



COMUNE DI DELICETO

PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole".

PROGETTO DEFINITIVO

Asseverazione caratteristiche anemologiche

COD. ID.	JD9EAK1				
Livello prog.	Tipo documentazione		N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva		4.2.6.6	02 / 2021	-
Nome file					

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	FEBBRAIO 2021	PRIMA EMISSIONE		FS	FS

COMMITTENTE:



SINERGIA EWR2 SRL

Centro direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
P.IVA 09608101219

PROGETTAZIONE:

ING. FULVIO SCIA

Centro Direzionale snc, Is. G1
80143 Napoli (NA), Italia
email: ing.scia@gmail.com
tel: +39 3389055174

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

RELAZIONE SULLO STUDIO DI PRODUBILITÀ DEL PARCO EOLICO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	ATTIVITÀ SVOLTE	3
3	METODOLOGIA DI ANALISI	3
4	DATI DI INPUT.....	5
4.1	MODELLO DIGITALE OROGRAFICO	5
4.2	DENSITÀ DELL'AREA	5
4.3	RISORSA EOLICA.....	6
4.3.1	RISORSA EOLICA DI RIFERIMENTO	6
4.3.2	VALUTAZIONE DEI DATI MISURATI	6
4.3.3	SHEAR	6
4.3.4	CARATTERISTICHE DI VENTOSITÀ PREVISTE AL SITO.....	8
4.3.5	CLASSIFICAZIONE DI SITO.....	10
4.3.6	TURBOLENZA	11
4.3.7	DATI TECNICI AEROGENERATORE.....	13
5	STIMA DI PRODUZIONE ENERGETICA.....	13
6	CONCLUSIONI	14

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica è parte integrante della proposta progettuale avanzata dalla società SINERGIA EWR2 S.r.l., con sede legale al Centro direzionale snc, Is. G1 a Napoli (NA), promotrice del seguente progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza complessiva di 48 MW, integrato da un impianto di accumulo della potenza pari a 25 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN, sito nel territorio comunale di Deliceto, in provincia di Foggia (FG).

Il futuro impianto sarà costituito da un numero complessivo di 8 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170 o similari, per una potenza nominale complessiva dell'impianto eolico di 48 MW, integrato da un sistema di accumulo di 25 MW, e dalle opere di connessione alla rete di trasmissione elettrica nazionale (RTN) che avverrà su futuro ampliamento della già esistente Stazione elettrica Terna 380/150 kV, ubicata nel comune di Deliceto.

La valutazione tecnica è eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una moltitudine di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali.

Il progetto per la realizzazione del parco eolico in oggetto prevede l'installazione di 8 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-170, della potenza nominale pari a 6,0 MW per una potenza nominale complessiva pari a 48 MW, sito in località "Viticone – Le Gattarole" nel territorio comunale di Deliceto, in provincia di Foggia (FG), integrato da un sistema di accumulo della potenza di 25 MW.

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

Tale valutazione viene eseguita tenendo in conto anche dell'esistenza di altre turbine già installate ed in esercizio in area limitrofa e degli aerogeneratori di potenziale futura installazione il cui iter autorizzativo è noto alla scrivente ad attualmente in fase di screening ai fini di una corretta valutazione delle potenziali mutue interferenze e/o delle perdite indotte per i potenziali effetti scia.

Il modello di turbina che si intende adottare è del tipo SG 6.0 – 170 o similari. Tale aerogeneratore possiede una potenza nominale nel range di 6.0 - 6.2 MW ed è allo stato attuale una macchina tra le più avanzate tecnologicamente; sarà inoltre fornito delle necessarie certificazioni rilasciate da organismi internazionali.

Le dimensioni di riferimento della turbina proposta sono le seguenti: D (diametro rotore) fino a 170 m, Hmozzo (altezza torre) fino a 115 m, Hmax (altezza della torre più raggio pala) fino a 200 m.

L'aerogeneratore preso come modello per lo studio è del tipo SG6.0-170/ SG6.2-170, con altezza mozzo fino a 115 m.

Nella tabella seguente si riportano le coordinate degli aerogeneratori di progetto nel sistema di riferimento delle coordinate UTM WGS84 – 33N.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

WTG	E	N
WTG1	536539.00	4563878.00
WTG2	537418.00	4563277.00
WTG3	538200.53	4562630.07
WTG4	539334.64	4562549.97
WTG5	540345.96	4562557.35
WTG6	538176.82	4561559.95
WTG7	537275.37	4562079.46
WTG8	536255.02	4562328.80

2 ATTIVITÀ SVOLTE

Per le finalità di questo studio sono state eseguite le seguenti attività:

- Valutazione, correzione e correlazione della velocità del vento in sito sulla base di statistiche di vento elaborate sull'area derivanti da una modellazione basata su una griglia di punti di misura a 40 m s.l.t.
- Analisi e stima previsionale dell'energia annuale attesa dalla produzione della Turbina;
- Analisi e stima previsionale dell'energia annuale prodotta dall'aerogeneratore al netto di tutte le perdite rilevanti;
- Analisi dell'incertezza e calcolo dei livelli percentili della produzione energetica attesa dalla turbina.

Il sito di installazione è localizzato nel sud dell'Italia, in regione Puglia nelle aree agricole del Comune di Deliceto (FG). Nell'intorno del punto di installazione l'area si presenta a carattere collinare con il suolo che, anche per tutta l'area limitrofa, evidenzia una variabilità topografica ed altimetrica non trascurabile tali da classificare il suolo come discretamente complesso. È stata elaborata la stima di produzione energetica considerando lo stato attuale e quindi tenendo in conto la presenza delle turbine già installate site in area limitrofa al fine di valutare eventuali interferenze. Per via dell'importante presenza di altri aerogeneratori individuati nell'area limitrofa all'impianto di progetto (circa 190) e quindi l'impossibilità di censire tutti gli aerogeneratori presenti, si è deciso di assegnare per tutti il modello di turbina più diffuso nell'area di interesse. Nel suo insieme l'area in esame risulta certamente essere ben esposta ai venti dominanti che provengono sostanzialmente dal settore Ovest - Sud Ovest

3 METODOLOGIA DI ANALISI

Per la stima di produzione attesa è stato approntato un modello di simulazione. Il programma utilizzato è WIND PRO con implementazione di WASP che è uno dei principali e più completi strumenti di analisi del vento attualmente disponibile sul mercato. Il software è stato usato per la creazione dell'atlante europeo del vento che mira a stabilire la base meteorologica per la valutazione dei potenziali eolici.

Il funzionamento del software è piuttosto semplice:

- I dati di input necessari alla determinazione delle mappe eoliche sono:

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

- L'orografia della zona interessata;
- I dati sul vento (velocità e direzione) di almeno un punto dell'area considerata;
- Caratteristiche di "rugosità" del terreno;
- Eventuali ostacoli.
- L'output è costituito dal cosiddetto Wind Atlas o atlante del vento ovvero una climatologia del vento della zona considerata con cui è possibile elaborare una mappa eolica della zona in esame e, una volta scelto il sito dove installare l'impianto eolico, è inoltre capace di calcolare la producibilità annua di una singola macchina e di una intera Wind Farm portando in conto le eventuali interferenze tra le pale dovute all'effetto scia e l'eventuale presenza di ostacoli che possono alterare la distribuzione del vento.

L'algoritmo è rappresentabile attraverso un diagramma di flusso:

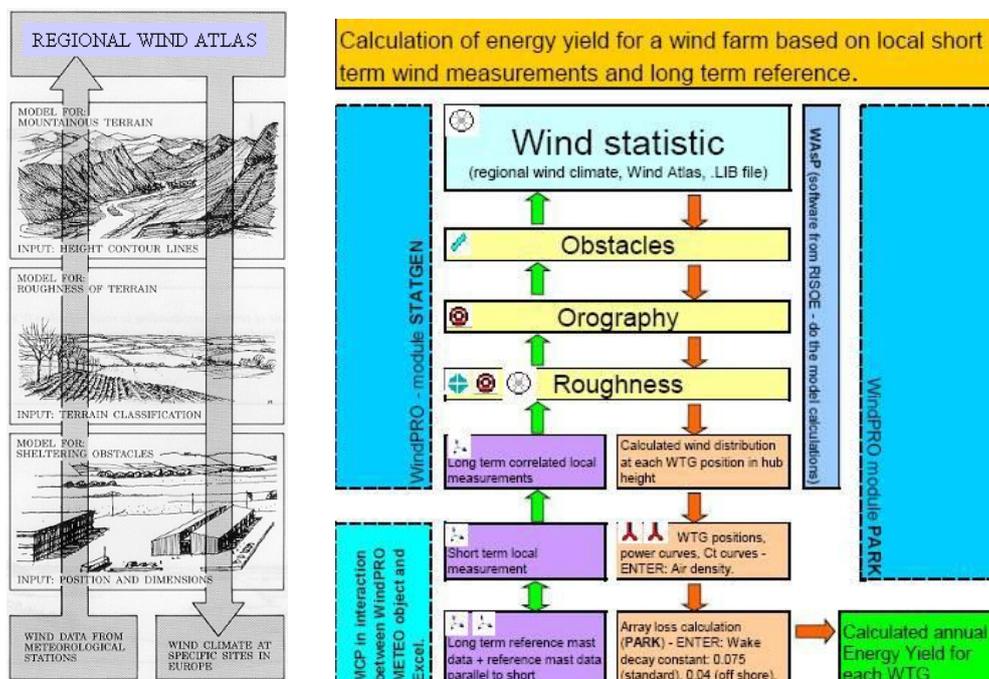


Figura 1 - Diagramma di flusso del programma WASP/Wpro

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

Con i dati elementari di velocità del vento a disposizione è stata costruita la curva di durata sperimentale, che esprime il tempo durante il quale un determinato valore della velocità del vento è superato. Tale curva è in generale ben rappresentata mediante una distribuzione di probabilità di Weibull, la cui cumulata è data dalla formula:

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

$$F(U) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{U}{A}\right)^k\right\}$$

dove U è il valore della velocità media relativo allo step-time stabilito per il rilevamento e F(U) è la probabilità del tempo complessivo in cui tale velocità non viene superata.

Di tale distribuzione, indicata talvolta come curva di durata teorica, vengono stimati i due parametri intrinseci, cioè la velocità caratteristica A e il fattore di forma k, mediante regressione sui dati sperimentali applicata dopo la linearizzazione della distribuzione stessa.

La legenda riportata accanto al grafico della distribuzione che approssima l'istogramma indica i parametri caratteristici stimati della distribuzione Weibull (A = parametro di scala, k = parametro di forma). U è la velocità media rilevata che coincide con la media della distribuzione. Il valore di P indica la potenza per unità di superficie contenuta nella vena fluida della massa d'aria; tale grandezza dipende dal cubo della velocità del vento e dà la vera misura del contenuto energetico della risorsa ventosa.

Per quanto riguarda l'aspetto più propriamente energetico è di particolare importanza la potenza specifica PV, intesa come potenza che fluisce attraverso l'unità di superficie esposta perpendicolarmente al vento di velocità V; essa è data da:

$$P_V = \frac{1}{2} \rho V^3$$

Dove ρ è la densità dell'aria, che nelle elaborazioni si assume pari al valore stimato in sito in base all'altitudine e temperatura media annua.

4 DATI DI INPUT

4.1 MODELLO DIGITALE OROGRAFICO

Il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) è stato estrapolato dal grid disponibile in download dal satellite, georeferenziato, sovrapposto, confrontato e adeguato con le curve di livello presenti sulla cartografia ufficiale IGM 1:25.000 con uno step di 10 m. Il modello digitale ottenuto copre un'area di 20x20 Km e trova un buon riscontro con l'andamento orografico verificato in sito.

4.2 DENSITÀ DELL'AREA

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

La densità dell'aria in sito è stata calcolata basandosi sui dati climatologici (disponibili nel database di WindPro) relativi alla stazione più vicina all'area di progetto e riportata di seguito. La densità dell'aria media valutata all'altezza del mozzo delle turbine è stata calcolata in virtù della sua posizione geografica e varia tra 1.148 e 1.176 kg/m³.

Tale valore di densità viene quindi utilizzato per il calcolo del rendimento energetico della turbina prendendo in considerazione ed elaborandone il nuovo valore a seconda dell'orografia, dell'altitudine e dell'altezza del mozzo.

4.3 RISORSA EOLICA

4.3.1 RISORSA EOLICA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato condotto utilizzando delle statistiche di vento elaborate sull'area derivanti da una modellazione basata su una griglia di punti misurati da due stazioni di misura con sensori alle quote di 20 e 40 m s.l.t. con disponibilità dei dati superiore a 1 anno, correlati successivamente con stazioni storiche pubbliche e dati satellitari che hanno un grado di affidabilità specifico dipendente dalle fonti originali disponibili, dall'orografia, dalla rugosità e dal riscontro del modello. La presente stima sebbene eseguita perseguendo un principio di corretta stima del valore più probabile non ha carattere di asseverazione.

4.3.2 VALUTAZIONE DEI DATI MISURATI

L'intensità di vento caratteristica prevista nei punti di installazione della turbina ad altezza mozzo, è stata stimata basandosi principalmente su una statistica di vento calcolata sulla base dei dati anemometrici di sito relativi ad una serie disponibile di dati di circa 1 anno, sono poi state utilizzate procedure di correlazione dati e stabilizzazione di lungo termine della statistica di vento con altra stazione meteorologica.

4.3.3 SHEAR

Il wind shear, o legge di potenza indica la variazione verticale della velocità del vento al variare dell'altezza dal suolo ed è calcolato sulla base di due altezze di monitoraggio utilizzando il profilo della legge di potenza espressa come:

$$\alpha = \frac{\ln(V_{z_1}) / \ln(Z_1)}{\ln(V_{z_2}) / \ln(Z_2)}$$

Con

V_{z_1} = velocità del vento misurata all'altezza 1 [m/s]

V_{z_2} = velocità del vento misurata all'altezza 2 [m/s]

Z_1 = altezza di misura 1 sul livello del suolo [m]

Z_2 = altezza di misura 2 sul livello del suolo [m]

Il Wind shear è fortemente dipendente dalle altezze di riferimento, dal range di velocità, dalle direzioni e dalla stagionalità. A seguire l'immagine che mostra l'andamento del profilo utilizzato per i calcoli e la rispondenza con il profilo reale descritto dalla stazione di misura in sito.

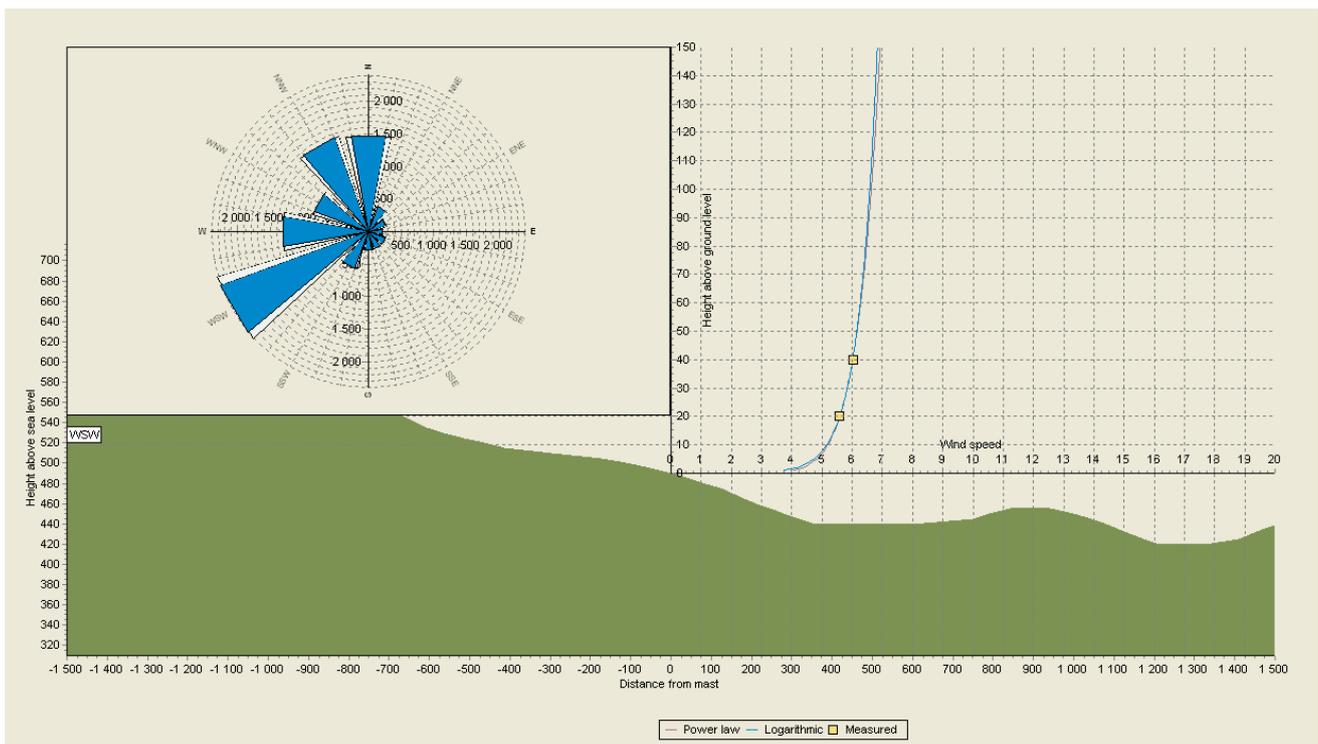


Figura 2 - Profilo verticale calcolato con i dati del vento disponibili alle altezze di 20 e 40 metri (Anemometro B)

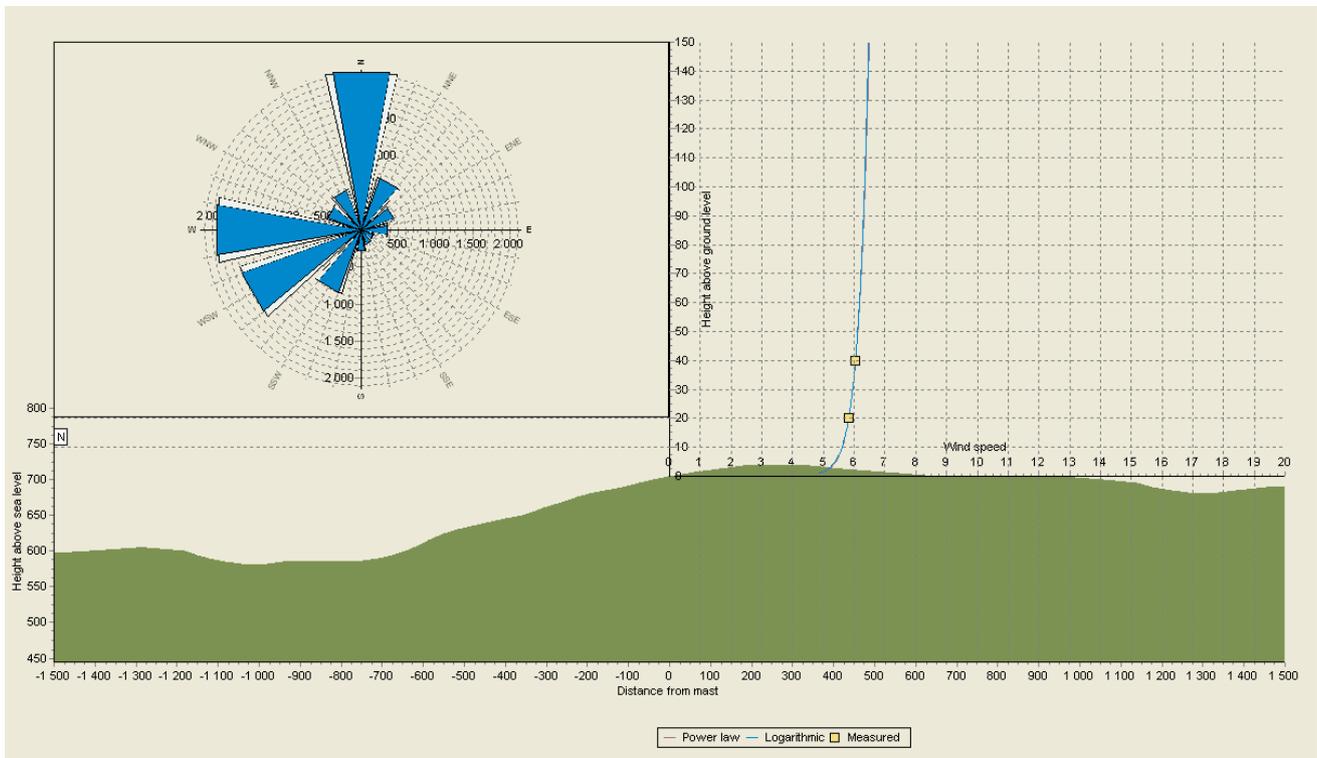


Figura 3 - Profilo verticale calcolato con i dati del vento disponibili alle altezze di 20 e 40 metri (Anemometro A)

4.3.4 CARATTERISTICHE DI VENTOSITÀ PREVISTE AL SITO

Sulla base dei dati di input, ed in relazione alla orografia e rugosità del sito si riportano le caratteristiche anemologiche previste nel punto di installazione, al mozzo della turbina che può considerarsi quella mediamente rappresentativa.

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

Parametri Weibull

Settore	Sito attuale			Riferimento: classe di Rugosità 1			
	Parametro A [m/s]	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]	Parametro A [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]
0 N	5,81	5,14	2,080	9,5	5,64	2,110	10,7
1 NNE	3,62	3,22	1,744	3,5	3,65	1,750	4,1
2 ENE	3,84	3,44	1,607	3,8	3,67	1,610	4,1
3 E	3,73	3,35	1,572	3,7	3,26	1,580	3,4
4 ESE	3,99	3,60	1,510	2,8	3,32	1,470	2,4
5 SSE	5,36	4,75	2,072	3,1	4,52	2,140	2,8
6 S	6,68	5,92	2,119	4,1	6,26	2,270	4,3
7 SSO	8,23	7,31	1,881	5,9	8,17	1,880	6,5
8 OSO	10,72	9,49	2,186	20,6	10,26	2,210	23,0
9 O	7,04	6,32	1,584	14,1	5,44	1,600	12,0
10 ONO	5,34	4,73	2,076	14,1	4,39	2,230	12,3
11 NNO	6,53	5,78	2,135	14,7	5,84	2,150	14,6
Tutti	6,85	6,14	1,584	100,0	6,34	1,562	100,0

Figura 4 – Dati anemometro A

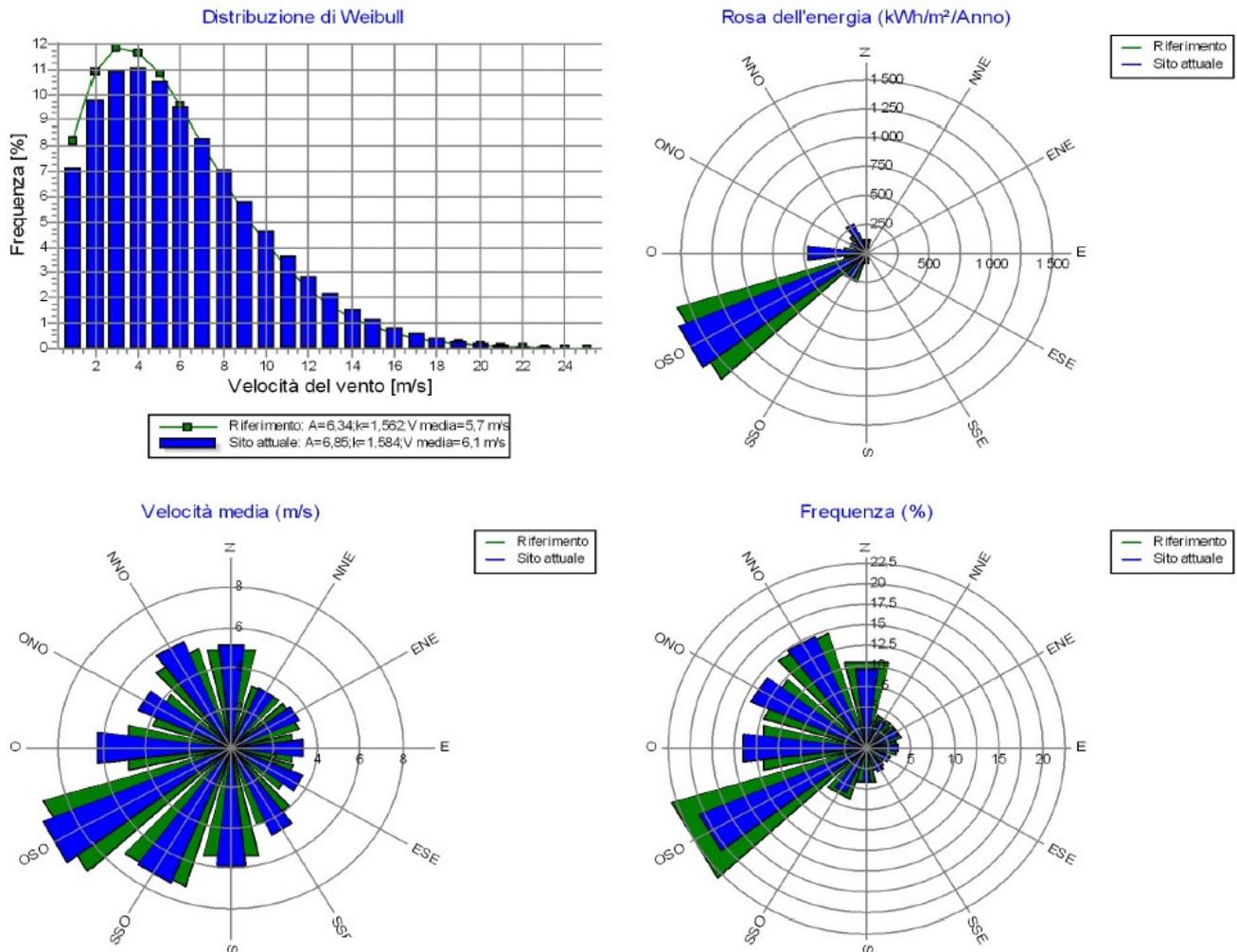


Figura 5 - Rosa dei venti anemometro A

4.3.5 CLASSIFICAZIONE DI SITO

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

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

Tabella 1 Parametri di base per la classe della turbina (tutti i parametri sono riferiti all'altezza mozzo)

Classe di aerogeneratori		I	II	III	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	Valori specificati dal progettista
A	I_{ref} (-)	0,16			
B	I_{ref} (-)	0,14			
C	I_{ref} (-)	0,12			

Dove:

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

In questo studio sono stati considerati i parametri di progettazione relativi ai dati tecnici ed alla classe eolica degli aerogeneratori pubblicati dai rispettivi produttori ed evidenziati nei paragrafi a seguire.

4.3.6 TURBOLENZA

La turbolenza è un parametro che fornisce un'informazione importante sulle caratteristiche fluidodinamiche della vena fluida in quanto restituisce la variabilità relativa della velocità del vento entro l'intervallo considerato. Ad esempio, un valore di turbolenza (TI) superiore a 0,18 (o equivalentemente 18%), indica un fenomeno ventoso piuttosto disturbato che potrebbe eventualmente sollecitare eccessivamente le macchine per la produzione di energia eolica ed inficiarne la produttività. In genere la turbolenza diminuisce man mano che ci si allontana dalla superficie terrestre in quanto gli ostacoli e l'orografia alterano il profilo fluidodinamico.

Per il sito in esame si riscontrano i seguenti valori, diagrammati in funzione della velocità media:

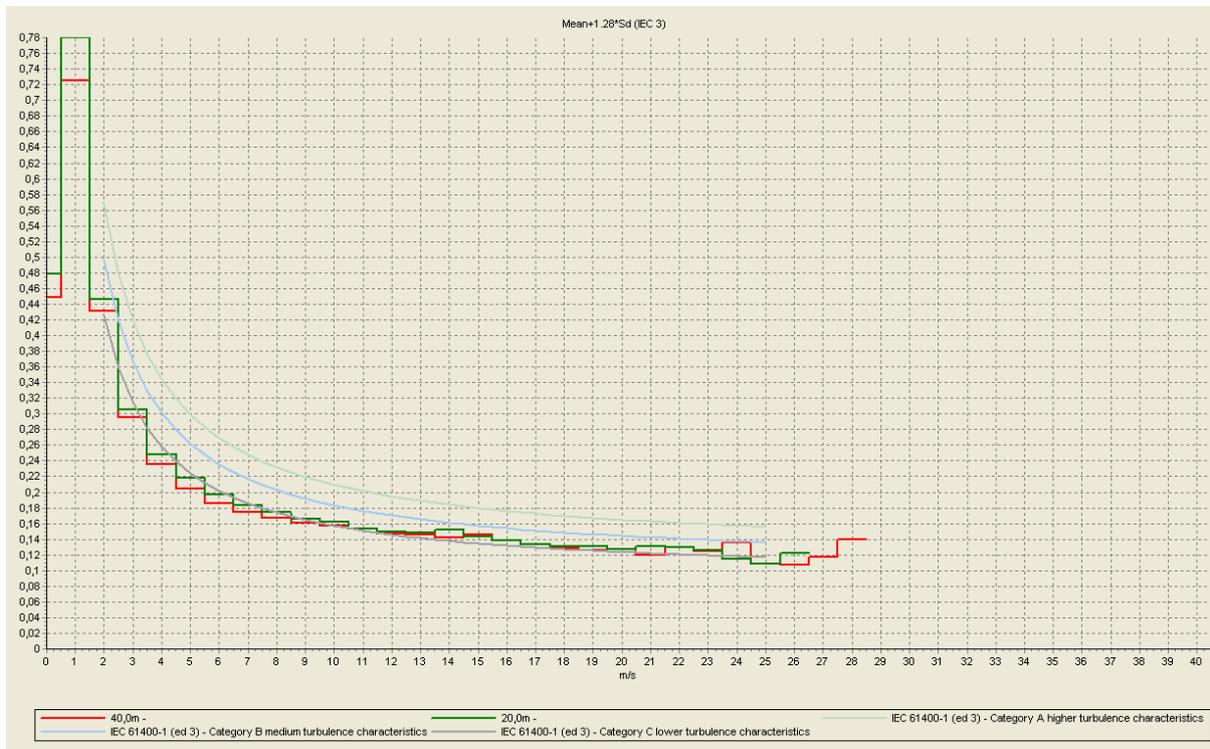


Figura 6 - Turbolenza misurata da una stazione di misura a 20-40 m. s.l.t. (Anemometro A)

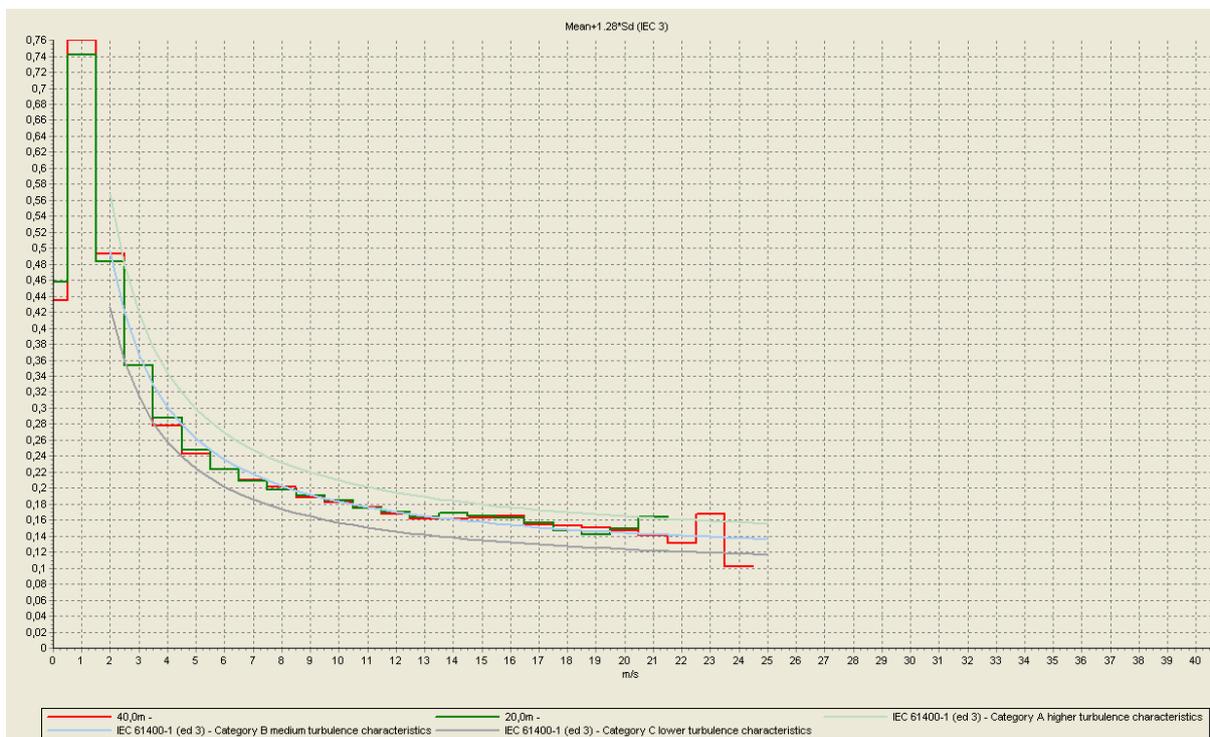


Figura 7 - Turbolenza misurata da una stazione di misura a 20-40 m. s.l.t. (Anemometro B)

	Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"	Febbraio 2021
---	---	---------------

I valori di turbolenza riscontrati nel caso specifico si attestino essere sotto la soglia del limite di classificazione A della IEC 61400.

4.3.7 DATI TECNICI AEROGENERATORE

A seguire, si riportano le caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto con evidenza della curva di potenza utilizzata nel modello di simulazione:

SIEMENS GAMESA SG 6.0/6.2 - 170

Curva di potenza della turbina Siemens Gamesa SG 6.0/6.2 - 170 con altezza del mozzo 115 m utilizzata nella stima della produzione energetica:



5 STIMA DI PRODUZIONE ENERGETICA

In allegato viene proposta la tabella di sintesi della stima di produzione energetica ed i dati tecnici della turbina utilizzata nell'analisi.

Nel calcolo eseguito si è tenuto in conto anche del deficit di produzione legato alle perdite tecniche stimate nella percentuale del 10% e dettagliate nei paragrafi successivi.

Le tabelle proposte mostrano quindi informazioni circa: produzione lorda, netta, produzione al netto delle perdite di scia e produzione al netto delle perdite di scia e delle perdite tecniche.

	<p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituita da 8 aerogeneratori con potenza complessiva di 48 MW, sistema di accumulo di 25 MW e opere di connessione alla RTN, sito nel Comune di Deliceto (FG) in località "Viticone - Le Gattarole"</p>	<p>Febbraio 2021</p>
---	--	----------------------

6 CONCLUSIONI

Con l'installazione del modello di aerogeneratore ipotizzato per una potenza complessiva di 48 MW, è stata calcolata una resa energetica certamente soddisfacente che prevede una produzione netta pari a 131.323,7 MWh annui corrispondenti a 2.648 ore equivalenti/anno, pur decurtando una percentuale di perdite tecniche pari al 10 %.

Progetto:

Deliceto**PARK - Risultato principale****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: 1,148 kg/m³ a 1,176 kg/m³
 Densità dell'aria rispetto a quella standard 93,7 %
 Altezza del mozzo s.l.m. 385,0 m a 635,4 m
 Temperatura media annuale al mozzo 11,9 °C a 13,6 °C
 Pressione alle WTG 939,4 hPa a 968,0 hPa

Parametri del modello di scia

Costante di decadimento di scia 0,075 Open farmland

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 Default Meteo data description - C1 50,00 m.wvs**WASP version** WASP 6-9 for Windows RVEA0011 1, 0, 0, 13

Scala 1:125 000

Dati di Sito

Nuova WTG

Risultati chiave a 50,0 m sopra il terreno**Terreno UTM WGS84 Zona: 33**

Est Nord Nome Tipo

Oggetto Dati di Sito

Energia del vento Velocità media Rugosità equivalente

						[kWh/m ²]	[m/s]	
A	531 646	4 566 460	WASP	WASP (WASP 6-9 for Windows RVEA0011 1, 0, 0, 13)		2 911	6,1	0,6

Produzione annuale stimata del parco eolico**Specific results^{*)}**

Combinazione di WTG	Risultato PARK [MWh/y]	Risultato-10,0% [MWh]	Lordo (senza perdite) [MWh/y]	Efficienza parco [%]	Fattore di capacità [%]	Media per WTG [MWh/y]	Ore equivalenti [Ore/anno]	Velocità media al mozzo [m/s]
Parco eolico	145 915,2	131 323,7	151 383,1	96,4	30,2	16 415,5	2 648	6,7

*) Based on Risultato-10,0%

Energia annuale calcolata per ciascuna delle 8 nuove WTG, per un totale di 49,6 MW nominali installati

Terreno	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 [%]	Velocità media [m/s]
1 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	17 446,9	15 702	98,9	6,35
2 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	18 131,6	16 318	95,7	6,66
3 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	17 690,0	15 921	94,1	6,63
4 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	16 709,6	15 039	95,6	6,33
5 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	17 859,8	16 074	96,8	6,63
6 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	17 595,9	15 836	95,0	6,63
7 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	20 407,1	18 366	96,2	7,46
8 A	No	Siemens Gamesa	SG 6.0-170-6 200	6 200	170,0	105,0	USER	(AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m3	20 074,3	18 067	98,8	7,01

Posizione delle WTG**UTM WGS84 Zona: 33**

Est Nord Z Dati/Descrizione

UTM WGS84 Zona: 33

	Est	Nord	Z [m]	Dati/Descrizione
1 Nuova	536 539	4 563 878	398,6	WTG01
2 Nuova	537 418	4 563 277	411,3	WTG02
3 Nuova	538 200	4 562 630	366,4	WTG03
4 Nuova	539 334	4 562 549	281,5	WTG04
5 Nuova	540 345	4 562 557	280,0	WTG05
6 Nuova	538 176	4 561 559	362,4	WTG06

continua alla pagina successiva...

Progetto:

Deliceto**PARK - Risultato principale***...continua dalla pagina precedente***UTM WGS84 Zona: 33**

	Est	Nord	Z	Dati/Descrizione
	UTM WGS84 Zona: 33			[m]
7 Nuova	537 275	4 562 079	485,3	WTG07
8 Nuova	536 255	4 562 328	530,4	WTG08

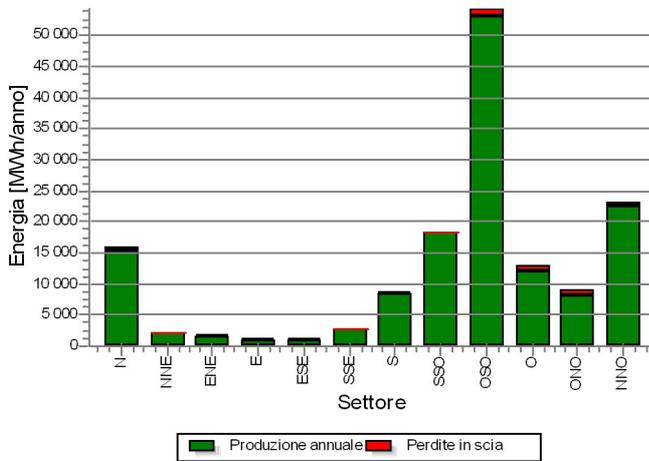
Progetto:

Deliceto

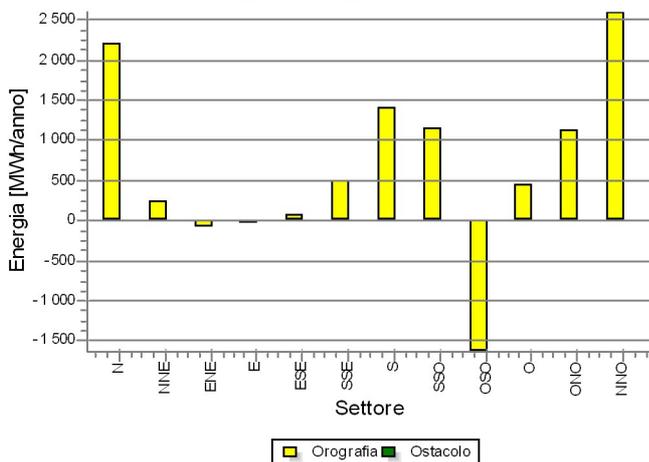
PARK - Analisi della produzioneWTG: Tutte le WTG nuove, densità dell'aria variabile con la posizione della WTG: 1,148 kg/m³ - 1,176 kg/m³**Analisi direzionale**

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]	13 707,0	1 782,4	1 857,0	1 135,6	1 049,0	2 247,9	7 431,0	17 254,7	55 936,6	12 529,9	7 962,0	20 509,4	143 402,4
+Incremento dovuto all'orografia	[MWh]	2 200,7	240,6	-99,1	-47,6	76,8	506,3	1 417,3	1 141,4	-1 634,1	450,8	1 124,3	2 603,3	7 980,7
-Perdite dovute alle scie	[MWh]	725,7	21,7	145,0	109,3	150,0	119,1	305,5	55,9	1 283,3	868,6	1 086,3	597,5	5 467,9
Energia risultante	[MWh]	15 182,0	2 001,4	1 612,9	978,7	975,8	2 635,2	8 542,8	18 340,2	53 019,1	12 112,1	8 000,1	22 515,1	145 915,2
Energia specifica	[kWh/m ²]													804
Energia specifica	[kWh/kW]													2 942
Incremento dovuto all'orografia	[%]	16,1	13,5	-5,3	-4,2	7,3	22,5	19,1	6,6	-2,9	3,6	14,1	12,7	5,57
Perdite dovute alle scie	[%]	4,6	1,1	8,2	10,0	13,3	4,3	3,5	0,3	2,4	6,7	12,0	2,6	3,61
Utilizzazione	[%]	32,2	39,8	36,4	36,0	33,7	38,2	27,5	18,8	17,0	28,1	36,7	32,7	22,6
Tempo di operatività	[Ore/anno]	874	318	293	244	196	240	382	628	1 642	888	963	1 218	7 887
Ore equivalenti	[Ore/anno]	306	40	33	20	20	53	172	370	1 069	244	161	454	2 942

Energia per settore



Impatto dell'orografia e degli ostacoli per settore



Progetto:

Deliceto

PARK - Analisi della curva di potenza

WTG: 1 - Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! (AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m³, Altezza mozzo: 105,0 m

Nome: (AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m³

Fonte: SGRE

Data fonte Creata da Creato Redatto Soglia di blocco Controllo della potenza Tipo di curva Ct
 25/03/2020 USER 11/02/2020 25/03/2020 25,0 Pitch User defined

Rev. 0

Siemens Gamesa Renewable Energy and its affiliates reserve the right to change the above specifications without prior notice.

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	[MWh]	10 232	15 762	21 359	26 542	30 716	34 497
Siemens Gamesa SG 6.0-170 6200 170.0 !O! (AM-5, 5.7MW) - 1.225 kg/m ³	[MWh]	11 334	16 697	21 642	25 889	29 374	32 099
Valore di controllo	[%]	-10	-6	-1	3	5	7

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, richiedere all'Agenzia Danese per l'Energia il rapporto di progetto J.nr. 51171/00-0016, o vedere il manuale WindPRO, par. 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

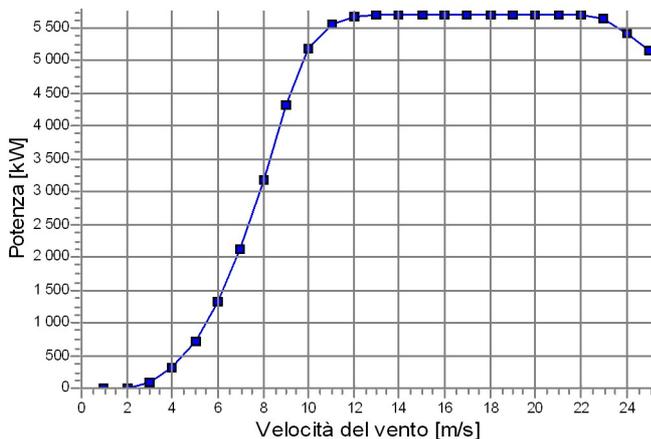
Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]	Ce	Velocità del vento [m/s]	Curva Ct
3,0	69,0	0,24	3,0	0,95
3,5	178,0	0,30	3,5	0,88
4,0	328,0	0,37	4,0	0,85
4,5	522,0	0,41	4,5	0,83
5,0	758,0	0,44	5,0	0,82
5,5	1040,0	0,45	5,5	0,83
6,0	1376,0	0,46	6,0	0,83
6,5	1771,0	0,46	6,5	0,84
7,0	2230,0	0,47	7,0	0,84
7,5	2758,0	0,47	7,5	0,83
8,0	3346,0	0,47	8,0	0,82
8,5	3982,0	0,46	8,5	0,80
9,0	4536,0	0,45	9,0	0,74
9,5	4996,0	0,42	9,5	0,67
10,0	5313,0	0,38	10,0	0,58
10,5	5504,0	0,34	10,5	0,50
11,0	5607,0	0,30	11,0	0,43
11,5	5658,0	0,27	11,5	0,37
12,0	5682,0	0,24	12,0	0,32
12,5	5692,0	0,21	12,5	0,28
13,0	5697,0	0,19	13,0	0,24
13,5	5699,0	0,17	13,5	0,22
14,0	5699,0	0,15	14,0	0,19
14,5	5700,0	0,13	14,5	0,17
15,0	5700,0	0,12	15,0	0,16
15,5	5700,0	0,11	15,5	0,14
16,0	5700,0	0,10	16,0	0,13
16,5	5700,0	0,09	16,5	0,12
17,0	5700,0	0,08	17,0	0,11
17,5	5700,0	0,08	17,5	0,10
18,0	5700,0	0,07	18,0	0,09
18,5	5700,0	0,06	18,5	0,09
19,0	5700,0	0,06	19,0	0,08
19,5	5700,0	0,06	19,5	0,08
20,0	5700,0	0,05	20,0	0,07
20,5	5700,0	0,05	20,5	0,06
21,0	5700,0	0,04	21,0	0,06
21,5	5700,0	0,04	21,5	0,05
22,0	5700,0	0,04	22,0	0,05
22,5	5584,0	0,04	22,5	0,05
23,0	5460,0	0,03	23,0	0,04
23,5	5336,0	0,03	23,5	0,04
24,0	5212,0	0,03	24,0	0,04
24,5	5088,0	0,02	24,5	0,03
25,0	4964,0	0,02	25,0	0,03

Potenza, efficienza ed energia vs. velocità del vento

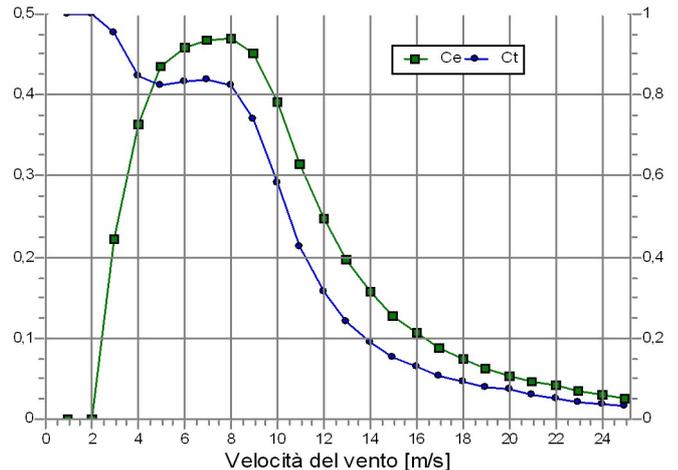
Dati usati nel calcolo, Densità dell'aria: 1,163 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

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	79,5	0,22	2,50-3,50	80,0	80,0	0,5
4,0	306,6	0,36	3,50-4,50	328,4	408,5	2,3
5,0	715,9	0,43	4,50-5,50	732,4	1140,8	6,5
6,0	1304,1	0,46	5,50-6,50	1234,5	2375,3	13,6
7,0	2115,4	0,47	6,50-7,50	1757,8	4133,1	23,7
8,0	3176,9	0,47	7,50-8,50	2200,9	6334,1	36,3
9,0	4336,7	0,45	8,50-9,50	2402,3	8736,4	50,1
10,0	5172,7	0,39	9,50-10,50	2250,2	10986,6	63,0
11,0	5547,7	0,32	10,50-11,50	1851,9	12838,6	73,6
12,0	5664,6	0,25	11,50-12,50	1408,9	14247,5	81,7
13,0	5692,8	0,20	12,50-13,50	1028,2	15275,7	87,6
14,0	5699,0	0,16	13,50-14,50	730,8	16006,4	91,7
15,0	5700,0	0,13	14,50-15,50	507,7	16514,1	94,7
16,0	5700,0	0,11	15,50-16,50	344,5	16858,6	96,6
17,0	5700,0	0,09	16,50-17,50	227,9	17086,5	97,9
18,0	5700,0	0,07	17,50-18,50	146,6	17233,1	98,8
19,0	5700,0	0,06	18,50-19,50	91,5	17324,5	99,3
20,0	5700,0	0,05	19,50-20,50	55,3	17379,8	99,6
21,0	5700,0	0,05	20,50-21,50	32,3	17412,1	99,8
22,0	5700,0	0,04	21,50-22,50	18,2	17430,4	99,9
23,0	5639,2	0,04	22,50-23,50	9,9	17440,2	100,0
24,0	5403,0	0,03	23,50-24,50	5,0	17445,2	100,0
25,0	5162,9	0,03	24,50-25,50	1,7	17446,9	100,0

Curva di potenza
Dati usati nel calcolo



Curve Ce e Ct



Progetto:

Deliceto

PARK - Terreno

Dati di Sito: A - WASP

Ostacoli:

0 ostacoli usati

Rugosità:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

C:\Programmi\Projects\ROUGHNESSLINE_Deliceto_2.wpo

Min X: 528 003, Max X: 547 695, Min Y: 4 553 380, Max Y: 4 571 765, Ampiezza: 19 692 m, Altezza: 18 385 m

Limitato a 40,0 km x 40,0 km attorno al sito attuale

Orografia:

Il calcolo usa i seguenti files .map:

C:\Programmi\Projects\CONTOURLINE_Deliceto_3.wpo

Min X: 521 922, Max X: 551 850, Min Y: 4 547 801, Max Y: 4 577 777, Ampiezza: 29 929 m, Altezza: 29 976 m

Limitato a 10,0 km x 10,0 km attorno al sito attuale

Progetto:
Deliceto

PARK - Analisi dei Dati di vento

Dati di vento: A - WASP; Altezza mozzo: 50,0

Coordinate del sito

UTM WGS 84 Zona: 33 Est: 531 646 Nord: 4 566 460

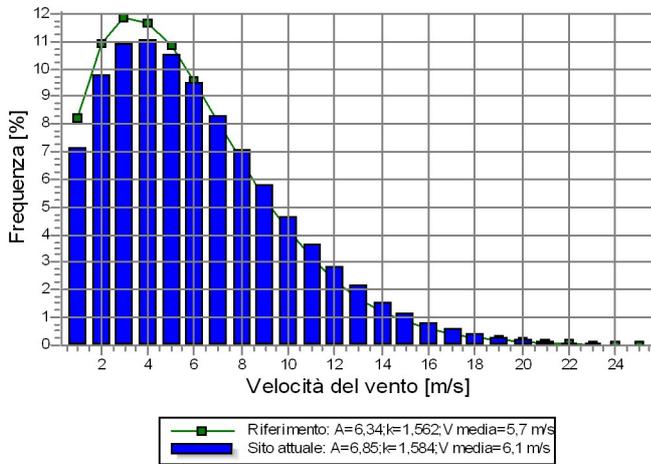
Statistica del Vento

IT Default Meteo data description - C1 50,00 m.wws

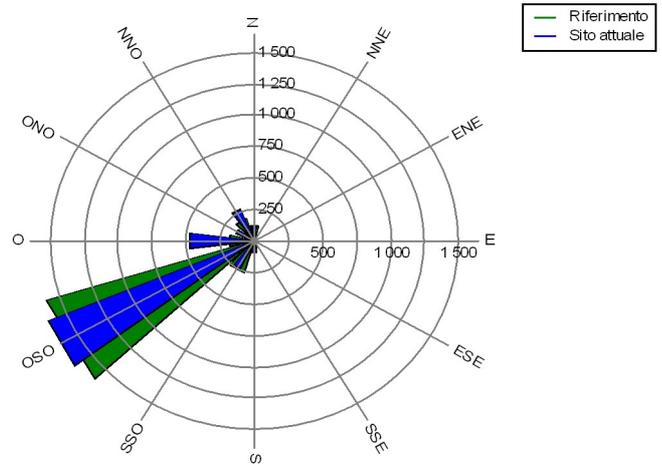
Parametri Weibull

Settore	Sito attuale				Riferimento: classe di Rugosità 1			
	Parametro A	Velocità del vento [m/s]	Parametro k	Frequenza [%]	Parametro A	Parametro k	Frequenza [%]	
0 N	5,81	5,14	2,080	9,5	5,64	2,110	10,7	
1 NNE	3,62	3,22	1,744	3,5	3,65	1,750	4,1	
2 ENE	3,84	3,44	1,607	3,8	3,67	1,610	4,1	
3 E	3,73	3,35	1,572	3,7	3,26	1,580	3,4	
4 ESE	3,99	3,60	1,510	2,8	3,32	1,470	2,4	
5 SSE	5,36	4,75	2,072	3,1	4,52	2,140	2,8	
6 S	6,68	5,92	2,119	4,1	6,26	2,270	4,3	
7 SSO	8,23	7,31	1,881	5,9	8,17	1,880	6,5	
8 OSO	10,72	9,49	2,186	20,6	10,26	2,210	23,0	
9 O	7,04	6,32	1,584	14,1	5,44	1,600	12,0	
10 ONO	5,34	4,73	2,076	14,1	4,39	2,230	12,3	
11 NNO	6,53	5,78	2,135	14,7	5,84	2,150	14,6	
Tutti	6,85	6,14	1,584	100,0	6,34	1,562	100,0	

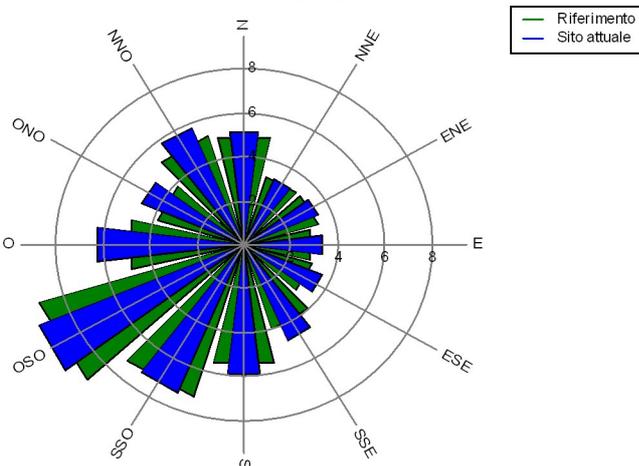
Distribuzione di Weibull



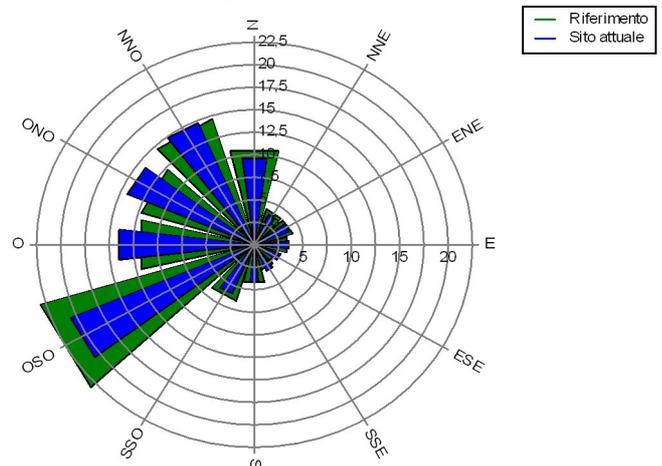
Rosa dell'energia (kWh/m²/Anno)



Velocità media (m/s)



Frequenza (%)



Progetto:

Deliceto

PARK - Curva di potenza del parco

Velocità del vento [m/s]	Potenza													
	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	1 352	1 179	1 196	1 317	1 179	1 080	1 056	1 246	1 195	1 317	1 177	1 091	1 051	1 247
4,5	3 974	3 561	3 597	3 881	3 552	3 347	3 295	3 708	3 596	3 881	3 545	3 370	3 280	3 711
5,5	7 962	7 236	7 296	7 798	7 219	6 866	6 769	7 495	7 293	7 797	7 207	6 906	6 743	7 500
6,5	13 575	12 378	12 475	13 303	12 347	11 774	11 618	12 802	12 471	13 302	12 327	11 838	11 572	12 811
7,5	21 150	19 320	19 473	20 732	19 275	18 395	18 158	19 968	19 466	20 730	19 242	18 495	18 089	19 981
8,5	30 443	28 087	28 291	29 904	28 053	26 851	26 544	28 944	28 284	29 903	28 016	26 980	26 462	28 959
9,5	38 801	36 919	37 104	38 369	36 954	35 804	35 545	37 669	37 106	38 370	36 947	35 915	35 508	37 677
10,5	43 402	42 650	42 733	43 209	42 680	42 173	42 049	42 960	42 740	43 212	42 696	42 218	42 059	42 962
11,5	45 046	44 860	44 874	44 987	44 862	44 750	44 718	44 930	44 878	44 989	44 872	44 767	44 727	44 931
12,5	45 485	45 447	45 448	45 471	45 446	45 427	45 420	45 460	45 450	45 471	45 450	45 433	45 424	45 460
13,5	45 581	45 573	45 573	45 577	45 573	45 570	45 568	45 575	45 574	45 578	45 574	45 571	45 569	45 575
14,5	45 594	45 593	45 593	45 593	45 593	45 593	45 593	45 593	45 593	45 593	45 593	45 592	45 592	45 593
15,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
16,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
17,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
18,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
19,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
20,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
21,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
22,5	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600	45 600
23,5	43 900	44 203	44 199	44 164	44 203	44 231	44 238	44 184	44 199	44 164	44 204	44 228	44 240	44 184
24,5	41 968	42 277	42 273	42 242	42 277	42 301	42 307	42 260	42 273	42 242	42 278	42 299	42 309	42 260
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. Misurare la curva di potenza di un parco non è semplice come misurare quella di una WTG, poiché la curva di potenza del parco dipende dalla direzione del vento, e la stessa velocità del vento normalmente non è uniforme sull'intera area del parco allo stesso tempo (solo in terreni molto piani e non complessi). L'idea di questa versione della curva di potenza del parco è di non usarla per una validazione basata sulle misure. Ciò richiederebbe almeno 2 pali di misura entro il parco, a meno che non vengano verificati soltanto alcuni settori direzionali, in terreno non complesso, e anche in questa situazione la validazione sarebbe molto incerta.

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. La velocità imperturbata si ottiene dai pali di misura, e viene utilizzata nella simulazione della produzione attesa tramite la curva di potenza del parco. Questa procedura funziona correttamente solo su terreno non complesso. Per terreno complesso è disponibile un altro calcolo della curva di potenza del parco (modello VPP).

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.

Progetto:

Deliceto**PARK - Distanze tra le WTG****Distanze tra le WTG**

Z	WTG più vicina	Z	Distanza orizzontale	Distanza in	
[m]	[m]	[m]	[m]	Diametri Rotore	
1	398,6	2	411,3	1 065	6,3
2	411,3	3	366,4	1 015	6,0
3	366,4	2	411,3	1 015	6,0
4	281,5	5	280,0	1 011	5,9
5	280,0	4	281,5	1 011	5,9
6	362,4	7	485,3	1 040	6,1
7	485,3	6	362,4	1 040	6,1
8	530,4	7	485,3	1 050	6,2



Scala 1:125 000

Nuova WTG

Dati di Sito

Progetto:

Deliceto

PARK - Map



0 1 2 3 4 km

Mappa: , Scala di stampa 1:75 000, Centro mappa UTM WGS 84 Zona: 33 Est: 535 995 Nord: 4 564 010

 Nuova WTG

 Dati di Sito