

REGIONE SICILIA
Provincia di Trapani
COMUNI DI MAZARA DEL VALLO E MARSALA



PROGETTO

PARCO EOLICO CHELBI

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:

VGE 03

Piazza Manifattura, 1 – 38068 Rovereto (TN)

Tel. +39 0464 625100 - Fax +39 0464 625101 - PEC vge03@legalmail.it

REDATTORE:



TecnoGaia S.r.l. Sede Legale: Via Matteotti, 311 25063 - Gardone Val Trompia - (BS) C.F. / P.I. 13029730150

Iscrizione al registro imprese di Brescia – n. BS 496849

TecnoGaia S.r.l.
S. L.: Via G. Matteotti, 311
25063 (GARDONE VAL TROMPIA) (BS)
Tel. 030.2056980 - Fax 030.831100
Partita IVA: 13029730150

OGGETTO DELL'ELABORATO:

STIMA DI PRODUCIBILITA'

N° Elaborato	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO
CH-AP30	Aprile 2021	/	1 di 24	A4	

NOME FILE: CH-AP30 – STIMA DI PRODUCIBILITA'_REV00

Questo elaborato è di proprietà di VGE 03 ed è protetto a termini di legge

STIMA DI PRODUCIBILITA'

VGE 03 - Parco Eolico Chelbi – Progetto di un impianto eolico costituito da 7 aerogeneratori da 6,00 MW ciascuno, con potenza totale d'impianto di 42,00 MW, ubicato nel Comune di Mazara del Vallo (TP) e Marsala (TP).

N° Elaborato
CH-AP30

Impianto eolico "Chelbi" nel Comune di Mazara del Vallo (TP)

Studio anemologico e preliminare Valutazione della Produzione Eolica attesa

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
VGE 03	N°	MESE	ANNO	LUOGO	C. Gaioni
	00	FEBBRAIO	2021	GARDONE VAL TROMPIA	<i>C. Gaioni</i>
					APPROVAZIONE
					C. Mazzarella
					<i>C. Mazzarella</i>
ORDINE RIF.	Accettazione ns. Offerta nr. TG_040_BS_2021 del 15/02/2021				

Sedi operative:
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 Gardone Val Trompia (BS)
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

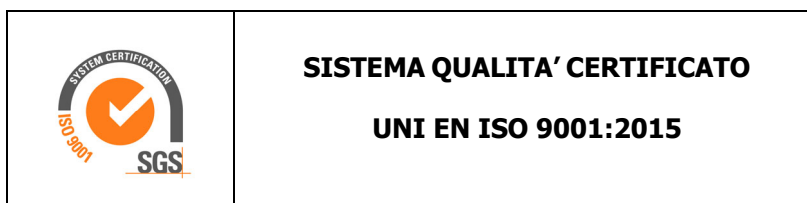
E-mail: info@tecnogaia.it
E-mail PEC: info@pec.tecnogaia.com

Sede Legale:
Via Matteotti, 311 – 25063 Gardone Val Trompia (BS)

Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato
Iscrizione nel Registro Imprese Brescia N° REA 496849

**IL PRESENTE DOCUMENTO È DESTINATO AD USO ESCLUSIVO
DEL COMMITTENTE.**

**L'USO IMPROPRIO DA PARTE DI TERZI DI INFORMAZIONI,
DATI, ELABORATI, IMMAGINI IVI CONTENUTI È SANZIONABILE
NEI TERMINI DI LEGGE.**



SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	DATI DI VENTO	5
3	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	5
4	AEROGENERATORE	8
5	ELABORAZIONE DATI DI VENTO	9
6	VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ DI LUNGO PERIODO (STORICIZZAZIONE)	11
7	MODELLO DI CALCOLO	14
8	AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO	14
9	VERIFICHE SUL MODELLO DI CALCOLO	15
9.1	ANEMOMETRO VIRTUALE	16
10	PRODUCIBILITÀ LORDA DELL'IMPIANTO	18
11	PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE D'IMPIANTO	19
12	CONCLUSIONI	21

✓ **Allegato 1: Tavola**

1 PREMESSA

La possibilità di utilizzare la fonte eolica per la produzione di energia elettrica è subordinata alla disponibilità di siti con caratteristiche idonee alla realizzazione di impianti. Tali caratteristiche si riassumono nella disponibilità di spazio sufficiente ad ospitare un certo numero di aerogeneratori, nell'accessibilità al sito in relazione al trasporto degli stessi, nella presenza di una rete elettrica capace di assorbire la nuova immissione di energia, nell'assenza di valori ambientali tali da compromettere l'accettabilità pubblica dell'impianto e, soprattutto, in un sufficiente livello di ventosità.

Oggetto del presente studio, realizzato da TecnoGaia per conto di **VGE03**, società del gruppo **Volta Green Energy**, è la caratterizzazione anemologica di un sito e la conseguente valutazione di producibilità (o della produzione attesa) di un impianto eolico, denominato "Chelbi", in progetto nel territorio comunale di Mazara del Vallo, in provincia di Trapani, Regione Sicilia. Detta stima è stata svolta sulla base dei dati anemometrici di una stazione, installata nel vicino Comune di Marsala da TecnoGaia per conto del Committente, denominata Matarocco (cod. 1950), suffragata da confronti e correlazioni con i dati di una stazione storica ricadente nella più ampia area analizzata, a conferma che tale serie di dati è compatibile con quella della zona di appartenenza, appartenente allo stesso regime di venti e ben rappresentativa del sito in oggetto.

In sintesi, l'attività svolta può essere suddivisa nei seguenti processi unitari:

1. Analisi, validazione ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili
2. Valutazione della ventosità di lungo periodo
3. Predisposizione della mappa territoriale in ingresso al modello con curve di livello e rugosità
4. Simulazione del campo di vento mediante modello WAsP
5. Valutazioni della produzione annua di lungo periodo attesa dall'impianto lorda ed al netto delle perdite stimate ($P_{50\%}$)

Tutta l'attività è stata svolta con approccio e strumenti professionali, secondo quanto previsto dalla metodologia definita all'interno del sistema di certificazione ISO 9001:2015 con cui è accreditata la nostra società. L'applicazione del modello di calcolo WAsP è stata effettuata da personale esperto, coordinato da figure certificate dal Risoe National Laboratory di Danimarca, produttore del modello stesso.

2 DATI DI VENTO

Le due tabelle di seguito, riportando alcuni dati sulla stazione anemometrica da 50m denominata Matarocco, cod. 1950 e sull'elaborazione dei dati raccolti, riassumono il contenuto del monitoraggio anemometrico della stessa:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	Coordinate UTM ED50			Altitudine m s.l.m.
			Fuso	Longitudine	Latitudine	
Matarocco	1950	50	33	287,967 E	4,185,967 N	153

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N° mesi
		Data inizio	Data fine	
Matarocco	1950	30/05/2019	28/02/2021	21.1

3 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il sito in oggetto si sviluppa su un'area la cui diagonale misura circa 3.5 km e si trova nel Comune di Mazara del Vallo, nella zona Sud/Ovest della provincia di Trapani, nella parte occidentale della Regione Sicilia. L'impianto ricade in prossimità del confine comunale di Marsala dove, a poca distanza, si colloca la già citata stazione anemometrica di Matarocco, tutt'ora attiva.

L'area geografica che lo ospita, nel suo contesto più ampio, è caratterizzata da un'orografia semplice, solo moderatamente complessa. Nel particolare, il sito destinato ad ospitare l'impianto si colloca in un'ampia area pianeggiante, senza alcun rilievo e/o altro ostacolo influente posto in prossimità dello stesso che possa occludere il fluire del vento per alcuni chilometri. La ventosità predominante proviene da due settori: Nord-Nord/Ovest e Sud/Est.

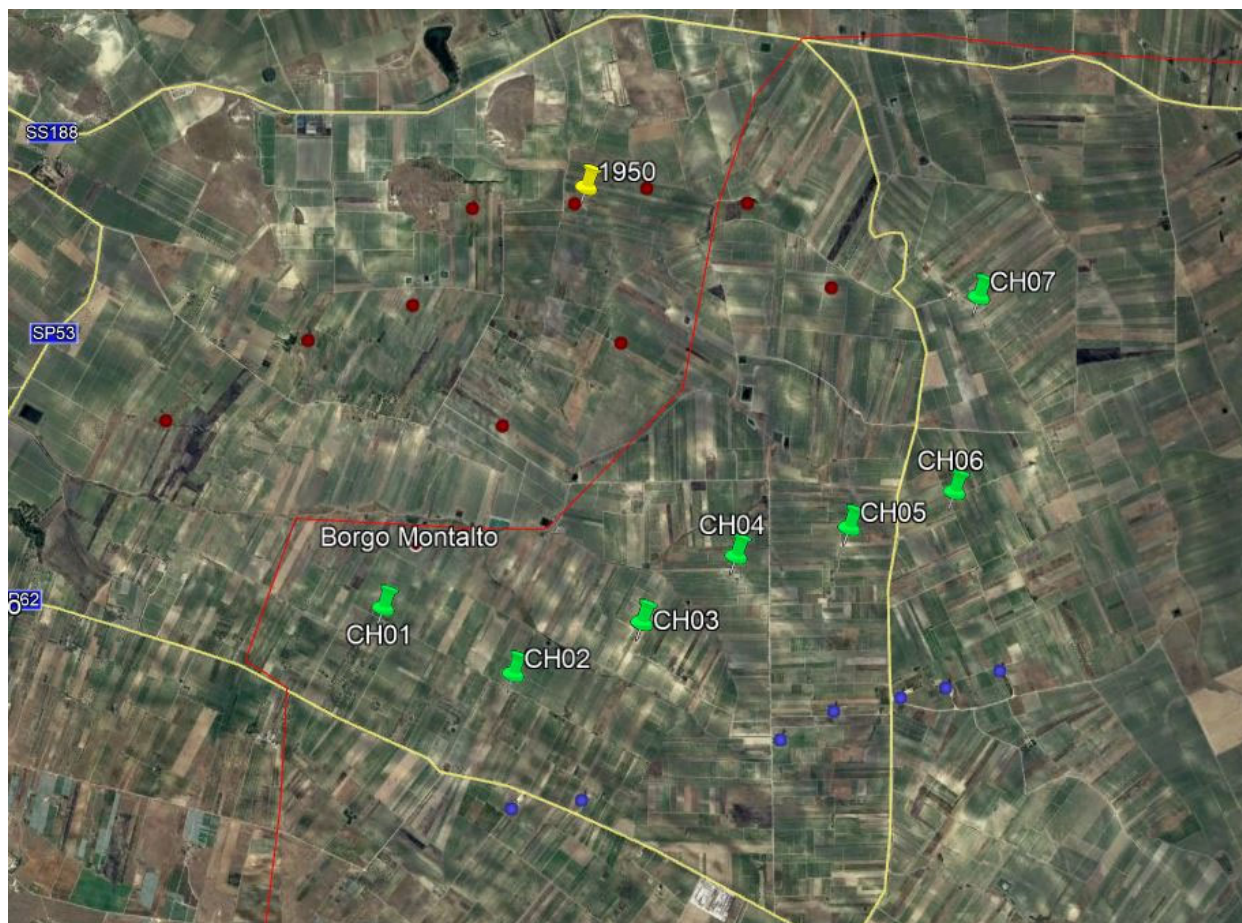
Per quanto riguarda le caratteristiche orografiche del territorio, le principali informazioni sono:

- Altitudine media: **150 m slm**
- Orografia del sito: **poco complessa**
- Orografia circostante il sito: **moderatamente complessa**
- Utilizzo del terreno: **coltivazioni**

Per il sito in oggetto sono state ipotizzate sette postazioni per aerogeneratori di grande taglia in punti aventi una buona esposizione; per esse non si riscontrano infatti ostacoli al flusso del vento.

Nell'intorno dell'area di installazione degli aerogeneratori, come raffigurato dall'immagine sottostante, si rileva la presenza di un impianto eolico in esercizio da alcuni anni (pallini in colore blu), a rimarcare la buona vocazione eolica dell'area più estesa circostante e già ritenuta idonea per tale sfruttamento. Per la medesima area, è in fase di progettazione avanzata un altro impianto eolico di

grande taglia (pallini in colore rosso). Nel capitolo dedicato alle valutazioni di producibilità verranno valutate eventuali perdite causate dalle interferenze provocate dagli stessi sull'impianto del Committente (cosiddetto "effetto scia"). Nella stessa immagine viene raffigurata anche la posizione della stazione di "Matarocco" (cod. 1950), i cui dati sono stati utilizzati per le valutazioni di producibilità dell'impianto di "Chelbi".



Nella tabella sottostante viene fornito il layout dell'impianto in studio, sulla base delle indicazioni di progetto ricevute dal Committente, con le coordinate riportate, rispettivamente, nei sistemi UTM WGS84 ed UTM ED50.

Turbina	Quota (m slm)	COORDINATE UTM WGS84		COORDINATE UTM ED50		FUSO
		Long. E	Lat. N	Long. E	Lat. N	
CH01	140	286,796	4,183,641	286,853	4,183,832	33
CH02	149	287,456	4,183,287	287,513	4,183,478	
CH03	147	288,127	4,183,533	288,184	4,183,724	
CH04	151	288,622	4,183,861	288,679	4,184,052	
CH05	156	289,209	4,183,996	289,266	4,184,189	
CH06	161	289,757	4,184,163	289,814	4,184,354	
CH07	164	289,911	4,185,162	289,968	4,185,353	

Nella **Tavola** dell'**Allegato 1** viene riportata l'ubicazione di detto sito su stralcio di cartografia stradale in scala 1:200.000 e, con maggior dettaglio, su stralcio di cartografia IGMI in scala 1:25.000.

I requisiti standard riguardo le inter-distanze tra le turbine suggeriscono di mantenere generalmente 5 diametri di rotore nelle direzioni prevalenti e 3 diametri di rotore perpendicolarmente alle direzioni prevalenti. Nella tabella sottostante sono riportate le inter-distanze tra gli aerogeneratori d'impianto in metri (in alto a destra) e in diametri di un rotore da 170 m (in basso a sinistra). Come si può notare dalla tabella, tutte le posizioni hanno una inter-distanza di almeno 3 diametri di rotore tra loro.

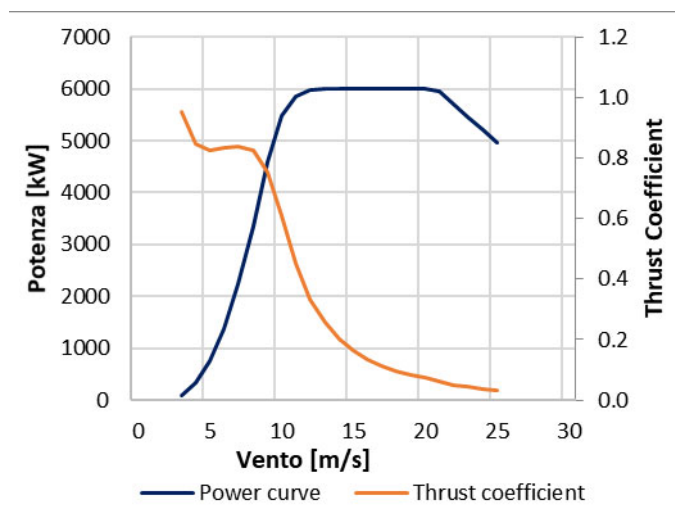
Inter-D	CH01	CH02	CH03	CH04	CH05	CH06	CH07
CH01		753	1339	1843	2442	3010	3470
CH02	4.4		715	1300	1890	2462	3089
CH03	7.9	4.2		594	1176	1748	2416
CH04	10.8	7.6	3.5		602	1174	1831
CH05	14.4	11.1	6.9	3.5		574	1364
CH06	17.7	14.5	10.3	6.9	3.4		1011
CH07	20.4	18.2	14.2	10.8	8.0	5.9	

4 AEROGENERATORE

Per la valutazione di producibilità è stato indicato l'aerogeneratore Siemens Gamesa SG 6.0-170, con potenza pari a 6 MW. La curva di potenza utilizzata è quella calcolata alla densità dell'aria di 1.225 kg/m³, corrispondente alla quota del mare (0 m s.l.m.). Di seguito, sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la rispettiva curva di spinta (Ct), utile per la determinazione delle perdite per effetto scia.

Costruttore	Modello	Mode	Potenza [MW]	Diametro Rotore [m]	H mozzo [m]	Classe IEC
Siemens Gamesa	SG 6.0-170	AM-2	6.0 MW	170	115	IIIA / IIIB

Turbina		SG 6.0-170		Diametro		170 m	
Altezza di mozzo		115.0 m		Classe IEC		IIIA / IIIB	
Vento (m/s)	Potenza (kW)	Thrust Coefficient					
0	-	-					
1	-	-					
2	-	-					
3	89	0.953					
4	328	0.847					
5	758	0.824					
6	1376	0.833					
7	2230	0.837					
8	3350	0.825					
9	4590	0.754					
10	5485	0.607					
11	5864	0.451					
12	5971	0.335					
13	5994	0.256					
14	5999	0.202					
15	6000	0.163					
16	6000	0.135					
17	6000	0.113					
18	6000	0.097					
19	6000	0.085					
20	6000	0.075					
21	5956	0.060					
22	5708	0.051					
23	5460	0.043					
24	5212	0.037					
25	4964	0.032					
26	-	-					
27	-	-					



5 ELABORAZIONE DATI DI VENTO

I risultati conseguiti dalla lettura, validazione ed elaborazione dei dati del sensore di velocità installato all'altezza di 50 m sulla stazione anemometrica 1950 sono sintetizzati nella tabella sottostante.

Stazione anemometrica	H torre	Periodo rilevazione	Disponibilità dati validati	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
codice	m	mesi	%	m/s	W/m ²	Vc (m/s)	K
1950	50	21.1	100.0	5.97	287	6.72	1.72

La serie di dati, come evidenziato nella tabella precedente, ha una disponibilità del 100% per un periodo di 21 mesi circa, in ottemperanza ai requisiti regionali. Nella pagina seguente detta disponibilità viene rappresentata per ciascun mese della campagna anemometrica.

	Sensore 50 m (sls)		Sensore 40 m (sls)		Sensore 20 m (sls)	
N° Dati	92,253		92,253		92,253	
N° Dati validi di VELOCITÀ	92,245	99.99%	92,245	99.99%	92,245	99.99%
N° Dati validi di DIREZIONE	92,245	99.99%	92,245	99.99%	92,245	99.99%
VELOCITÀ media del VENTO (m/s)	5.97		5.77		4.96	

LEGENDA: Disponibilità Mensile dati validi	70% < x < 100%	50% < x < 69%	0% < x < 49%
---	----------------	---------------	--------------

Sensore	2019											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 50 m	-	-	-	-	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	-	-	-	-	6.0	5.5	4.9	4.7	4.8	5.8	7.6	8.4
Direzione 50 m	-	-	-	-	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	-	-	-	-	5.8	5.3	4.8	4.5	4.7	5.5	7.3	8.0
Velocità 40 m	-	-	-	-	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	-	-	-	-	5.0	4.6	4.2	3.9	4.1	4.7	6.3	7.0
Direzione 40 m	-	-	-	-	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	-	-	-	-	5.0	4.6	4.2	3.9	4.1	4.7	6.3	7.0
Velocità 20 m	-	-	-	-	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	-	-	-	-	5.0	4.6	4.2	3.9	4.1	4.7	6.3	7.0
Direzione 20 m	-	-	-	-	5%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	-	-	-	-	5.0	4.6	4.2	3.9	4.1	4.7	6.3	7.0

Sensore	2020											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 50 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	5.8	6.1	5.6	5.6	6.7	6.0	4.8	5.4	4.8	5.9	5.1	6.6
Direzione 50 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Velocità 40 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	5.5	5.9	5.5	5.4	6.5	5.8	4.7	5.3	4.7	5.7	4.9	6.3
Direzione 40 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Velocità 20 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	4.6	5.1	4.8	4.8	5.6	4.9	3.9	4.6	3.9	4.8	4.1	5.4
Direzione 20 m	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Sensore	2021											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Velocità 50 m	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.0	7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direzione 50 m	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocità 40 m	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.7	7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direzione 40 m	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocità 20 m	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.6	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Direzione 20 m	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

I dati non possono essere considerati 'storici' e di conseguenza si è deciso di intraprendere un processo di determinazione del valore annuo medio di lungo periodo, come dettagliato nel capitolo successivo.

6 VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ DI LUNGO PERIODO (STORICIZZAZIONE)

Come detto, la stazione 1950 è stata sottoposta ad un processo di storicizzazione. La valutazione della velocità media del vento attesa nel lungo periodo è infatti un punto importante per la caratterizzazione della risorsa eolica con un accettabile grado di incertezza e diventa essenziale quando la disponibilità dei dati è limitata a periodi di tempo contenuti.

La stima della ventosità di lungo periodo (o storicizzazione) può esser effettuata utilizzando i dati di ventosità rilevati per diversi anni da una o più stazioni anemometriche storiche e mettendo in correlazione i dati rilevati contemporaneamente dalle stesse con quelli rilevati nel sito in cui si vuole valutare la velocità media di lungo periodo. Le stazioni da confrontare devono essere possibilmente nelle medesime condizioni orografiche di esposizioni ai venti ed a distanze tali che si possa ipotizzare siano soggette agli stessi regimi di vento; è comunque possibile, mediante confronti e correlazioni, verificare la validità di queste condizioni.

Nel caso specifico, si dispone della serie di dati contemporanei appartenenti ad un'altra stazione storica di proprietà di Tecnogaia, tutt'ora attiva.

Codice	Denominazione	Alt. (s.l.m.)	H	Periodo di misura	
		(m)	(m)	Inizio	Fine
STO1	Storica 1	75	15	Aprile 2002	*** attiva ***

In sintesi, la metodologia utilizzata nello studio ha comportato il seguente processo logico:

1. Confronto degli andamenti dei dati contemporanei di velocità media mensile della stazione di "Matarocco" e della stazione storica
2. Correlazioni tra i dati contemporanei di velocità media mensile della serie di dati 1950 con quelli della stazione STO1
3. Storicizzazione dei dati della serie 1950 con l'utilizzo dei parametri caratteristici della correlazione con STO1

Il confronto degli andamenti dei dati contemporanei tra le due stazioni ha dato esito positivo; l'entità del coefficiente di correlazione, abbinato alla consistenza del numero di valori correlati, esprime la bontà/validità del procedimento e consente di stabilire se accettabile o meno la correlazione svolta.

I parametri delle rette di regressione tra le medie mensili possono essere utilizzati come fattori di trasformazione della distribuzione del vento da un punto all'altro dell'area. Infatti, tali fattori spiegano, se pur in modo molto esemplificativo, i fenomeni di accelerazione o decelerazione della vena fluida del vento che scorre su un'area interessata dagli stessi venti.

Utilizzando i parametri della retta di regressione di cui non è condizione il passaggio per lo zero, si può affermare che:

$$\bar{V}_{(SITO, \text{ dati contemporanei})} = a \cdot \bar{V}_{(STORICA, \text{ dati contemporanei})} + b$$

E per analogia che:

$$\bar{V}_{(SITO, \text{ dati storici})} = a \cdot \bar{V}_{(STORICA, \text{ dati storici})} + b$$

Nel caso specifico, utilizzando i parametri a e b che appartengono alla retta di regressione delle correlazioni sopra descritte, che minimizza lo scarto quadratico dei residui, si ottiene:

Stazione "Storica 1" (Cod. ST01) a 15 m dal suolo - Variabile X									
Stazione Anemometrica Variabile Y	Tipo di correlazione	n° punti correlazione	Coeff. di correlazione R_o	Parametro A	Parametro B	Misura di LP di X	Stima di LP in Y	Velocità in sito Y	K_s
"Matarocco" a 50 m sls Cod. 1950	Mensile (> 70%)	21	0.901	1.909	-2.625	4.682	6.313	5.972	1.057

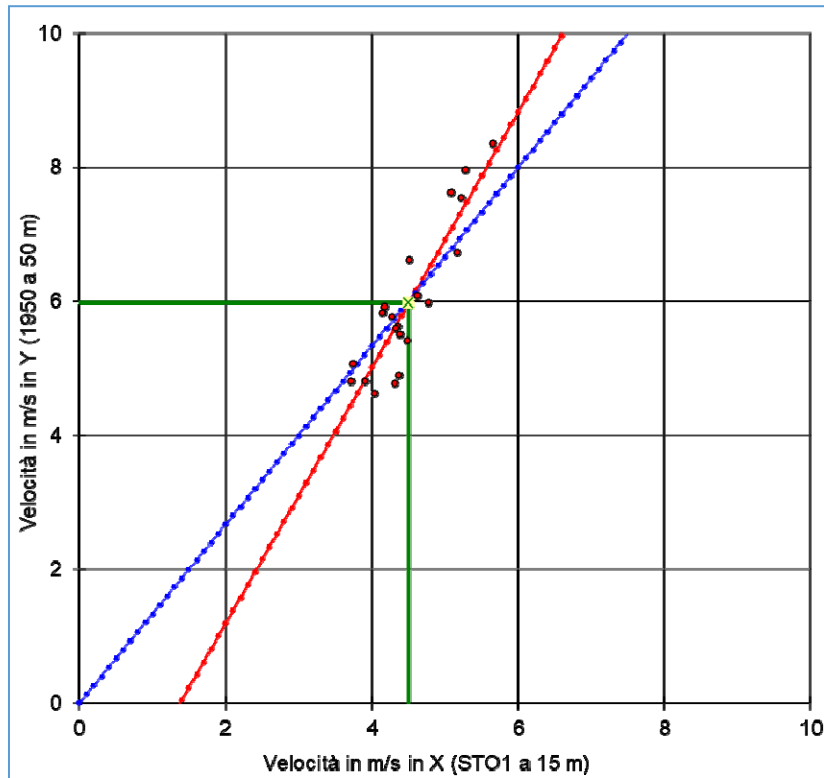
Dove:

- ro = Coefficiente di correlazione
- a, b = parametri della retta di regressione
- **Misura LP in X** = Velocità media del vento di lungo periodo della stazione storica
- **Stima LP in Y** = Stima della velocità media del vento di lungo periodo nella stazione di Matarocco
- **Velocità in sito Y** = Velocità media misurata nella stazione di Matarocco
- **k storicizzazione** = Coefficiente di storicizzazione (rapporto tra la stima di velocità di lungo periodo e quella misurata)

Come si può vedere, il coefficiente è buono e la correlazione indica che la ventosità misurata da Matarocco è stata inferiore rispetto a quella attesa sul lungo periodo, con uno scostamento percentuale di

quasi 6 punti percentuali. In virtù di quanto emerso, si ritiene legittimo apportare il correttivo indicato e dunque considerare il valore risultante valido per il lungo termine. Pertanto, la velocità media annua stabile nel tempo di **"Matarocco" a 50 m dal suolo**, da utilizzare nelle successive elaborazioni, è pari a **6.31 m/s**.

Nel grafico di cui sotto viene mostrata la citata correlazione:



7 MODELLO DI CALCOLO

Il campo di velocità del vento su un sito eolico, che consente di stabilire il potenziale energetico disponibile sulla sua superficie, può essere dedotto con diverse metodologie. Quella più evoluta e diffusa è realizzata per mezzo di un modello virtuale dell'ambiente dove, all'interno della modellazione statica del territorio, agiscono delle grandezze fisiche dinamiche (il vento) nel tempo osservate. Con l'ausilio di specifici modelli matematici di calcolo è possibile proiettare con buona approssimazione su intere aree geografiche la ventosità scaturita da rilevazioni effettuate anche in punti differenti.

Tutte le elaborazioni, le stime e le valutazioni in seguito descritte sono state effettuate con il codice (o modello) di calcolo WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

A partire dalla posizione spaziale di origine, i dati forniti al modello vengono utilizzati per costruire su tutta l'area di interesse il vento indisturbato in quota, detto anche vento geostrofico o Atlas, che si ritiene costante per diversi km dal suo punto di origine e che consente di rilevare in punti arbitrari dello spazio tutti i parametri utili alla stima della ventosità. Il campo di velocità del vento fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media a varie altezze dal suolo.

8 AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO

Per conferire sufficiente stabilità al calcolo è necessario disporre di un modello territoriale tridimensionale con superficie più vasta di quella propriamente destinata all'impianto.

In questo caso si è utilizzata una mappa di 289 km², precisamente un quadrato di 17x17 km, con curve di livello con passo di quota di 10 metri, derivate dal database Tinitaly (modello digitale senza soluzione di continuità [DEM] dell'intero territorio italiano), verificate nei dintorni della stazione e del sito. Per l'intera area si è utilizza la rugosità derivante dal database Corine Land 2018.

9 VERIFICHE SUL MODELLO DI CALCOLO

Dovendo agire all'interno di un modello virtuale e volendo disporre di risultati analizzabili criticamente, prima di intraprendere qualunque attività di calcolo occorre verificare che i dati offerti al modello abbiano prodotto un ambiente virtuale congruo con la realtà del sito, entro cui poi calare ogni simulazione.

Nello specifico sono state effettuate verifiche sull'approssimazione della distribuzione in ingresso al modello. La prima, ovvero quella relativa al confronto delle ventosità, ha evidenziato una leggera sottostima (1 punto percentuale); mentre la seconda, quella relativa al confronto tra le energie specifiche della vena fluida, ha fatto emergere uno scostamento di lievissima entità (inferiore a mezzo punto percentuale). Tale verifica si può ritenere soddisfacente.

Successivamente, è stata effettuata una verifica del gradiente al suolo, ovvero il parametro (alfa) che consente di estrapolare la velocità del vento alle varie altezze dal suolo. Oltre alla disponibilità di un valore di gradiente sperimentale, grazie alla presenza di altre misure, a diverse altezze, sulla stazione 1950, nei pressi della stessa è stata installata un'apparecchiatura sonica, specificatamente un Sodar, che ha registrato dati per oltre 5 mesi a diverse altezze dal suolo, inclusa quella del mozzo ipotizzato per l'impianto in progetto. Dopo diverse analisi e correlazioni, è stato deciso di ritenere valido il valore di gradiente (alfa) registrato dal Sodar tra le altezze coinvolte (50 e 115 m), solo per i venti superiori ai 4 m/s, pari a 0.11. La scelta di utilizzare tale valore va intesa anche come frutto di un approccio cautelativo: infatti, sia il gradiente misurato dalla stazione (0.17 per venti > 4 m/s), sia quello stimato dal modello di calcolo (0.22) sono di entità decisamente più elevata. Al termine di questo processo, si è deciso dunque di estrapolare la serie di dati misurata a 50 m dalla stazione anemometrica di Matarocco, preventivamente storicizzata, alla più elevata altezza di mozzo, ovvero 115 m.

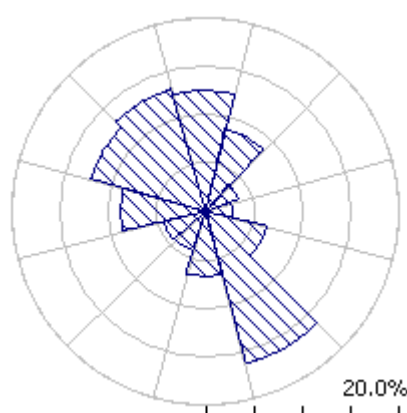
Il risultato finale di tale processo è qui riassunto:

Stazione anemometrica codice	H estrapolata m	Velocità media m/s	Energia W/m ²	Parametri distribuzione di Weibull	
				Vc (m/s)	K
1950_H115	115	6.94	450	7.80	1.71

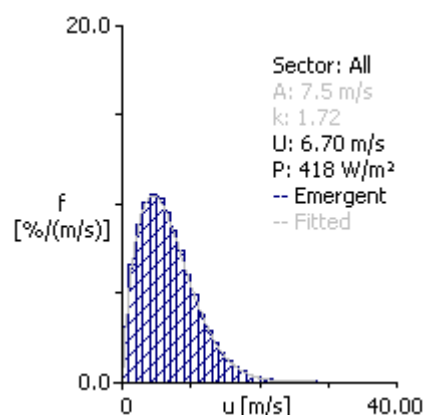
9.1 ANEMOMETRO VIRTUALE

Sulla base dei dati storicizzati di 1950, precedentemente estrapolati all'altezza di mozzo con il valore di gradiente misurato dal Sodar, sarà ricostruita una distribuzione del vento in sito di lungo periodo all'altezza dal suolo di 115 m in corrispondenza dell'aerogeneratore **CH04**, rappresentativo dell'intero impianto come altitudine, posizione (centrale) e con una ventosità vicina alla media delle sette turbine.

Le figure sottostanti riproducono, per l'anemometro virtuale creato in sito, la rosa dei venti e la distribuzione di Weibull utilizzati dal modello di calcolo WASP.



ANEMO VIRTUALE – Rosa dei venti



ANEMO VIRTUALE - Distribuzione velocità vento

Di seguito è riportata, per l'anemometro virtuale, la tabella anemologica che contiene in dettaglio tutti i parametri utili al modello di calcolo.

Nella prima parte della tabella sono riportati, per ciascuno dei 12 settori di direzione in cui è stato suddiviso l'angolo giro di 360°, i seguenti parametri:

- *A* *velocità caratteristica in m/s della distribuzione di Weibull*
- *k* *fattore di forma della distribuzione di Weibull*
- *U* *velocità media in m/s*
- *P* *potenza specifica della vena fluida in W/m²*
- *f* *frequenza percentuale del settore di provenienza del vento*

Nella seconda parte della tabella sono riportate le distribuzioni delle velocità del vento per settori di direzione, utilizzate dal modello. In particolare, le distribuzioni riportano, per ciascuna classe di velocità del vento di 1 m/s (*U*) e per ciascuno dei 12 settori di direzione, le frequenze espresse in

'per mille' delle velocità del vento comprese nella classe di velocità e nel settore di direzione. La colonna 'All' riporta la distribuzione delle velocità indipendenti dalle direzioni del vento.

'ANEMOMETRO VIRTUALE' Observed Wind Climate

Site description: CH04 - Height: 115 m a.g.l.

-	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
A	6.1	5.2	3.9	4.3	7.9	10.8	8.4	6.4	6.4	7.6	8.2	7.6
k	1.76	1.55	1.61	1.34	1.65	2.19	2.01	1.90	1.97	1.92	1.86	2.29
U	5.44	4.69	3.52	3.95	7.07	9.57	7.45	5.69	5.68	6.75	7.28	6.74
P	216	163	65	123	515	941	481	227	218	375	488	316
f	12.6	8.8	3.6	2.7	6.5	16.1	6.7	4.3	4.5	8.7	12.3	13.1

U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
1.0	41	75	107	132	32	5	14	29	25	20	20	10	31
2.0	90	129	184	169	66	19	41	75	71	54	50	36	66
3.0	118	144	191	159	85	34	64	107	105	80	73	66	88
4.0	129	139	165	136	94	49	83	125	126	98	89	93	101
5.0	127	124	127	109	97	62	96	129	132	108	97	113	105
6.0	116	103	89	84	95	72	102	122	126	109	100	123	103
7.0	99	82	58	63	89	80	101	107	111	104	97	122	96
8.0	80	63	36	46	81	84	96	89	91	94	90	112	85
9.0	62	46	20	33	71	84	87	69	71	81	80	95	73
10.0	46	33	11	23	61	82	75	51	51	67	69	76	61
11.0	32	23	6	16	51	77	63	36	35	53	58	56	49
12.0	22	15	3	10	42	69	50	24	23	40	47	39	38
13.0	15	10	1	7	33	61	39	15	14	30	37	25	29
14.0	9	6	1	5	26	52	29	9	8	21	28	15	22
15.0	6	4	0	3	20	43	21	6	5	15	21	9	16
16.0	3	2	0	2	16	34	15	3	2	10	15	5	12
17.0	2	1	0	1	12	27	10	2	1	6	11	2	8
18.0	1	1	0	1	9	20	6	1	1	4	7	1	6
19.0	1	0	0	0	6	15	4	0	0	2	5	0	4
20.0	0	0	0	0	4	11	2	0	0	1	3	0	3
21.0	0	0	0	0	3	7	1	0	0	1	2	0	2
22.0	0	0	0	0	2	5	1	0	0	0	1	0	1
23.0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	1
24.0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
25.0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
26.0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

10 PRODUCIBILITÀ LORDA DELL'IMPIANTO

La producibilità lorda dell'impianto è stata valutata in rapporto al modello di aerogeneratore indicato dal Committente e raffigurato al Capitolo 4.

I risultati ottenuti con il modello di calcolo sono riportati nella tabella sottostante.

Turbina	Coordinate UTM ED50 Fuso 33		Elev. [m]	HH [m]	Vmed [m/s]	Lorda [MWh]	Perdita Scia (*) [%]	Lorda (netto scia) [MWh]	Ore [anno]
	ID	X [m]							
CH01	286,853	4,183,832	140	115	6.68	20,256	4.96	19,252	3209
CH02	287,513	4,183,478	149	115	6.80	20,776	7.72	19,171	3195
CH03	288,184	4,183,724	147	115	6.65	20,050	7.38	18,571	3095
CH04	288,679	4,184,052	150	115	6.70	20,314	9.11	18,463	3077
CH05	289,266	4,184,189	156	115	6.74	20,457	10.10	18,390	3065
CH06	289,814	4,184,354	161	115	6.82	20,783	8.34	19,050	3175
CH07	289,968	4,185,353	164	115	6.96	21,424	4.56	20,447	3408
MEDIE			153		6.76	20,580	7.45	19,049	3175
TOTALI						144,060		133,344	

(*) Nel calcolo delle perdite per effetto scia sono state anche considerate nr. 7 turbine modello Repower-Senvion M104, aventi potenza nominale pari a 3.37 MW ed altezza mozzo di 97 m, facenti parte del vicino impianto eolico di Mazara del Vallo, in esercizio da quasi 10 anni. In aggiunta, è stato anche considerato un altro impianto, in fase di progettazione, costituito da nr. 10 turbine modello Nordex-Acciona Windpower AW132-3000, aventi potenza nominale pari a 3 MW ed altezza di mozzo di 84 m, sito nei comuni di Marsala e Mazara del Vallo. L'impatto di entrambi gli impianti, su quello del committente in studio, è abbastanza importante. Infatti, l'incremento nelle scie è di quasi 5 punti percentuali

11 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE D'IMPIANTO

La tabella sottostante riporta in sintesi la producibilità lorda.

Producibilità lorda						
Impianto	H Mozzo [m]	Potenza nominale [MW]	N° AG	Potenza impianto [MW]	Producibilità lorda [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
Siemens Gamesa SG 6.0-170	115	6.0	7	42.0	133,344	3175

A tale producibilità lorda devono essere sottratte le perdite d'impianto. Nella tabella seguente sono riportati i valori di perdita applicati: **si raccomanda la revisione degli stessi una volta sottoscritti tutti i contratti di fornitura delle turbine ed O&M, nonché una volta disponibile il progetto elettrico esecutivo dell'impianto.**

Perdite considerate	Mazara del Vallo
Densità aria (alla densità di 1.195 Kg/m ³)	-1.3%
Disponibilità aerogeneratori	-3.0%
Disponibilità aerogeneratori – non contrattuale	-0.5%
Disponibilità B.O.P.	-1.0%
Disponibilità rete	-0.2%
Perdite elettriche d'impianto	-1.5%
Perdite ambientali	-0.5%
Performance aerogeneratori	-1.5%
Totale perdite	-9.1%

Disponibilità Contrattuale degli Aerogeneratori: è stato assunto un valore standard del 97%

Disponibilità B.O.P.: questa perdita considera i fuori servizio del Balance of Plant, ovvero il valore di disponibilità garantita dal provider dei servizi O&M per il B.O.P. Il valore assunto dovrà essere rivisto alla chiusura delle negoziazioni del contratto O&M per il B.O.P.

Disponibilità Rete: tale perdita rappresenta gli eventuali fuori servizio della Rete Elettrica Nazionale a cui si collegherà l'impianto eolico. In tale analisi, è stato adottato un valore standard corrispondente a n. 3 eventi all'anno della durata media di 6 ore.

Perdite Elettriche: le perdite elettriche sono state assunte in assenza di informazioni sul progetto elettrico. Il valore dovrà eventualmente essere rivisto una volta disponibile il progetto esecutivo del Progetto.

Altre perdite: la voce tiene conto dei parametri ambientali (ghiaccio, shutdown per temperatura, ecc.). Non tiene invece conto di alcun wind sector management/sector-wise curtailment e/o limitazioni dovute all'impatto acustico e/o limitazioni di rete particolari, in quanto non sono disponibili o risultanti informazioni a riguardo.

Prestazione aerogeneratori: tale perdita tiene conto della degradazione pale, isteresi e prestazione non ottimale delle turbine.

Ne risulta, pertanto, la seguente producibilità netta:

Producibilità netta P _{50%}						
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° AG	H mozzo (m)	Potenza impianto [MW]	Producibilità [MWh/anno]	Ore [Ore/anno]
Siemens Gamesa SG 6.0-170	6.0	7	115	42.0	121,157	2885

12 CONCLUSIONI

Il presente rapporto contiene i risultati di valutazione della produzione attesa dall'impianto eolico in progetto nel territorio comunale di Mazara del Vallo (TP), nella Regione Sicilia.

La valutazione della producibilità è stata ottenuta mediante applicazione di un modello fluidodinamico del vento utilizzando in ingresso una serie di dati anemometrici appartenenti ad una stazione di rilevamento posta non distante e le cui misure ben caratterizzano un ampio territorio circostante.

La bontà e validità della serie di dati di Matarocco, le cui caratteristiche anemometriche soddisfano i requisiti temporali richiesti dalla normativa regionale, è stata anche confermata grazie a idonei confronti e a correlazioni con una stazione storica posta nella più ampia area analizzata (Storica 1).

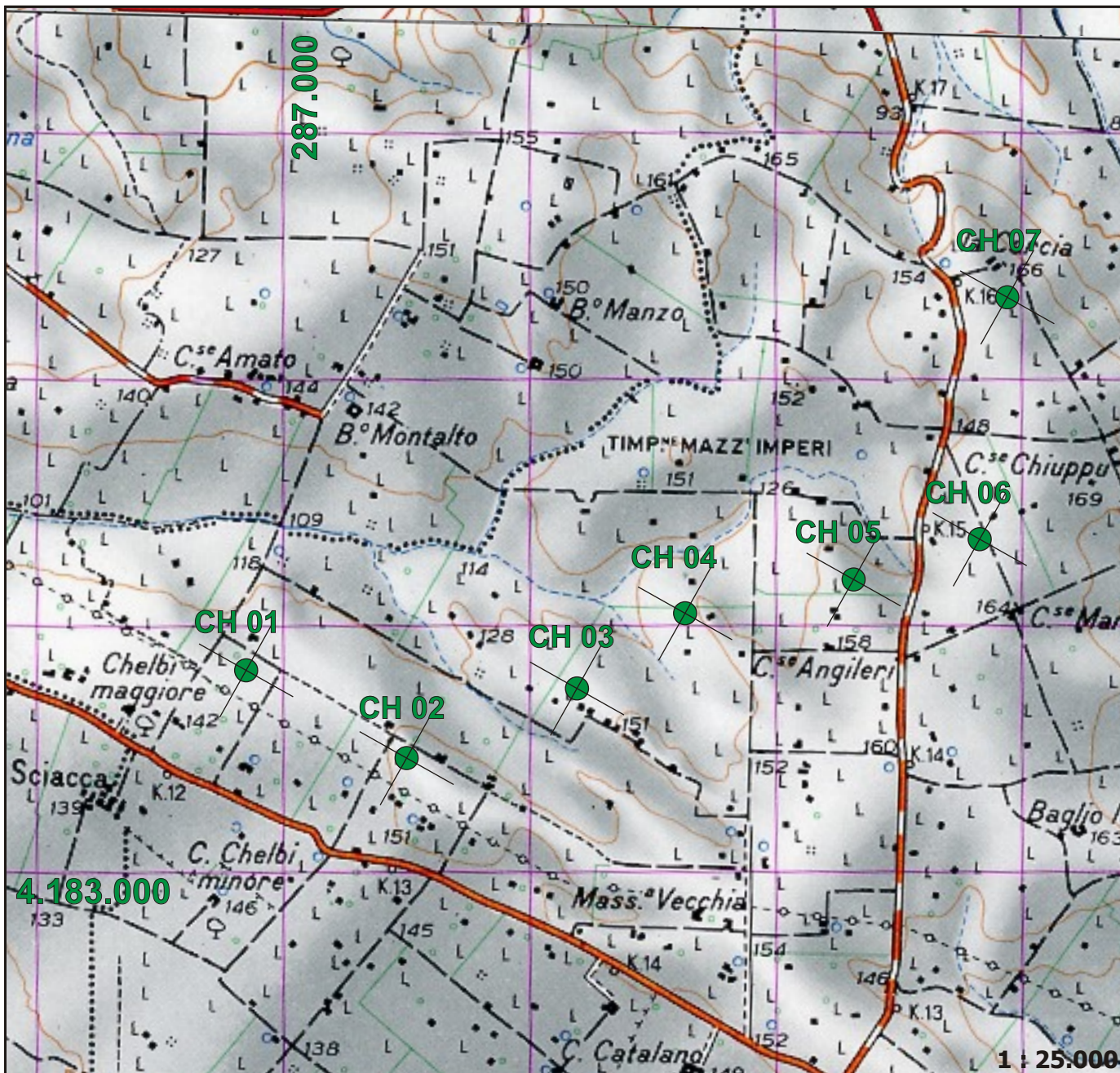
In generale, la messa a punto del modello di calcolo si rende necessaria per valutare, attraverso una serie di verifiche e di controlli successivi, la sua capacità ad interpretare i dati di ventosità ed in particolare gli effetti dell'orografia e della rugosità del terreno sulla corretta estrapolazione della velocità del vento al mozzo delle macchine. Le soddisfacenti verifiche sul modello hanno consentito di trovare le soluzioni per diminuire il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

I siti più interessanti dal punto di vista dell'installazione di un impianto eolico sono caratterizzati da livelli di ventosità tali da comportare valori di utilizzazione dello stesso per un numero minimo di ore annue di funzionamento, tale da garantirne la convenienza economica dell'iniziativa. Questo valore può variare a seconda della taglia dell'aerogeneratore adottato poiché varia il costo dell'aerogeneratore stesso e più in generale dei costi di investimento e di gestione dell'impianto. Nel caso specifico, grazie ad una buona ventosità ed all'utilizzo di una turbina di nuova generazione, l'impianto in progetto soddisfa ampiamente questi criteri.

In una fase successiva all'ottenimento del titolo abilitativo sarebbe auspicabile uno studio più approfondito che, tra le altre cose, valuti le incertezze dei processi e delle metodologie applicati.

ALLEGATO 1

Impianto eolico "CHELBI" nel Comune di di Mazara del Vallo (TP) - Regione Sicilia



LEGENDA

