



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

Comune di Mazara del Vallo (TP)
Località "Borgo Iudeo"

A. PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

OGGETTO

Codice: MZR	Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs 387/2003 e D.Lgs 152/2006
N° Elaborato: A5	Relazione specialistica anemologica

Tipo documento	Data
Progetto definitivo	Novembre 2020

Progettazione



Proponente

ITW Mazara Srl
Via Sebastiano Catania 317 | 95123 Catania (CT)
P.IVA 05767680878

Rappresentante legale

Emmanuel Macqueron

Progettisti

Ing. Vassalli Quirino



Ing. Speranza Carmine Antonio



REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	Novembre 2020	Emissione	AS	QV/AS/DR	QAIR Italia Srl

ITW_MZR_A5_Relazione specialistica anemologica.doc

ITW_MZR_A5_Relazione specialistica anemologica.pdf

Il presente elaborato è di proprietà di ITW Mazara S.r.l. Non è consentito riprodurlo o comunque utilizzarlo senza autorizzazione di ITS Genzano S.r.l.

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DEL SITO	3
2.1. <i>INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PROGETTUALE</i>	3
3. ATLANTE EOLICO "RSE"	5
4. CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO	6
5. PRODUCIBILITÀ DEL PARCO.....	10
5.1. <i>PRODUCIBILITÀ LORDA</i>	10
5.2. <i>PRODUCIBILITÀ ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE</i>	12
6. CONCLUSIONI.....	14

1. PREMESSA

La vocazione eolica dell'area è subordinata alla verifica delle caratteristiche tecniche relative agli spazi in disponibilità, accessibilità all'area relativamente al trasporto dei componenti degli aerogeneratori, connessione alla rete elettrica nazionale capace di assorbire l'energia prodotta dal parco in progetto e soprattutto ad un sufficiente livello di ventosità.

Il presente documento indaga e dimostra la vocazione eolica dell'area individuata per la costruzione di un Parco Eolico costituito da 13 aerogeneratori e le relative opere di connessione alla RTN da realizzarsi in località "Borgo Iudeo" nel comune di Mazara del Vallo in provincia di Trapani, della Regione Sicilia.

L'analisi svolta nel presente documento è stata realizzata sulla base di dati anemometrici rilevati e registrati da una stazione di misura, e suffragati da confronti e correlazioni con dati satellitari appartenenti allo stesso regime di venti e ben rappresentativa del sito.

L'impianto oggetto di studio, da realizzare nel comune di Mazara del Vallo (TP), è costituito da 13 aerogeneratori della potenza individuale nominale di circa 5.6 MW per una potenza totale complessiva di circa 72.8 MW.

All'interno del presente documento si analizza il caso in esame facendo bene attenzione a descrivere:

- Posizione e caratteristiche delle turbine;
- Analisi ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili;
- Valutazione Anemologica del sito;
- Esposizione dei risultati ottenuti.

Tutti gli aspetti sopra elencati vengono trattati dentro WindPRO, un software di simulazione specifico del campo eolico che viene incontro in varie fasi della progettazione.

2. DESCRIZIONE DEL SITO

2.1. Inquadramento territoriale e progettuale

L'area interessata dalla realizzazione del progetto è prevalentemente destinata ad uso agricolo e si stanZIA al di fuori del centro abitato di Mazara del Vallo (TP), alla località "Borgo Iudeo"; essa presenta una variabilità topografica e altimetrica abbastanza omogenea attestandosi su circa 100 m slm.

La zona prevista per la realizzazione del parco eolico è situata a circa 11 km, in direzione N-E, dal centro abitato del comune di Mazara del Vallo e a circa di 18 Km in direzione S-E dal centro abitato di Marsala.

L'impianto di progetto è costituito da 13 aerogeneratori modello Vestas V162 della potenza nominale approssimativa di 5.6 MW per una potenza totale complessiva di circa 72.6 MW. Il progetto prevede l'uso di aerogeneratori della più moderna tecnologia e di elevata potenza nominale unitaria, in modo da massimizzare la potenza dell'impianto e l'energia producibile, diminuendo così il numero di turbine e quindi l'impatto ambientale a parità di potenza installata.

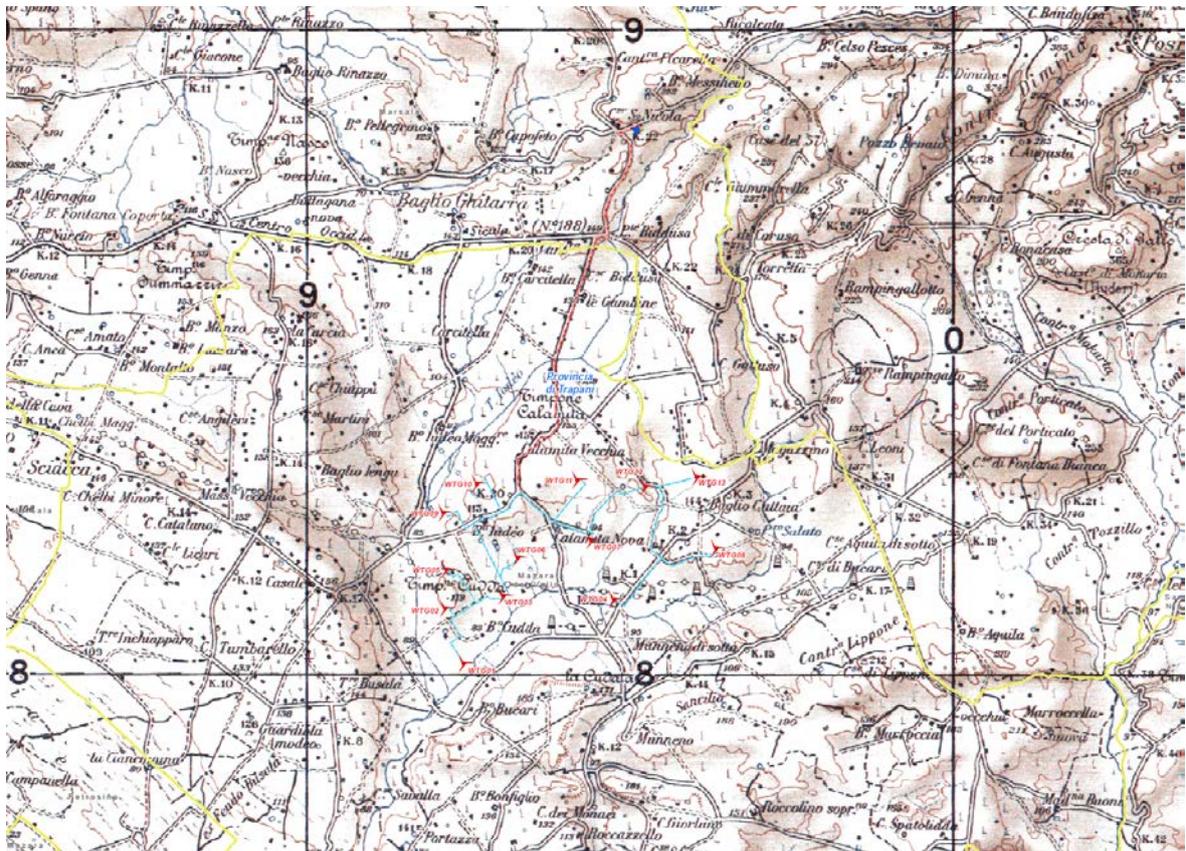


Figura 1: inquadramento territoriale su IGM 1:25.000 ortofoto

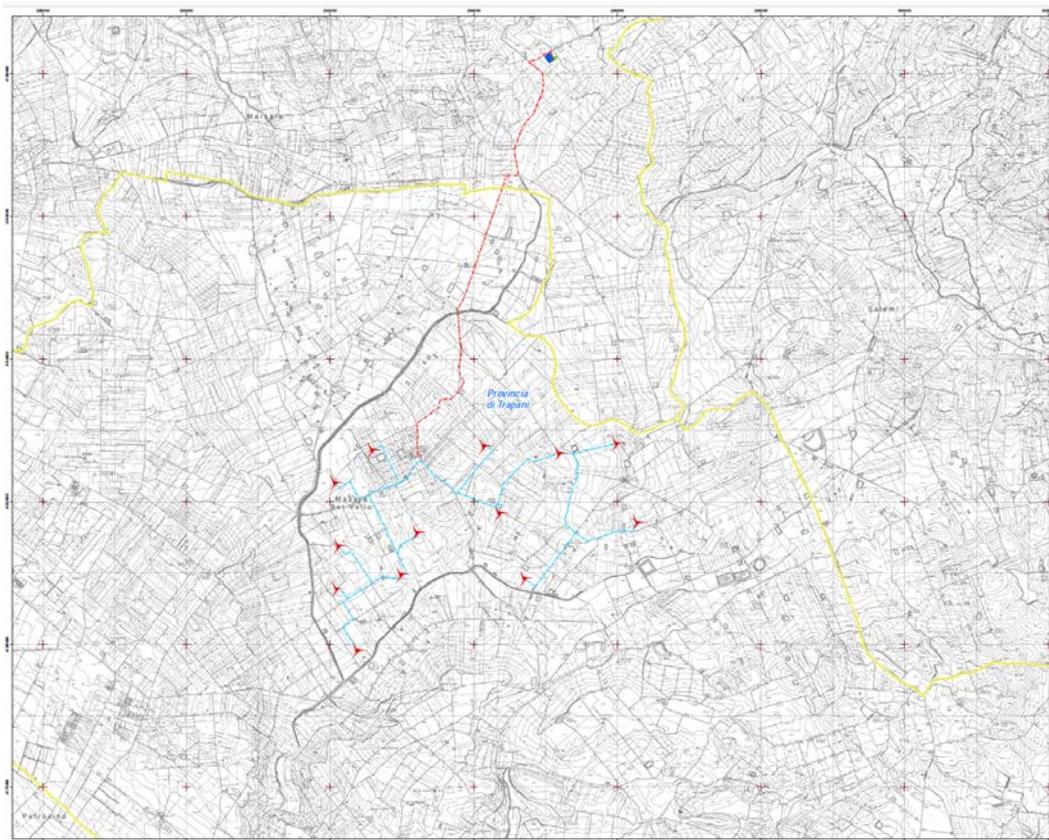


Figura 2: inquadramento territoriale su CTR

Le coordinate geografiche nel sistema UTM WGS84 (F33) ove sono posizionati gli aerogeneratori sono rappresentate nella seguente Tabella 1.

	UTM WGS 84 Lon. Est [m]	UTM WGS84 Lat. Nord [m]
WTG01	292.380	4.179.922
WTG02	292.096	4.180.783
WTG03	292.991	4.180.980
WTG04	294.703	4.180.924
WTG05	292.117	4.181.385
WTG06	293.212	4.181.570
WTG07	294.355	4.181.840
WTG08	296.286	4.181.714
WTG09	292.069	4.182.269
WTG10	292.586	4.182.726
WTG11	294.141	4.182.780
WTG12	295.188	4.182.681
WTG13	295.991	4.182.820

Tabella 1: Coordinate aerogeneratori dell'impianto di progetto

3. ATLANTE EOLICO "RSE"

Il sito dell'Atlante eolico fornisce dati ed informazioni sulla distribuzione della risorsa eolica sul territorio e nelle aree marine dell'Italia e nel contempo aiuta ad individuare le aree dove tali risorse possono essere interessanti per lo sfruttamento energetico

L'Atlante è uno strumento destinato in particolare agli organismi pubblici che programmano l'uso del territorio, ai responsabili dello sviluppo della rete elettrica, agli investitori che valutano l'opportunità e i rischi associati ad iniziative per la realizzazione di centrali eoliche e a tutti gli organismi di ricerca interessati.

A partire da dati sulla ventosità ed informazioni sul territorio (altitudine, pendenza e rugosità del terreno, distanza dalla rete elettrica ecc.), nonché sulle caratteristiche tecniche di vari modelli di aerogeneratore, un modulo di calcolo valuta, in via preliminare, la producibilità e il costo dell'energia di un'ipotetica centrale eolica in un punto da lui prescelto sulle mappe.

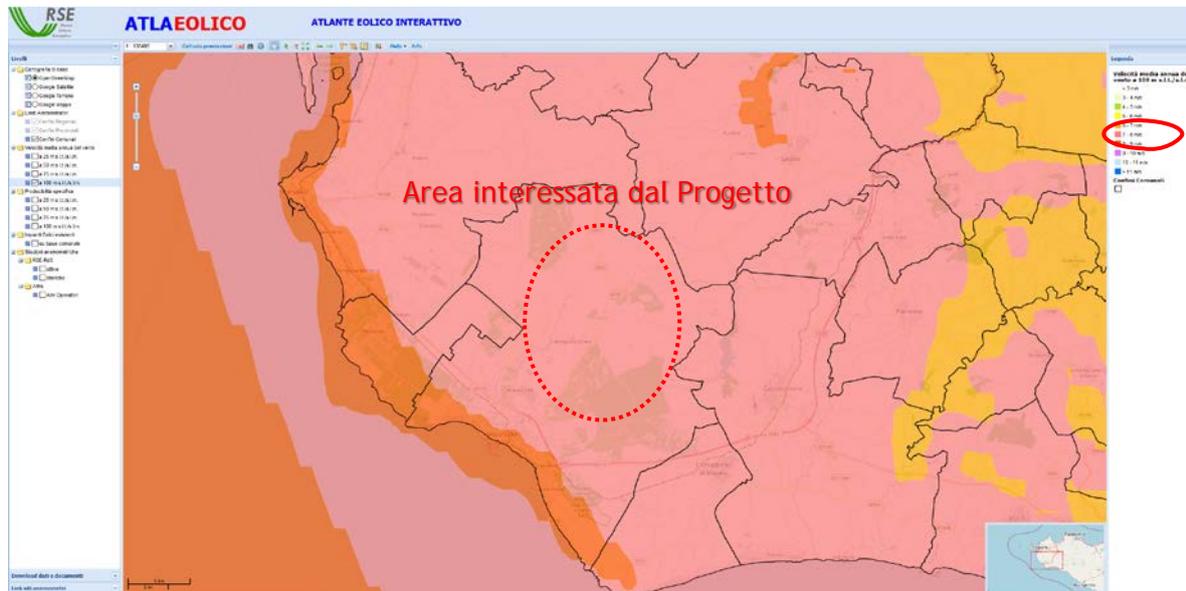


Figura 3: Schermata atlante eolico RSE con Velocità media annuale del vento a 100m



Come illustrato nelle immagini precedenti l'area interessata è caratterizzata da una velocità media del vento a 100 m di 7- 8 m/s.

4. CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO

Al fine di definire le principali caratteristiche anemologiche del sito di progetto, la scrivente si è avvalsa di dati anemometrici in proprio possesso dell'area in questione. La disponibilità temporale di suddetti dati è di circa 25 anni.



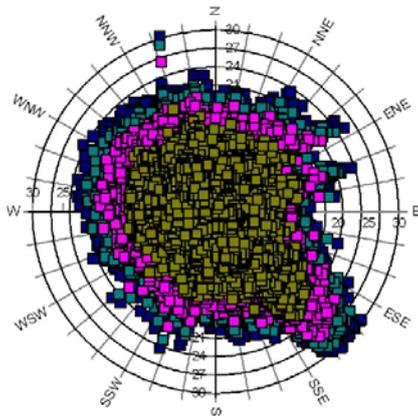
Figura 4: Ubicazione anemometro di riferimento rispetto al parco eolico in progetto

I principali dati di input determinanti per le analisi effettuate sono i seguenti:

- Ubicazione stazione di rilevamento (coord. UTM WGS84 Zona 33):
 - Est: 293.046
 - Nord: 4.182.082
- Periodo di osservazione: 10/08/2017 - 23/07/2019 (23,7 mesi)
- Parametri rilevati:
 - Velocità media
 - Intensità di turbolenza
 - Direzione del vento
 - Deviazione standard turbolenza
 - Deviazione standard velocità

I dati raccolti hanno consentito l'elaborazione della rosa di distribuzione direzionale delle velocità, nonché dei dati relativi alla velocità media oraria e della direzione media oraria così come meglio rappresentati nei grafici seguenti.

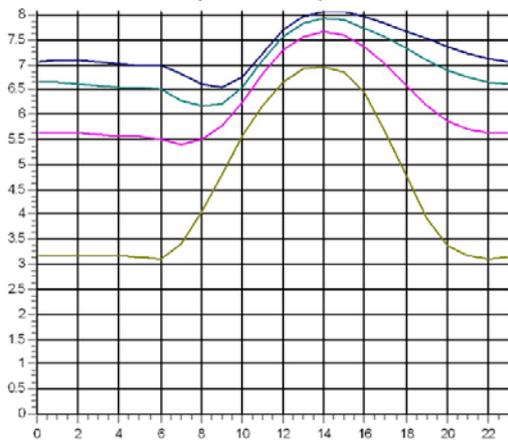
Wind speed/direction



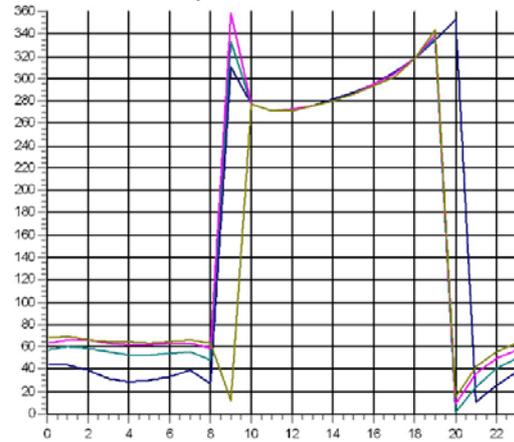
Statistics

Signal	Unit	Count	Of period [%]	Mean	Weibull mean	Weibull A	Weibull k
150.00m - Mean wind speed, all	m/s	188424	100.0	7.28	7.28	8.19	1.84
150.00m - Wind direction, all	Degrees	188424	100.0	320.93			
150.00m - Temperature, all	Deg C	188424	100.0	17.19			
150.00m - Turbulence intensity, all		188424	100.0	0.11			
150.00m - Turbulence intensity, enabled		147593	78.3	0.08			
100.00m - Mean wind speed, all	m/s	188424	100.0	6.92	6.93	7.81	1.92
100.00m - Wind direction, all	Degrees	188424	100.0	338.55			
100.00m - Temperature, all	Deg C	188424	100.0	17.40			
100.00m - Turbulence intensity, all		188424	100.0	0.11			
100.00m - Turbulence intensity, enabled		145577	77.3	0.08			
50.00m - Mean wind speed, all	m/s	188424	100.0	6.20	6.21	7.00	1.94
50.00m - Wind direction, all	Degrees	188424	100.0	1.74			
50.00m - Temperature, all	Deg C	188424	100.0	17.39			
50.00m - Turbulence intensity, all		188424	100.0	0.11			
50.00m - Turbulence intensity, enabled		136638	72.5	0.09			
10.00m - Mean wind speed, all	m/s	188424	100.0	4.46	4.53	5.07	1.68
10.00m - Wind direction, all	Degrees	188424	100.0	20.72			
10.00m - Temperature, all	Deg C	188424	100.0	17.30			
10.00m - Turbulence intensity, all		183178	97.2	0.18			
10.00m - Turbulence intensity, enabled		90804	48.2	0.11			

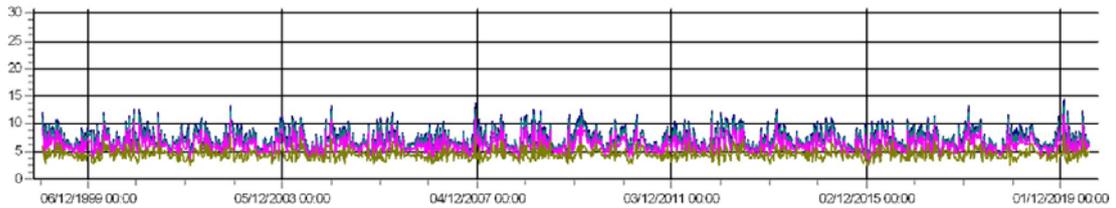
Hourly mean wind speed



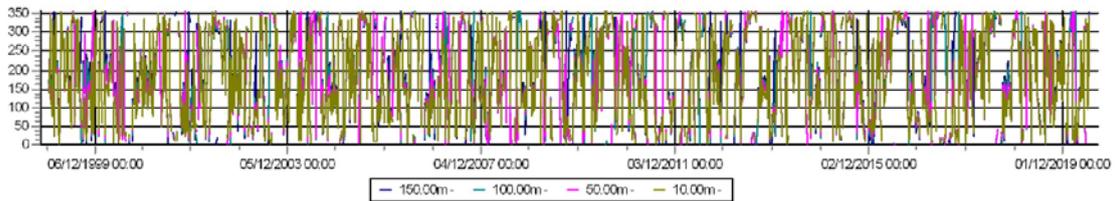
Hourly mean wind direction



Wind speed, Averaging: Week



Wind direction, Averaging: Week



Monthly wind speeds

150.00m -

Month	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
January	7.79	5.87	9.01	5.87	8.55	7.97	6.98	7.67	6.67	7.63	8.01	10.06	5.91	7.63	9.11	9.54	7.79	7.79	7.89	9.25
February	8.11	7.53	8.36	7.58	7.73	8.43	8.10	7.56	8.23	7.30	8.84	10.31	7.44	7.80	7.34	8.18	9.26	8.75	7.52	8.69
March	8.00	7.27	7.86	8.93	6.40	7.85	7.47	9.15	7.65	7.92	9.59	8.81	8.77	7.82	10.44	7.59	9.63	8.37	8.02	9.39
April	8.94	9.46	7.53	8.33	8.37	8.28	9.02	8.09	6.23	8.33	7.87	6.69	7.68	8.01	8.56	7.86	7.52	9.03	7.37	7.43
May	6.64	7.45	7.60	8.65	7.25	7.25	6.90	6.42	7.34	8.41	6.16	8.46	7.06	7.13	8.24	6.83	6.93	8.19	7.19	5.78
June	6.57	5.42	6.82	6.29	4.88	5.17	5.75	6.06	6.27	6.63	6.93	7.44	6.11	5.89	6.45	6.34	6.62	7.11	5.03	6.08
July	6.38	7.06	6.86	6.57	5.69	5.40	6.06	6.11	5.81	6.39	5.24	5.38	5.82	5.83	5.38	6.92	5.34	5.91	6.92	6.23
August	5.59	6.12	5.29	6.30	6.01	6.03	6.99	6.51	6.52	5.87	5.53	6.03	5.47	6.00	5.51	5.94	5.63	5.83	5.87	4.95
September	6.34	7.37	6.82	6.25	5.66	5.95	6.13	6.73	6.30	5.75	6.16	7.31	5.71	7.65	5.89	6.26	6.68	5.68	6.75	5.29
October	6.65	7.50	5.66	7.40	7.63	6.18	6.18	7.00	5.83	5.87	7.16	7.87	7.24	6.25	6.87	6.51	7.85	7.49	6.75	7.74
November	7.15	8.99	8.37	10.03	8.75	7.34	7.56	6.47	9.49	8.14	7.17	8.57	7.74	8.54	7.69	8.34	6.48	8.60	6.79	8.05
December	8.69	8.62	7.88	7.63	9.51	10.51	7.98	6.60	8.30	9.27	9.08	8.74	8.66	9.65	6.50	7.68	4.58	7.35	8.51	7.48
mean, all data	7.23	7.38	7.33	7.48	7.20	7.20	7.08	7.03	7.04	7.29	7.30	7.96	6.97	7.35	7.33	7.33	7.01	7.50	7.05	7.79
mean of months	7.24	7.39	7.34	7.49	7.20	7.20	7.09	7.03	7.05	7.29	7.31	7.97	6.97	7.35	7.33	7.33	7.03	7.51	7.05	7.20

Monthly wind speeds

150.00m -

Month	2019	2020	Mean	Mean of month
January	8.51	7.37	7.86	7.86
February	8.47	7.28	8.13	8.13
March	7.92	7.05	8.27	8.27
April	8.52	6.68	7.99	7.99
May	7.69	8.30	7.36	7.36
June	6.46	6.91	6.24	6.24
July	5.67		6.05	6.05
August	5.33		5.87	5.87
September	5.81		6.31	6.31
October	6.80		6.88	6.88
November	8.88		8.05	8.05
December	10.55		8.27	8.27
mean, all data	7.55	7.27		
mean of months	7.55	7.26		7.27

Monthly wind speeds

100.00m -

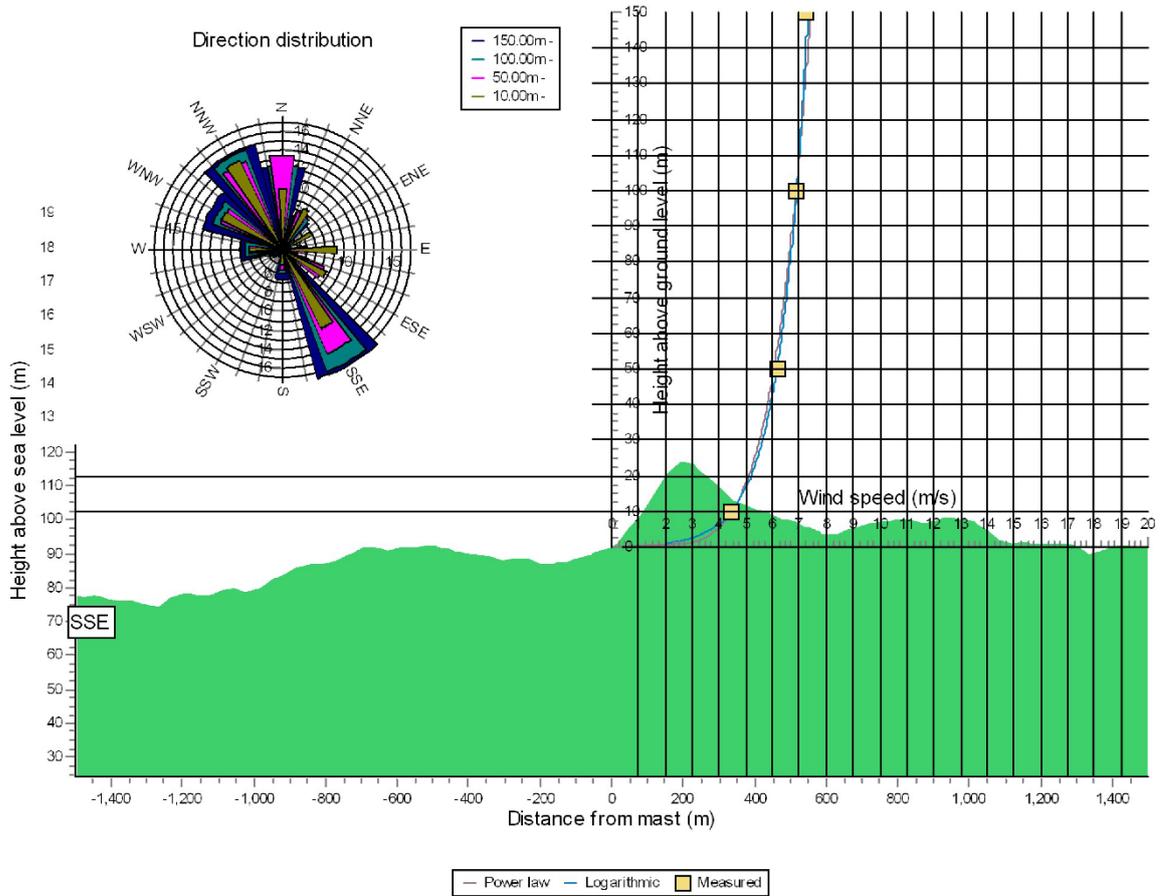
Month	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
January	7.28	5.58	8.39	5.55	7.94	7.27	6.41	7.19	6.23	7.10	7.44	9.27	5.52	7.04	8.38	8.90	7.11	7.24	7.39	8.54
February	7.59	7.01	7.76	7.09	7.28	7.93	7.53	7.09	7.69	6.97	8.16	9.59	6.97	7.29	6.83	7.62	8.60	8.12	7.09	8.10
March	7.49	6.98	7.44	8.34	6.12	7.33	7.08	8.57	7.23	7.42	8.97	8.25	8.28	7.37	9.70	7.28	8.86	7.82	7.57	8.80
April	8.47	8.97	7.18	7.85	7.89	7.87	8.52	7.22	6.01	7.91	7.48	6.44	7.30	7.64	8.07	7.43	7.22	8.52	7.00	7.12
May	6.43	7.15	7.25	8.15	6.94	6.98	6.64	6.18	7.06	7.91	5.96	8.16	6.82	6.78	7.86	6.54	6.74	7.79	6.91	5.63
June	6.38	5.34	6.68	6.13	4.86	5.06	5.61	5.98	6.16	6.43	6.68	7.15	5.94	5.77	6.26	6.21	6.43	6.85	5.03	5.92
July	6.20	6.89	6.71	6.39	5.67	5.35	5.91	5.95	5.74	6.22	5.15	5.27	5.73	5.75	5.35	6.74	5.29	5.81	6.83	6.11
August	5.61	6.01	5.24	6.17	5.89	5.95	6.80	6.25	6.36	5.85	5.51	5.85	5.48	6.03	5.47	5.88	5.59	5.70	5.83	4.92
September	6.18	7.12	6.57	6.01	5.59	5.79	5.96	6.47	6.06	5.63	5.98	7.03	5.65	7.35	5.77	6.07	6.50	5.53	6.57	5.21
October	6.38	7.09	5.55	7.03	7.24	6.02	5.99	6.70	5.55	5.74	6.73	7.39	6.84	5.95	6.64	6.27	7.50	7.08	6.41	7.36
November	6.64	8.44	7.85	9.30	8.18	6.85	7.14	6.23	8.78	7.74	6.83	7.98	7.41	8.00	7.21	7.85	6.13	8.13	6.39	7.60
December	8.05	7.98	7.27	7.10	8.71	9.69	7.48	6.21	7.63	8.58	8.30	8.04	8.02	8.84	6.10	7.09	4.54	6.91	7.90	6.83
mean, all data	6.89	7.04	6.98	7.09	6.86	6.84	6.75	6.71	6.70	6.96	6.93	7.52	6.66	6.98	6.97	6.99	6.70	7.12	6.75	6.84
mean of months	6.89	7.05	6.99	7.09	6.86	6.84	6.76	6.71	6.71	6.96	6.93	7.54	6.66	6.98	6.97	6.99	6.71	7.13	6.74	6.85

Monthly wind speeds

100.00m -

Month	2019	2020	Mean	Mean of month
January	7.76	6.90	7.29	7.29
February	7.87	6.83	7.59	7.59
March	7.44	6.68	7.77	7.77
April	8.02	6.43	7.59	7.59
May	7.34	7.91	7.05	7.05
June	6.25	6.67	6.08	6.08
July	5.57		5.93	5.93
August	5.36		5.80	5.80
September	5.62		6.13	6.13
October	6.53		6.57	6.57
November	8.21		7.57	7.57
December	9.69		7.67	7.66
mean, all data	7.13	6.91		
mean of months	7.14	6.90		6.92

I dati elaborati hanno consentito la determinazione della distribuzione direzionale e il profilo del vento per il sito specifico.



Profile characteristics for best curve fit through all data (Note: Values are only fully valid in flat terrain)
 Shear exponent 0.1855 (Power law profile)
 Roughness length 0.1466 m class 2.28 (Equivalent roughness for logarithmic profile)

Figura 5: Distribuzione direzionale e profilo del vento

Come rappresentato dalla Figura 5, la direzione prevalente del vento risultante dall'analisi in mesoscala è N-NW e S-SE, mentre ci consente di verificare che all'altezza al mozzo delle turbine è superiore a 7,50 m/sec, inoltre dai grafici mensili cumulativi dei dati si può osservare che la velocità media è superiore ai 6,00 m/sec e per alcuni mesi è superiore a 8,00m/sec.

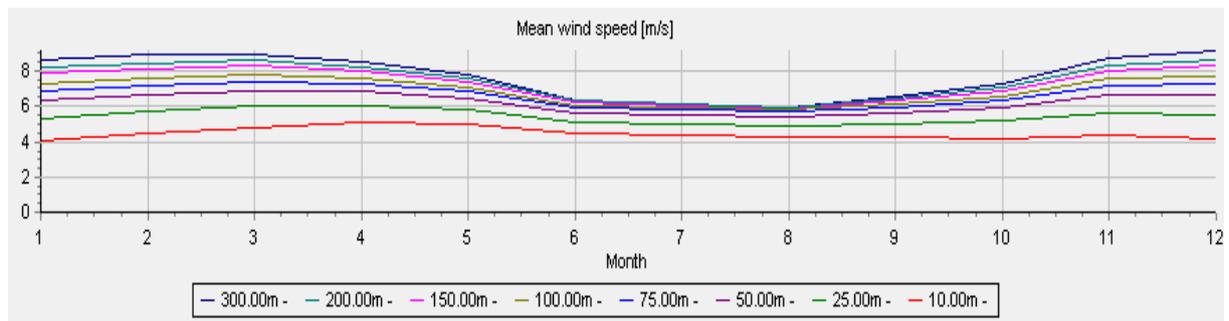


Figura 6: Grafico mensile cumulativo della velocità media del vento

5. PRODUCIBILITÀ DEL PARCO

5.1. Producibilità Lorda

La producibilità lorda del parco eolico, oggetto del presente studio, è stata valutata in rapporto al modello di aerogeneratore previsto da progetto, aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Altezza mozzo: fino a 119,00m;
- Diametro Rotore: fino a 162,00m
- Potenza: 5600Kw
- Classe IEC: S

Inoltre è stata utilizzata come curva di potenza rappresentativa dell'aerogeneratore, quella calcolata alla densità dell'aria di $1,102 \text{ kg/m}^3$, corrispondente all'altitudine media del sito (comprensiva dell'altezza al mozzo).

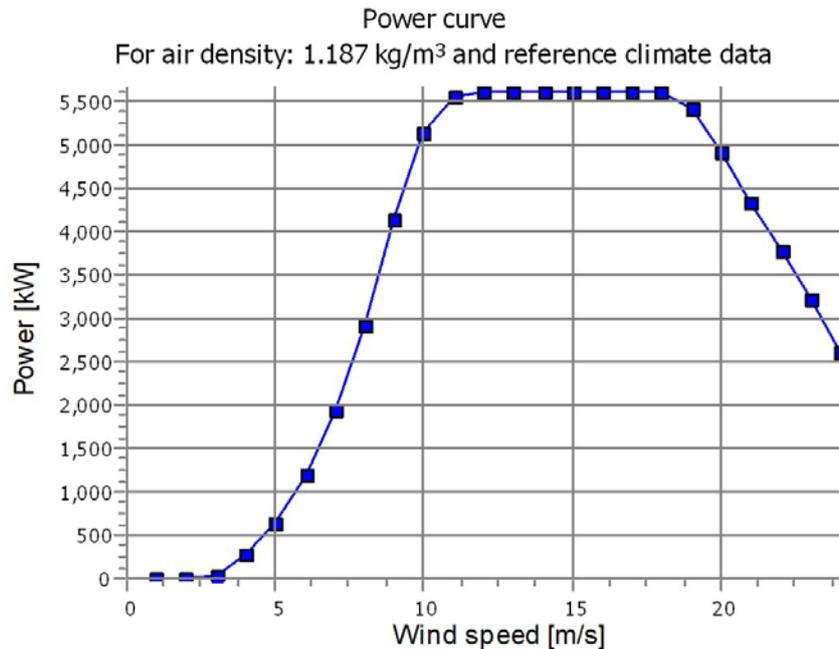


Figura 7: Grafico della Curva di Potenza dell'aerogeneratore alla densità dell'aria pari a $1,102 \text{ kg/m}^3$

Oltre alla curva di potenza si è considerata anche la cosiddetta curva di spinta (C_t), utile alla determinazione delle perdite che si vanno a realizzare per l'effetto scia.

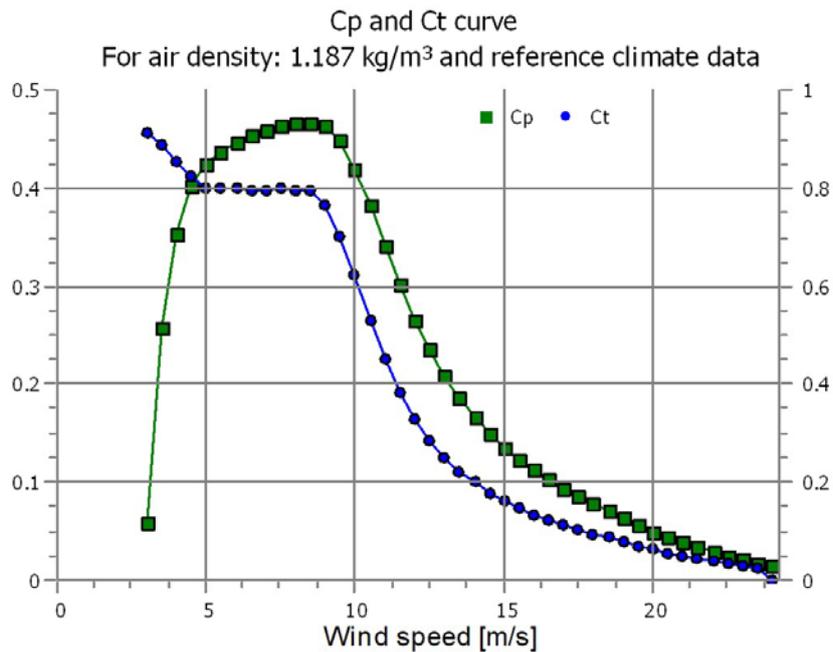


Figura 8: Grafico relativo alla Curva di Potenza ed alla Curva di Spinta dell'aerogeneratore alla densità dell'aria pari a 1,102 kg/m³

I risultati ottenuti con il modello di calcolo, macchina per macchina e per l'insieme dell'impianto, sono riportati nella tabella sottostante. I risultati di producibilità sono al netto delle perdite per scia indotta tra le macchine.

	UTM WGS 84 Lon. Est [m]	UTM WGS84 Lat. Nord [m]	Gross AEP [MWh/anno]	Ore [Anno]	Efficienza [%]	U [m/s]
WTG01	292.380	4.179.922	19473	3477	93.70	7.11
WTG02	292.096	4.180.783	21076	3764	92.50	7.54
WTG03	292.991	4.180.980	19310	3448	91.10	7.20
WTG04	294.703	4.180.924	20008	3573	93.90	7.23
WTG05	292.117	4.181.385	20059	3582	93.50	7.26
WTG06	293.212	4.181.570	20809	3716	93.70	7.42
WTG07	294.355	4.181.840	20231	3613	92.80	7.34
WTG08	296.286	4.181.714	21555	3849	96.10	7.47
WTG09	292.069	4.182.269	20496	3660	94.80	7.28
WTG10	292.586	4.182.726	21257	3796	96.00	7.40
WTG11	294.141	4.182.780	23000	4107	96.40	7.77
WTG12	295.188	4.182.681	21049	3759	96.50	7.34
WTG13	295.991	4.182.820	22699	4053	96.50	7.72

Tabella 2: Risultati ottenuti dal modello di calcolo tramite software WindPro

Le ore di funzionamento riportate in tabella 2, così come tutti quelli rappresentati nel presente documento, sono calcolati in funzione della potenza nominale pari a 5600kW.

5.2. Producibilità attesa al netto delle perdite

La producibilità lorda definita nel paragrafo precedente è ottenuta dal processo di calcolo che tiene conto unicamente delle perdite dovute all'effetto scia che si genera tra gli aerogeneratori, pertanto a tali producibilità lorde devono essere sottratte le perdite dovute all'impianto e cioè:

Perdite considerate	Incidenza %
Disponibilità aerogeneratori	- 3,00
Disponibilità B.O.P.	- 1,00
Disponibilità rete	- 0,20
Perdite elettriche	- 2,00
Prestazione aerogeneratori	- 2,00
Densità dell'aria	- 2,00
Altre perdite	- 0,50
TOTALE PERDITE	- 10,70

Tabella 3: Perdite ipotizzate

Le perdite ipotizzate in Tabella 3 dovranno essere verificati successivamente, una volta sottoscritti tutti i contratti di fornitura delle turbine, costruzione del parco e relativo esercizio.

Pertanto possiamo riassumere i valori di producibilità lorda e netta nella seguente tabella:

Gross AEP [MWh/anno]	Gross AEP [ore/anno]	Perdite totali %	NET AEP [MWh/anno]	NET AEP [ore/anno]
286.955	3.942	- 10,70	256.251	3.520

Tabella 4: Confronto Producibilità lorda (Gross) e netta (NET)

Per i singoli aerogeneratori risultano invece le seguenti producibilità nette:

	UTM WGS 84 Lon. Est [m]	UTM WGS84 Lat. Nord [m]	Net AEP [MWh/anno]	Ore [Anno]
WTG01	292.380	4.179.922	17389	3105
WTG02	292.096	4.180.783	18821	3361
WTG03	292.991	4.180.980	17244	3079
WTG04	294.703	4.180.924	17867	3191

WTG05	292.117	4.181.385	17913	3199
WTG06	293.212	4.181.570	18582	3318
WTG07	294.355	4.181.840	18066	3226
WTG08	296.286	4.181.714	19249	3437
WTG09	292.069	4.182.269	18303	3268
WTG10	292.586	4.182.726	18983	3390
WTG11	294.141	4.182.780	20539	3668
WTG12	295.188	4.182.681	18797	3357
WTG13	295.991	4.182.820	20270	3620

Tabella 5: Producibilità netta per singoli aerogeneratori

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del processo di progettazione di un impianto eolico e più in generale nelle fasi dello sviluppo del sito è necessario conoscere con una buona affidabilità la consistenza della risorsa eolica disponibile e quindi della sua produzione attesa. Ciò è garantito da idonee rilevazioni in sito delle grandezze di velocità e di direzione del vento per un periodo di diversi anni. È possibile giungere ad una valutazione utile della risorsa eolica grazie a calcoli e confronti con dati di stazioni anemometriche considerate storiche perché con un periodo di rilevazione di 10 anni e oltre.

L'analisi e l'elaborazione dei dati della stazione non ha evidenziato particolari carenze o lacune.

I risultati delle attività, dalla validazione alla elaborazione del dato, sono ampiamente descritti nel presente studio ed indicano che il sito è interessato da un buon regime di venti, tipico della zona di appartenenza, soprattutto in relazione all'energia specifica della vena fluida.

Anche l'attività di valutazione della ventosità di lungo periodo è stata svolta con profitto avendo riscontrato un buon coefficiente di correlazione e buona sintonia degli andamenti delle velocità medie mensili contemporanee con il riferimento di lungo periodo considerato. Positiva è risultata anche la verifica della condizione richiesta di ventosità superiore a 4 m/s a 25 m dal suolo.

Si può quindi affermare che i risultati delle misurazioni della ventosità, pur considerando le tipiche incertezze di misura proprie delle apparecchiature utilizzate, che sono state opportunamente e cautelativamente stimate, indicano che l'entità della risorsa disponibile rientra tra quelle di interesse per la realizzazione di un impianto eolico.