	4,9
16	32,5	13	35,0	780	5,2
17	45,0	15	40,0	737	4,9
18	35,0	19	40,0	804	5,4
19	40,0	18	35,0	804	5,4
Min	32,5	35,0	737	4,9	
Max	55,0	55,0	810	5,4	



Scala 1:75.000

▲ Nuova WTG

PARK - Info Statistica di Vento

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)

Dati per il calcolo della Statistica del Vento

File C:\Users\Cris\Documents\WindPRO Data\Projects\Ortanova Lampino S.F\IT_OrtaNova-MCP-Weibull_ERA5_Zapponeta.wws
Nome OrtaNova-MCP-Weibull_ERA5_Zapponeta
Paese Italy
Fonte USER
Coordinate mast UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 560.203 Nord: 4.572.548
Creato 19/02/2019
Redatto 19/02/2019
Settori 12
Versione WAsP WAsP 10 3.1.633
Altezza di dislocamento Nessuna

Commenti

From MCP

Ulteriori informazioni sulla Statistica

Altezza di misura (s.l.s.) 50,0 m
Quota del mast di misura (s.l.m.) 85,0 m

Informazioni sulla correzione di lungo periodo

Metodo Weibull Scale MCP
Fonte dati ERA5_N41.451975_E015.840000 (13)
Distanza dal mast di sito 19,5 km
Dati di lungo termine dal 01/01/2004
al 01/01/2019
Dati contemporanei dal 12/11/2009
al 19/07/2010
Numero di dati contemporanei 5974
Intervallo di registrazione utilizzato 60 minuti
Percentuale di dati contemporanei utilizzati 100,0 %

Numero di anni con dati di lungo periodo 15,0 anni
Numero di mesi con dati contemporanei 8,2 mesi

Test di correlazione basato su Indici di Vento mensili

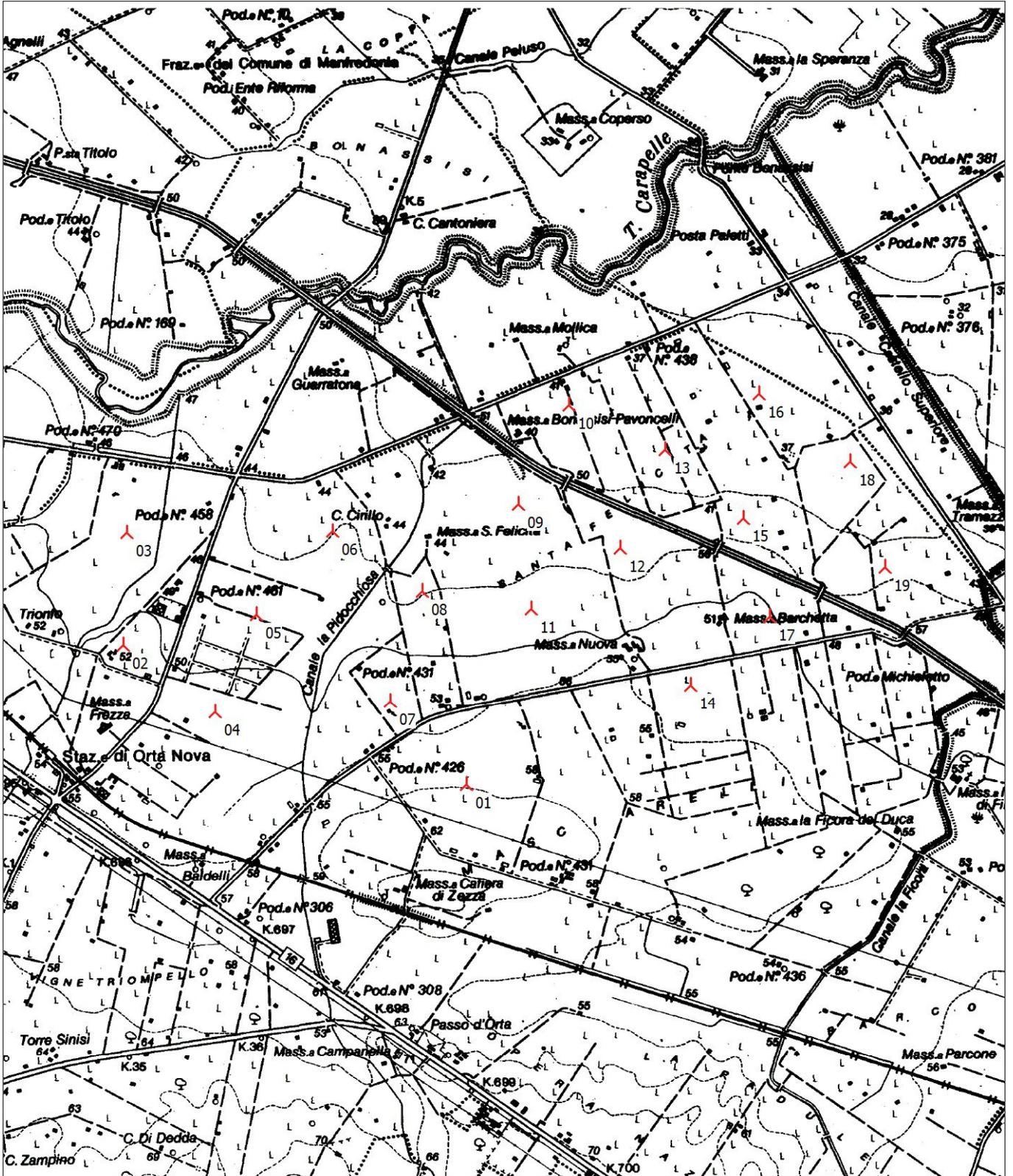
Curva di potenza usata per l'Indice di Vento VESTAS V150-4.2 4200 150.0 !O!
Soglia di accettazione disponibilità dati (per mese) 60 %
Numero di indici mensili 0
r² - indice di vento 0,0000
r - indice di vento 0,0000
s - indice di vento 0,0000

Commento

Per ottenere un risultato corretto, la Statistica del Vento deve essere stata calcolata con lo STESSO modello e parametrizzazione selezionati in questo calcolo. Versioni di WAsP precedenti alla 10.0 non presentano variazioni sostanziali, ma nelle versioni successive le modifiche applicate hanno effetto sulla Statistica del Vento. Analogamente, WAsP CFD deve sempre utilizzare Statistiche di Vento calcolate con WAsP CFD.

PARK - Mappa

Calcolo: Prod_Ortanova Lampino_rev02(Weib)



0 500 1000 1500 2000 m

Mappa: IGM_50k , Scala di stampa 1:40.000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 564.508 Nord: 4.579.080

▲ Nuova WTG