



Rif – SEO-PR001-07 - RT - AC

Data: 20/07/07

Versione: 00

Modifiche: Versione Originale

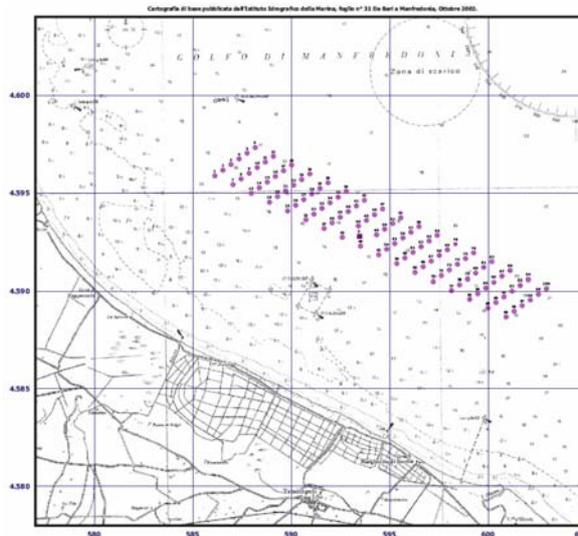
File: PR001-07 - PARCO EOLICO GOLFO DI MANFREDONIA _Allegato C.doc

Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:
Nell Franchi	Michele Cingotti	Davide Trevisani

Committente: TREVI Energy S.p.A
Via Larga, 201 – 47023 CESENA (FC)

Opera: "CENTRALE EOLICA OFF-SHORE GOLFO DI MANFREDONIA".
Capitaneria di Porto di Manfredonia (FG)

Oggetto: Relazione di producibilità.



Resp.Scientifico:



Sedi operative ed amministrative:
Via Roma 7, 20099 Sesto San Giovanni (MI)
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
Via Roma, 98/B – 23855 Pescate (LC)
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091

Sede Legale:
Viale Gian Galeazzo, 8
20136 Milano

Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
Cap. soc. € 41.600 interamente versato
N° REA 1619077
N° Iscrizione Registro Imprese di Milano MI – 2000 - 148146

Arch. Michele Cingotti

Revisioni			
Versione	Data	Totale Pagine	Modifiche
00	20/07/2007	41	Versione Originale

Indice della Relazione.

1 Premessa	pag. 3
2 Dati di vento	pag. 5
3 Aerogeneratore	pag. 6
4 Modello di Calcolo	pag. 7
5 Area di Applicazione del modello	pag. 8
6 Verifiche sul modello	pag. 9
6.1 Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull.....	pag. 9
6.2 Verifica del gradiente al suolo della velocità di vento.....	pag. 10
7 Micrositing	pag. 11
8 Risultati di WASP	pag. 13
8.1 Potenzialità del sito.....	pag. 13
8.2 Producibilità lorda dell'impianto.....	pag. 13
9 Producibilità dell'impianto al netto delle perdite	pag. 14
10 Incertezze	pag. 15
11 Producibilità con probabilità di essere superate in un anno	pag. 16
12 Conclusioni	pag. 17
13 Lista degli allegati	pag. 18
Appendice A	
Stima ventosità lungo periodo stazione d Femmina Morta	
Valutazione della Vref	pag. 19

Tabelle	pag. 25
Figure	pag. 32
Tavole	pag. 35

1 Premessa.

Oggetto del presente studio, realizzato da Tecnogaia S.r.l. per conto della Società TREVI Energy SpA è la valutazione di producibilità (o produzione attesa) di un impianto eolico offshore da realizzarsi in Puglia.

L'impianto sarà ubicato nel Golfo di Manfredonia, precisamente al largo tra Zapponeta e Margherita di Savoia.

Il layout d'impianto, che è stato fornito dalla stessa TREVI Energy SpA, è composto da n° 100 posizioni per aerogeneratori di grande taglia. Il layout è riportato in **Tabella 1** in forma di coordinate UTM e in **Tabella 2** come coordinate geografiche Roma 40, e viene riprodotto sulla carta batimetrica di base sulla **Tavola 1**, dove viene anche evidenziata la posizione della stazione elettrica in mare.

L'ubicazione del sito rispetto all'area geografica è riportata sulla **Tavola 2**, mentre le opportunità di allacciamento alla rete elettrica nazionale sono da individuarsi tra le soluzioni riportate sulla **Tavola 3**.

2 Dati di vento.

In mancanza di dati puntuali di vento registrati in sito questa valutazione di producibilità si basa su dati registrati da due stazioni anemometriche distanti dal sito ma rappresentative delle due principali formazioni morfologiche dell'area, ossia: il Tavoliere della Puglia e i rilievi del Gargano. Tali posizioni (visibili sulle **Tavole 2 e 4**) tendono a riassumere il regime dei venti sull'intera area geografica. L'utilizzo di dati di ventosità registrati all'esterno dal sito eolico determinerà nel calcolo un certo grado di incertezza, di cui, tuttavia, si terrà conto nel Capitolo 10 quando verranno analizzate tutte le condizioni di incertezza riscontrate nell'intero processo di calcolo.

Le stazioni anemometriche di riferimento sono le seguenti:

Codice	Denominazione	Comune	Coordinate UTM ED50		Alt.	H	Periodo di misura	
			X	Y	(m s.l.m.)	(m)	Inizio	Fine
U261	Foggia Amendola	Foggia	559.811	4.598.263	60	10	Gennaio '95	Dicembre '06
6287	Femmina Morta	Vieste	593.055	4.626.900	590	15	Febbraio '01	Agosto '03

I dati della stazione **U261** appartengono a una postazione dell'Aeronautica Militare e, dunque, pubblici e sono stati acquisiti per l'occasione.

I dati della stazione **6287** sono stati raccolti da CESI nell'ambito di un progetto di Ricerca di Sistema finanziato dallo Stato. I dati sono stati acquisiti da TREVI Energy SpA e forniti a Tecnogaia con la lettera di consegna riprodotta in **Figura 1**.

Dovendo utilizzare due distinte serie di dati all'interno di un medesimo modello di calcolo occorre che questi vengano armonizzati nei contenuti. I dati della stazione **U261** si possono considerare stabilizzati avendo a disposizione circa 12 anni di registrazione. Facendo dunque riferimento al periodo di contemporaneità di circa 31 mesi delle due serie di dati, con opportune correlazioni (Capitolo 1 dell'**Allegato A**), la stazione **6287** è stata storicizzata e portata alla stessa temporalità della prima. Pertanto, nel prosieguo del calcolo, la stazione verrà indicata col codice **6287_S**.

3 Aerogeneratore.

La scelta del modello di aerogeneratore per la realizzazione dell'impianto è in questa fase prematura, comunque la scelta sarà orientata su una macchina di grande taglia adatta alla soluzione offshore. Tale scelta sarà determinata anche dalla classe di vento del sito secondo le Norme EN CEI 61400-1 che si potrà determinare con sufficiente precisione solo con un monitoraggio prolungato in sito. Tuttavia, con i dati disponibili, in particolare con quelli della stazione **U621**, come da Capitolo 2 dell'**Allegato A**, si è valutata in via preliminare la classe di vento in corrispondenza dell'area di pertinenza della stazione che, considerata la linearità del territorio e le univoche direzioni di provenienza della ventosità, si può trasferire con buona approssimazione sul sito d'interesse.

Al momento quale aerogeneratore di progetto è stato scelto il Vestas V90 da 3.0 MW, essendo questo l'unico, della taglia considerata, attualmente disponibile sul mercato per l'applicazione offshore prevista. Tale aerogeneratore risulta ottimo per siti con venti superiori a quelli classificati nello studio presente. Perciò, qualora lo sviluppo tecnologico ed il mercato lo consentano, lo studio verrà integrato con ulteriori analisi, fermo restando l'altezza di mozzo stabilita.

Nello studio di visibilità dell'impianto (rel. SEO-PR001-07 - RT - AJ) tale possibilità è stata presa in considerazione inserendo nello stesso, come modello tridimensionale, un aerogeneratore con rotore maggiorato a 120 m rispetto al diametro del Vestas V90 3.0 MW che risulta di 90 m.

COSTRUTTORE	MODELLO	MW	DIAMETRO ROTORE	H MOZZO	CLASSE	RUMORE
VESTAS	V90	3	90	90	IEC I	109,4 dB

Nella **Figura 2** è riportata la curva di potenza dell'aerogeneratore utilizzata nel calcolo; mentre in **Allegato B** viene fornita la documentazione rilasciata dalla casa costruttrice dove sono evidenziati i principali parametri tecnici della macchina.

4 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.

5 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, trattandosi di contenere nell'area di applicazione del modello due stazioni e un sito distanti tra loro e di comprendere due diverse unità morfologiche, si è dovuta utilizzare un modello di superficie molto elevata. La mappa territoriale tridimensionale corrisponde dunque a 5600 km², precisamente un rettangolo di 70x80 km. La mappa è stata derivata della cartografia di base IGM in scala 1:25.000 dalla quale sono state digitalizzate le curve di livello con passo di quota di 25 metri. Per la medesima area si è provveduto a digitalizzare la rugosità del terreno assumendo come classe di rugosità 0,00 le superfici d'acqua, come classe 0,03 i prati senza ostacoli, 0,1 la macchia boschiva, 0,4 i boschi fitti e i centri abitati (classificazione suggerita dai manuali del modello di calcolo WAsP adottato).

All'interno dell'area di applicazione del modello, in funzione della superficie propriamente destinata all'impianto, è stata selezionata una sub area di 36x37 km, detta area di studio, entro la quale sono state effettuate tutte le valutazioni.

L'area di applicazione del modello e l'area di studio sono rappresentate nella **Tavola 4**.

6 Verifiche sul modello.

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.

Se in questa fase di messa a punto del modello non si riscontreranno incongruenze tali da inficiare l'intero calcolo o da costringere a riconsiderare alcuni processi precedenti, di tutte le approssimazioni che verranno accettate si terrà conto comunque nella determinazione delle incertezze, di cui al Capitolo 10.

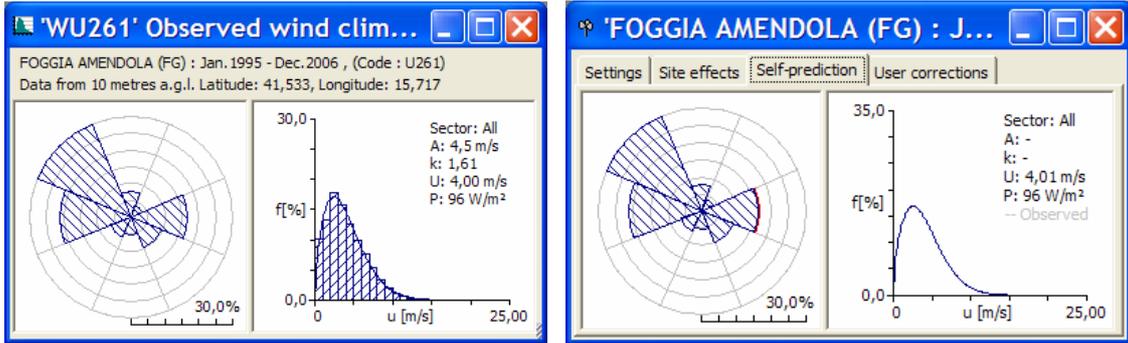
6.1 Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull.

Il codice di calcolo WAsP utilizza la distribuzione di Weibull per rappresentare i dati di vento e definisce il campo di vento indisturbato sull'area (Atlas) con i parametri derivati da tale distribuzione. Le distribuzioni di Weibull dedotte dal modello dai dati di input sono riportate nelle **Tabelle 3 e 4**, rispettivamente per le stazioni **U261** e **6287_S**.

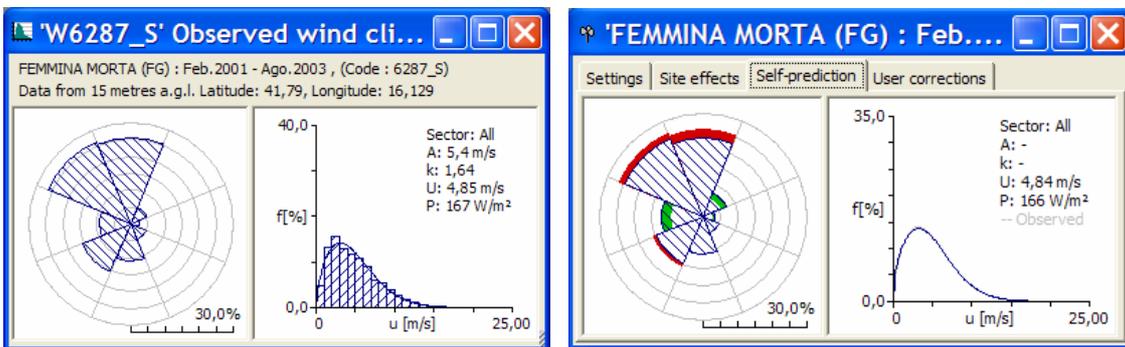
In particolare, nella prima parte della tabella sono messi a confronto i valori misurati della velocità media del vento e della potenza della vena fluida con quelli derivati dalla curva di Weibull e sono indicate le relative discrepanze (**2,30%** per la velocità del vento e **1,95%** per la potenza della vena fluida per la stazione **U261** e **0,62** e **1,50** per la stazione **6287_S**). Quando le discrepanze risultano elevate, denotano la mancata stabilizzazione secondo una lineare distribuzione di Weibull dei dati di vento registrati sul campo e i risultati prodotti da WAsP saranno affetti da approssimazione. In questo caso le discrepanze vengono considerate accettabili.

La verifica consiste nel quantificare l'entità della differenza dovuta ai parametri in input (distribuzione di Weibull) e quelli stimati dal modello nello stesso punto spaziale dell'anemometro sulla base dei parametri che definiscono l'Atlas (self prediction).

Dai risultati (vedi figure) si deduce la buona capacità del modello di riprodurre la distribuzione del vento nei punti spaziali degli anemometri. Le differenze riscontrate in termini di velocità del vento e di potenza della vena fluida sono minime e fisiologiche.



Parametri della stazione **U261** in input al modello e parametri stimati da WAsP nel punto dell'anemometro



Parametri della stazione **6287_S** in input al modello e parametri stimati da WAsP nel punto dell'anemometro

6.2 Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento.

Il gradiente al suolo della velocità del vento (alfa) è il parametro che consente di estrapolare la velocità del vento alle varie altezze dal suolo. La verifica consiste nel determinare l'entità delle approssimazioni che il modello introduce nella stima di tale parametro rispetto a quello sperimentale registrato sulla verticale della stazione.

Non disponendo in questo caso di misure realizzate sulle due stazioni a differenti altezze, la verifica risulta improponibile. Come per le altre, tale causa di incertezza sul calcolo verrà puntualmente considerata nell'apposito capitolo.

7 Micrositing.

Quando la producibilità di un impianto eolico deve essere valutata sulla base di dati registrati da più stazioni anemometriche, per pervenire ad una stima attendibile esistono diverse opzioni, tra le quali:

- l'utilizzo della stazione anemometrica più rappresentativa del sito e di più lunga durata;
- la suddivisione del layout in zone di influenza delle stazioni;
- l'utilizzo di tutte le stazioni anemometriche disponibili per la definizione di una stima media, pesata in funzione inversa agli scarti tra le velocità misurate e quelle stimate da WAsP nell'interpretare il modello territoriale ed alla distanza che separa la stazione dall'aerogeneratore.

Nella tabelle sottostanti sono riportate le velocità medie del vento misurate e quelle stimate da WAsP all'interno del modello virtuale nello stesso punto degli anemometri. In rilievo la stazione utilizzata volta per volta per calcolare del campo di vento "Atlas".

Codice stazione	Altezza anemometro dal suolo	Velocità media misurata	Velocità media stimata da WAsP	
	(m)		Vm (m/s)	Vw (m/s)
U261	10	3,91	4,01	2,6
6287_S	15	4,82	4,71	-2,3

Codice stazione	Altezza anemometro dal suolo	Velocità media misurata	Velocità media stimata da WAsP	
	(m)		Vm (m/s)	Vw (m/s)
U261	10	3,91	4,26	9,0
6287_S	15	4,82	4,84	0,4

Come si può vedere le stazioni anemometriche tendono a vedersi reciprocamente con errori in alcuni casi consistenti dovuti presumibilmente alla diversa orografia delle due posizioni di installazione. Tali errori verranno linearmente introdotti anche nella valutazione di producibilità delle macchine.

Perciò, tra le possibilità indicate in precedenza, per il calcolo della producibilità dell'impianto si decide in questo caso di optare per la terza soluzione, quella cioè della media pesata, in quanto produce risultati più omogenei e lineari nello spazio.

Il metodo consiste nel valutare la prestazione di ogni singola macchina sulla base della media pesata sulla distanza e sullo scarto quadratico medio delle differenze tra le stime e le

misure. Più precisamente, il valore di producibilità attribuito dal modello al singolo aerogeneratore partendo dal campo di vento di ciascuna stazione è inversamente proporzionale alla distanza tra la stazione e l'aerogeneratore e, contestualmente, allo scarto tra la stima della velocità del vento vista dal modello sulla stazione ed il valore realmente misurato.

8 Risultati di WASP.

I risultati ottenuti con l'applicazione del modello di calcolo WASP sono soggetti ad elaborazioni grafiche e numeriche per renderli più espliciti al Committente e per consentire le correzioni di tutte le approssimazioni introdotte dal modello di calcolo.

8.1 Potenzialità del sito.

Sulla **Tavola 5** è riportata la ventosità stimata all'altezza del mozzo delle macchine rappresentata secondo curve isovento sulla cartografia IGMI serie 50; le curve derivano da una griglia orizzontale di valori calcolati dal modello con passo di 100 m. Sulla **Tavola 6** la ventosità stimata all'altezza del mozzo viene rappresentata sulla carta batimetria e rapportata al layout d'impianto fornito.

8.2 Producibilità lorda dell'impianto.

L'elaborazioni numerica di seguito descritta si riferisce invece alla resa energetica stimata da WASP per il layout d'impianto fornito. L'elaborazione tiene conto delle interferenze reciproche tra le macchine (effetto scia).

Nella **Tabella 5** è riportata la stima di resa dell'impianto fornito in rapporto all'aerogeneratore preso in considerazione. La stima è derivata dall'applicazione del metodo della media pesata alle stime ottenute con i dati delle due stazioni anemometriche disponibili. Pur utilizzando un aerogeneratore di classe penalizzante rispetto a quella stimata per il sito, si può constatare una buona resa dell'impianto ed il contenimento delle perdite per effetto scia entro limiti di accettabilità.

Di seguito vengono analizzate le perdite e le incertezze relative alla stima di producibilità dell'impianto di progetto.

9 Produttività dell'impianto al netto delle perdite.

La produttività lorda in GWh/anno stimata del layout d'impianto fornito, riscontrabile nella **Tabella 5**, tiene conto delle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori, già considerate nella curva di potenza.

La tabella sottostante riporta in sintesi la produttività lorda stimata del layout d'impianto fornito.

Produttività lorda del layout d'impianto fornito					
Impianto	Potenza nominale [kW]	N° aerogeneratori	Potenza impianto [MW]	Produttività [GWh/anno]	Ore
V90 3 MW	3.000	100	300,00	745,846	2.486

A tale produttività lorda devono essere sottratte le seguenti perdite:

Perdite considerate	V90 3 MW
	%
Densità dell'aria	0,00
Indisponibilità e manutenzione	5,00
Perdite elettriche	5,00
Totale perdite	9,75

Le perdite vengono valutate in media sulla base della pratica e della letteratura del settore. Nel caso specifico, trattandosi di un impianto offshore, si è tenuto conto di perdite più gravose.

Ne risulta, pertanto, la seguente produttività netta:

Produttività netta del layout d'impianto fornito					
Impianto	Potenza nominale [kW]	N° aerogeneratori	Potenza impianto [MW]	Produttività [GWh/anno]	Ore
V90 3 MW	3.000	100	300,00	673,126	2.244

10 Incertezze.

Con il termine incertezza di un parametro si intende lo scarto quadratico medio della distribuzione statistica dell'errore di stima di quel parametro. La tabella sottostante riporta tutti i fattori di incertezza considerati, assegnando a ciascuno di essi lo scarto S della loro distribuzione. Tali fattori di incertezza comunemente utilizzati nel processo di valutazione della producibilità di un sito eolico, vengono adattati, incrementando o diminuendo il valore a seconda del grado di aggiustamento e di verifica dei risultati riscontrati nelle diverse fasi del processo, sia in fase di trattamento dei dati che di elaborazione dei risultati. Nel caso specifico, avendo utilizzato dati di lunga durata ma registrati ad una sola altezza e distanti dal sito, i principali fattori di incertezza si verificano sull'impossibilità di verificare sperimentalmente il gradiente al suolo valutato da WASP e sulla complessità orografica (intesa come distanza tra il punto di misura e l'impianto).

Fattori di incertezza	V90 3 MW		
	Scarto S	Z	
	(%)		(%)
Misura del vento	3,00	1,89	5,68
Durata misure	2,00	1,89	3,78
Distribuzione curva di Weibull	2,00	1,89	3,78
Gradiente al suolo	6,00	1,89	11,35
Complessità orografica			6,00
Curva di potenza			4,00
Verifiche modello			6,00
Incertezza totale			16,66

Il fattore di conversione Z , converte l'incertezza sulle stime della velocità in incertezza di producibilità (scarto quadratico medio della distribuzione statistica dell'errore di stima della producibilità). In particolare il fattore di conversione Z dipende dalla curva di potenza della macchina e dalle caratteristiche della distribuzione del vento e quindi deve essere determinato con specifici calcoli per il tipo di macchina considerata.

11 Produttività con probabilità di essere superate in un anno.

La stima di produttività riportata al Capitolo 9, già al netto delle perdite considerate, rappresenta la cosiddetta $P_{50\%}$, ossia la produttività calcolata con le condizioni medie di vento. In considerazione delle incertezze ottenute, semplici considerazioni di statistica consentono di determinare i valori di $P_{70\%}(1)$ e $P_{90\%}(1)$, vale a dire le produttività che presentano rispettivamente una probabilità del 70% e del 90% di essere superate nel corso di un anno di produzione:

GWh/anno	V90 3 MW
$P_{50\%}$	673,126
$P_{70\%}(1)$	614,302
$P_{90\%}(1)$	529,369

Che in termini di ore medie annue equivalenti di funzionamento alla potenza nominale della macchina risultano:

Ore	V90 3 MW
$P_{50\%}$	2.244
$P_{70\%}(1)$	2.048
$P_{90\%}(1)$	1.765

12 Conclusioni.

Il presente rapporto presenta i risultati della valutazione in via preliminare dell'impianto eolico ipotizzato nel sito offshore del Golfo di Manfredonia.

Con i risultati ottenuti $P_{50\%}(1)$, si è proceduto alla valutazione della producibilità, lorda e netta, con il modello di aerogeneratore prescelto. E' stato inoltre effettuata un'analisi dei fattori di incertezza che influiscono sulla produzione per effettuare i calcoli delle produzione attese $P_{75\%}(1)$ e $P_{90\%}(1)$.

Tutti i calcoli sono stati effettuati con l'ausilio di dati anemometrici d'area, non propriamente registrati in sito, adattando quanto più possibile (tenuto conto fra l'altro anche della particolare tipologia dell'impianto proposto che si colloca su una superficie liquida che immette nel processo fattori ancora poco indagati dalla letteratura scientifica del settore) i modelli di vento dei programmi di fluidodinamica ai dati disponibili, optando in qualche occasione per scelte conservative. L'elevata incertezza risultante nel calcolo deriva da questi fattori.

Tuttavia, anche se dobbiamo considerare tali risultati provvisori e insufficienti, per cui si evince la necessità di verificarli con l'ausilio di dati anemometrici registrati opportunamente in sito, anche con più stazioni anemometriche, occorre sottolineare che i risultati si basano su dati effettivamente misurati al suolo da stazioni anemometriche molto rappresentative dell'area geografica in esame.

Un accurato monitoraggio in sito è necessario anche per la scelta del tipo di aerogeneratore da adottare in via definitiva la quale richiede la definizione della Classe del sito per mezzo della valutazione della velocità massima di riferimento (V_{ref}) attesa nei 50 anni. Il calcolo preliminare della V_{ref} effettuato con i dati disponibili (in **Allegato A**) riveste solo un carattere indicativo.

13 Lista degli allegati e delle tavole.

Allegati:

Allegato A **Documentazione tecnica Illustrativa aerogeneratori Vestas V90 3.0 MW.**
Autore: Vestas Wind Systems AS
Versione: 00

Tavole:

Tavola 1 **Lay-Out d'impianto**
Tavola 2 **Ubicazione dell'area geografica**
Tavola 3 **Opportunità di allacciamento alla rete elettrica nazionale**
Tavola 4 **Area di applicazione del modello ed area di studio**
Tavola 5 **Ventosità stimata altezza mozzo (90m) – Curve isovento su cartografia IGM 50**
Tavola 6 **Ventosità stimata altezza mozzo (90m) – Curve isovento e Lay Out d'impianto su carta nautica**

Appendice A.

STIMA DELLA VENTOSITÀ DI LUNGO PERIODO PER LA STAZIONE DI FEMMINA MORTA (CODICE 6287) VALUTAZIONE DELLA VELOCITÀ DEL VENTO DI RIFERIMENTO (VREF).

A1 STIMA DELLA VENTOSITA' DI LUNGO PERIODO NEL SITO DI FEMMINA MORTA.

La valutazione della ventosità di lungo periodo per il sito di Femmina Morta è stata effettuata utilizzando i dati di ventosità rilevati per circa 12 anni dalla stazione meteorologica di Foggia Amendola. Tale valutazione è stata possibile mettendo in correlazione i dati rilevati in contemporaneità dalle stazioni storica con quelli rilevati nel sito di Femmina Morta, di cui si vuole valutare la velocità media di lungo periodo.

A1.1 Dati storici disponibili

I dati disponibili per la stazione meteorologica storica sono le velocità e le direzioni del vento medie nei 10 minuti rilevate, con cadenza oraria, ad una altezza dal suolo di 10 m. La consistenza dei dati disponibili è riportata nella tabella seguente:

Stazione anemometrica	Data inizio rilevazione	Data fine rilevazione	N° mesi di rilevazione	Disponib. Dati (%)	Velocità media (m/s)
Foggia Amendola	01/01/1995	31/12/2006	144	87.7	3.91

Le stazioni da confrontare devono essere possibilmente nelle medesime condizioni orografiche di esposizioni ai venti ed abbastanza vicine in modo che si possa ipotizzare siano soggette agli stessi regimi di vento; è comunque possibile, mediante confronti e correlazioni, verificare la validità di queste condizioni.

A1.2 Correlazioni dei dati contemporanei con la stazione storica.

Al fine di verificare la possibilità di utilizzare i dati rilevati dalla stazione storica per la stima della ventosità di lungo periodo, è stata calcolata la correlazione tra le velocità medie giornaliere rilevate a Femmina Morta (Vieste) a 15 m dal suolo con quelle rilevate nella stazione di Foggia Amendola a 10 m dal suolo. Nella **Figura A1** sono riportati graficamente i risultati di tali correlazioni.

Nella figura che riporta i grafici dei punti, oggetto della correlazione, sono indicate due rette ottenute dalla regressione lineare: la prima senza vincolo di passaggio per il punto di origine e la seconda con tale vincolo. Per la stima della ventosità di lungo periodo verrà utilizzata la retta definita dai due parametri a e b perché sono quelle che hanno uno scarto quadratico medio dei residui inferiore e nel caso specifico non è necessaria la condizione di passaggio dall'origine.

A1.3 Stima della ventosità di lungo periodo.

I parametri della retta di regressione ottenuta come sopra indicato possono essere utilizzati come fattori di trasformazione della distribuzione del vento da un punto all'altro dell'area. Tali fattori spiegano, se pur in modo molto esemplificativo, i fenomeni di accelerazione o decelerazione della vena fluida del vento che scorre su di un'area.

Pertanto tali rette, intese come funzioni di trasformazione della intensità del vento da un punto all'altro dell'area, possono essere considerate valide anche nel tempo e quindi utilizzate per valutare le stime di ventosità del sito nel lungo periodo.

Utilizzando i parametri della retta di regressione ottenuta dalle correlazioni effettuate, si può affermare che:

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

E per analogia che :

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

I risultati ottenuti dalle stime della velocità media di lungo periodo nel sito di Femmina Morta sono riportate nelle tre righe colorate poste sotto il grafico: la prima (rossa) utilizza i parametri a e b della retta di regressione senza vincolo di passaggio dall'origine degli assi, la seconda (blu) utilizza il parametro c della retta di regressione ottenuta vincolando il passaggio dall'origine, mentre la terza (verde) stima il valore storico nel sito utilizzando il semplice rapporto tra i valori medi ottenuti.

Utilizzando quindi i parametri calcolati delle rette di regressione ottenute dalle correlazioni con i valori medi giornalieri della stazione storica di Foggia Amendola, si ottengono i seguenti risultati:

Correlazioni con la stazione di Femmina Morta a 15 m - variabile Y						
Stazione Codice Variabile X	N° giorni di correlaz.	Coeff. di Correlazione ro	Para- metro a	Para- metro b	Misura LP in X	Stima LP in Y
16261	935	0.727	1.014	0.865	3.910	4.827

Dove:

- **ro** = Coefficiente di correlazione
- **a** , **b** = parametri della retta di regressione
- **Misura LP in X** = Velocità media di lungo periodo della stazione meteorologica storica
- **Stima LP in Y = Stima della velocità media di lungo periodo nella stazione di Femmina Morta a 15 m dal suolo**

I risultati ottenuti indicano che il periodo di rilevamento di circa 31 mesi (dal gennaio 2001 all'agosto 2003) ha registrato una ventosità media di 5.005 m/s, superiore rispetto a quella che ci si attende nel lungo periodo: la percentuale di decremento è quindi del 3.6%.

Per definire quindi l'anemologia del sito, in input al modello WAsP per le successive valutazioni delle produzioni attese da un eventuale impianto, verrà utilizzato il file (*.TAB file) dei dati relativi al periodo complessivo disponibile: 31 mesi della stazione di Femmina Morta, dati rilevati a 15 m dal suolo e diminuiti di un 3.6%.

A1.4 Distribuzione della ventosità in input al modello di calcolo.

Nelle **Tabelle AI** e **All** allegate, sono riportati i parametri anemologici delle due stazioni da fornire in input al modello di calcolo.

In particolare nella prima parte delle Tabelle sono riportati i parametri statistici delle distribuzioni della velocità del vento per settori di direzione:

- riga 1 : settore di direzione di provenienza del vento;
- riga 2 : valore medio della velocità del vento in m/s per ciascun settore di direzione;
- riga 3 : velocità caratteristica V_c della distribuzione di Weibull che ha lo stesso contenuto energetico della distribuzione sperimentale della velocità del vento nel settore;
- riga 4 : fattore di forma k di tale distribuzione di Weibull;
- riga 5 : frequenza percentuale di occorrenze nel settore.

La seconda parte della Tabella riporta, per ciascun settore di direzione, le distribuzioni di frequenza in per mille delle velocità del vento rilevate.

L'ultima colonna riporta la distribuzione di frequenza totale, indipendente dalla direzione del vento.

A2 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA CLASSE DEL SITO.

Come previsto dalle Norme EN CEI 61400-1, la classificazione di un sito e quindi la scelta della classe dell'aerogeneratore dipende dalle caratteristiche specifiche del vento del sito, ed in particolare dal valore della velocità di riferimento V_{ref} come riportato nella seguente tabella.

		CLASSE DELL'AEROGENERATORE		I	II	III	IV	S
PARA METRI	V_{ref}	(m/s)	50	42.5	37.5	30	Valori da specificare dal progettista	
	V_{ave}	(m/s)	10	8.5	7.5	6		

Quindi il dato caratterizzante che è necessario conoscere per il sito è la velocità massima annuale, media su 10 minuti, che presenta un periodo di ritorno di 50 anni. Per effettuare tale analisi è quindi necessario avere dati di velocità massima annuale per un periodo di più anni (almeno 10 anni).

La distribuzione dei valori estremi annuali segue, come è noto, la legge di Gumbel espressa dalla relazione seguente che assegna la probabilità di velocità del vento non superiori a v :

$$G(x) = \exp\left\{-\exp\left(-\frac{v-\mu}{\sigma}\right)\right\}$$

In presenza di un campione di N dati (N valori di velocità massima annuale), la determinazione dei parametri μ e σ è effettuata con un classico metodo grafico che confronta i quantili osservati con i quantili teorici. Il risultato del calcolo è la stima dei suddetti parametri μ e σ .

La velocità con periodo di ritorno 50 anni è quindi data dalla seguente relazione:

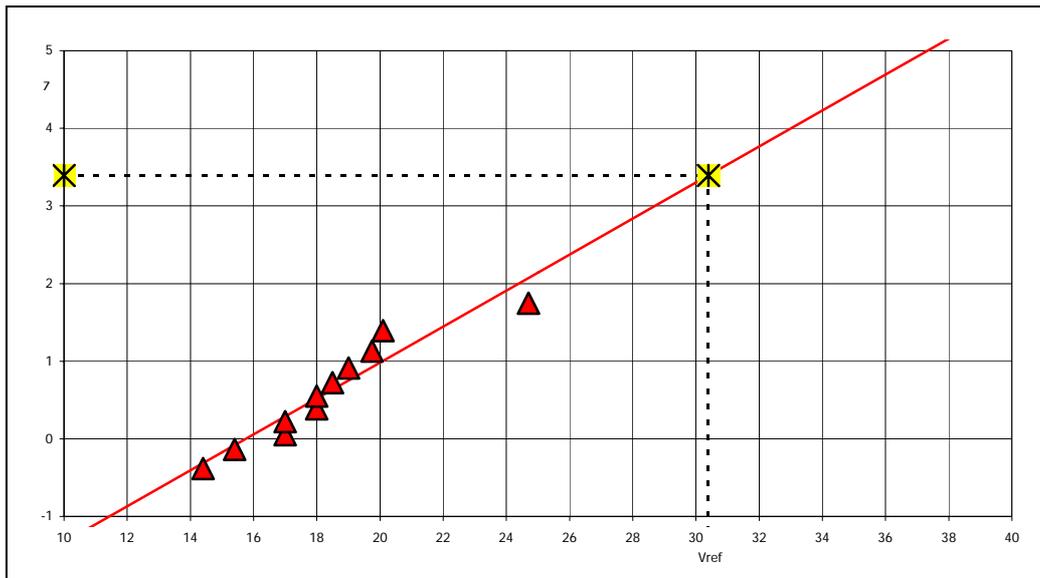
$$V(50) = \mu - \sigma \log\left\{-\log\left(1 - \frac{1}{50}\right)\right\}$$

Considerando la posizione dell'area ipotizzata per l'impianto eolico, che dista una ventina di km ad Est dalla stazione meteorologica di Foggia Amendola, di cui sono disponibili rilevazioni per un periodo di circa 12 anni, è accettabile una valutazione della classe del sito utilizzando tali dati.

La tabella seguente riporta i valori della velocità massima rilevata dalla stazione meteorologica di Foggia Amendola nel periodo gennaio 1995 – dicembre 2006; in particolare sono riportati: la percentuale di dati disponibili, la velocità media annuale, la velocità massima (calcolata come massima dei valori medi) ed i parametri Vc e k della distribuzione di Weibull calcolata anno per anno dove Vc rappresenta il valore della velocità del vento caratteristico e k il corrispondente fattore di forma.

Anno	Disponibilità dati	Velocità media annuale	Velocità massima annuale	Parametri della distribuzione di Weibull	
	(%)	(m/s)	(m/s)	Vc (m/s)	k
1995	97.0	3.93	24.7	4.96	1.62
1996	95.0	3.68	15.4	4.38	1.77
1997	92.9	3.63	20.1	4.30	1.57
1998	88.8	3.08	14.4	3.65	1.45
1999	96.5	4.32	19.8	5.24	1.78
2000	96.7	4.18	18.0	5.02	1.80
2001	97.5	4.29	19.0	5.20	1.77
2002	94.7	3.78	25.7	4.53	1.53
2003	96.9	4.31	18.0	5.22	1.79
2004	97.0	4.21	18.5	5.21	1.77
2005	95.8	3.87	17.0	4.64	1.69
2006	92.0	3.34	17.0	3.94	1.52

La seguente figura riporta i punti di probabilità in termini di Z (valori standardizzati) rispetto ai valori di velocità massima annuale, in esse è indicata la retta della regressione lineare che evidenzia in corrispondenza del valore di probabilità 1/50 anni = 98%, in termini di Z pari a 3.39, la velocità massima Vref attesa nei 50 anni nel sito.



Dati estrapolati dalla stazione meteorologica di Foggia Amendola

Il grafico indica un valore della V_{ref} , stimata in corrispondenza della stazione di Foggia Amendola a 10 m dal suolo, pari a 30.4 m/s: se a tale risultato, ottenuto in via strettamente preliminare, si ritenesse di associare una incertezza del 6% dovuta sia all'incertezza della misura che alla distanza del sito dalla stazione di riferimento ed alla metodologia di calcolo utilizzata, si otterrebbe una V_{ref} del sito, con una probabilità del 95% di non essere superata pari a 33.4 m/s.

Questi valori di V_{ref} sono stati calcolati sulla base di misure effettuate a 10 m dal suolo, è possibile riportare questi valori all'altezza del mozzo di un aerogeneratore di 90 m, che può essere determinata utilizzando il valore del gradiente della velocità al suolo rilevato in sito per classi di velocità superiori a 20 m/s.

Non essendo disponibile un valore di gradiente misurato, si può ipotizzare, anche sulla base di conoscenze nell'area della pianura del Foggiano, un valore di alfa stimato pari a 0.10. In questo caso si otterrebbe un valore medio della V_{ref} a 90 m da suolo pari a 37.8 m/s ed un valore con probabilità del 95% di non essere superato pari a 41.6 m/s.

Tale risultato assegna una classe compresa tra la II e la III all'aerogeneratore da utilizzare nel sito. Occorre comunque ribadire che, vista anche la metodologia preliminare utilizzata per il calcolo, risulta difficile a questo punto dello sviluppo del sito definirne la Classe con un grado di incertezza accettabile.

Si segnala inoltre che esistono strumenti di calcolo utilizzati per effettuare stime delle velocità massime annuali avendo disponibili dati rilevati in sito per periodi limitati (comunque di almeno 1 o 2 anni). Tale metodologia, che si basa su programmi di simulazione con il metodo di Montecarlo, riproduce con sufficiente attendibilità l'andamento reale delle massime velocità annuali.

Tabelle.

Tabella 1

**Layout d'impianto fornito composto da n° 100 posizioni per aerogeneratori di grande taglia
 Coordinate metriche UTM ED 50 - Fuso 33**

AG	X	Y
1	586.100	4.595.880
2	586.510	4.596.170
3	586.920	4.596.460
4	587.330	4.596.750
5	587.740	4.597.040
6	588.150	4.597.330
7	587.025	4.595.430
8	587.435	4.595.720
9	587.845	4.596.010
10	588.255	4.596.300
11	588.665	4.596.590
12	589.075	4.596.880
13	587.950	4.594.980
14	588.360	4.595.270
15	588.770	4.595.560
16	589.180	4.595.850
17	589.590	4.596.140
18	590.000	4.596.430
19	588.875	4.594.530
20	589.285	4.594.820
21	589.695	4.595.110
22	590.105	4.595.400
23	590.515	4.595.690
24	590.925	4.595.980
25	589.800	4.594.080
26	590.210	4.594.370
27	590.620	4.594.660
28	591.030	4.594.950
29	591.440	4.595.240
30	591.850	4.595.530
31	590.725	4.593.630
32	591.135	4.593.920
33	591.545	4.594.210
34	591.955	4.594.500
35	592.365	4.594.790
36	592.775	4.595.080
37	591.650	4.593.180
38	592.060	4.593.470
39	592.470	4.593.760
40	592.880	4.594.050
41	593.290	4.594.340
42	593.700	4.594.630
43	592.575	4.592.730
44	593.395	4.593.310
45	593.805	4.593.600
46	594.215	4.593.890
47	594.625	4.594.180
48	593.500	4.592.280
49	594.320	4.592.860
50	594.730	4.593.150

AG	X	Y
51	595.140	4.593.440
52	595.550	4.593.730
53	594.425	4.591.830
54	594.835	4.592.120
55	595.245	4.592.410
56	595.655	4.592.700
57	596.065	4.592.990
58	596.475	4.593.280
59	595.350	4.591.380
60	595.760	4.591.670
61	596.170	4.591.960
62	596.580	4.592.250
63	596.990	4.592.540
64	597.400	4.592.830
65	596.275	4.590.930
66	596.685	4.591.220
67	597.095	4.591.510
68	597.505	4.591.800
69	597.915	4.592.090
70	598.325	4.592.380
71	597.200	4.590.480
72	597.610	4.590.770
73	598.020	4.591.060
74	598.430	4.591.350
75	598.840	4.591.640
76	599.250	4.591.930
77	598.125	4.590.030
78	598.535	4.590.320
79	598.945	4.590.610
80	599.355	4.590.900
81	599.765	4.591.190
82	600.175	4.591.480
83	599.050	4.589.580
84	599.460	4.589.870
85	599.870	4.590.160
86	600.280	4.590.450
87	600.690	4.590.740
88	601.100	4.591.030
89	599.975	4.589.130
90	600.385	4.589.420
91	600.795	4.589.710
92	601.205	4.590.000
93	601.615	4.590.290
94	602.025	4.590.580
95	600.900	4.588.680
96	601.310	4.588.970
97	601.720	4.589.260
98	602.130	4.589.550
99	602.540	4.589.840
100	602.950	4.590.130

Posizione Stazione elettrica in mare

	X	Y
Stazione	593.438	4.592.785

Tabella 2

**Layout d'impianto fornito composto da n° 100 posizioni per aerogeneratori di grande taglia
 Coordinate geografiche sessagesimali Roma40 (origine longitudini Greenwich)**

AG	X	Y
1	16,015146	41,302712
2	16,020929	41,303636
3	16,022713	41,304560
4	16,024496	41,305484
5	16,030280	41,310408
6	16,032064	41,311332
7	16,023112	41,301217
8	16,024895	41,302141
9	16,030679	41,303065
10	16,032462	41,303989
11	16,034246	41,304913
12	16,040030	41,305836
13	16,031078	41,295721
14	16,032861	41,300645
15	16,034644	41,301569
16	16,040428	41,302493
17	16,042212	41,303417
18	16,043996	41,304340
19	16,035043	41,294226
20	16,040826	41,295150
21	16,042610	41,300073
22	16,044393	41,300997
23	16,050177	41,301920
24	16,051961	41,302844
25	16,043007	41,292730
26	16,044791	41,293653
27	16,050574	41,294577
28	16,052358	41,295500
29	16,054142	41,300424
30	16,055926	41,301347
31	16,050971	41,291233
32	16,052755	41,292157
33	16,054538	41,293080
34	16,060322	41,294003
35	16,062106	41,294926
36	16,063890	41,295849
37	16,054935	41,285736
38	16,060718	41,290660
39	16,062502	41,291583
40	16,064286	41,292506
41	16,070070	41,293429
42	16,071854	41,294352
43	16,062898	41,284239
44	16,070465	41,290085
45	16,072249	41,291008
46	16,074033	41,291931
47	16,075817	41,292854
48	16,070860	41,282742
49	16,074428	41,284587
50	16,080212	41,285510

AG	X	Y
51	16,081996	41,290433
52	16,083780	41,291355
53	16,074823	41,281244
54	16,080606	41,282166
55	16,082390	41,283089
56	16,084174	41,284012
57	16,085958	41,284934
58	16,091742	41,285856
59	16,082784	41,275745
60	16,084568	41,280668
61	16,090352	41,281590
62	16,092135	41,282513
63	16,093920	41,283435
64	16,095704	41,284357
65	16,090745	41,274247
66	16,092529	41,275169
67	16,094313	41,280091
68	16,100097	41,281014
69	16,101881	41,281936
70	16,103665	41,282858
71	16,094706	41,272748
72	16,100489	41,273670
73	16,102273	41,274592
74	16,104057	41,275514
75	16,105841	41,280436
76	16,111626	41,281358
77	16,102666	41,271248
78	16,104449	41,272170
79	16,110233	41,273092
80	16,112017	41,274014
81	16,113801	41,274936
82	16,115586	41,275857
83	16,110625	41,265748
84	16,112409	41,270670
85	16,114193	41,271592
86	16,115977	41,272514
87	16,121761	41,273435
88	16,123545	41,274357
89	16,114584	41,264248
90	16,120368	41,265170
91	16,122152	41,270091
92	16,123936	41,271013
93	16,125720	41,271934
94	16,131505	41,272856
95	16,122542	41,262747
96	16,124326	41,263669
97	16,130110	41,264590
98	16,131894	41,265512
99	16,133679	41,270433
100	16,135463	41,271354

Posizione Stazione elettrica in mare

	X	Y
Stazione	16,070621	41,284381

Tabella 3

Site description: 'FOGGIA AMENDOLA (FG) : Jan.1995 - Dec.2006 , (Code : U261)'; Position: 41,53°N 15,72°E; Anemometer height: 10,00 m a.g.l.

-	Unit	Measured	Weibull fit	Discrepancy
Mean wind speed	m/s	3,91	4,00	2,30
Mean power density	W/m ²	94	96	1,95

-	0	45	90	135	180	225	270	315	All
A	5,4	2,6	4,2	3,4	2,4	3,5	4,4	5,6	4,5
k	1,59	1,14	1,94	1,77	1,36	1,26	1,64	2,04	1,61
U	4,82	2,50	3,76	3,00	2,23	3,24	3,93	4,99	4,00
E	171	43	65	36	22	76	89	142	96
f	7,7	3,5	16,7	9,7	5,3	6,3	20,9	30,0	100

U	0	45	90	135	180	225	270	315	All
1,0	140	250	91	136	251	162	75	49	102
2,0	160	262	122	184	283	197	108	76	132
3,0	116	196	192	236	240	206	193	134	177
4,0	78	98	187	173	105	133	200	147	157
5,0	82	65	145	124	60	92	150	138	127
6,0	82	42	108	83	33	62	99	128	99
7,0	83	37	81	41	14	46	66	113	77
8,0	80	17	46	17	6	37	43	89	54
9,0	63	12	19	5	4	24	27	57	33
10,0	46	11	6	1	1	17	18	33	20
11,0	30	5	2	0	1	9	11	19	12
12,0	22	4	1	0	0	7	4	8	6
13,0	10	0	0	0	0	3	3	5	3
14,0	4	0	0	0	0	1	2	2	1
15,0	2	1	0	0	0	1	1	1	1
16,0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
17,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A and U are given in m/s, P in W/m² and the frequencies of occurrence in per mille and per cent (total).

Tabella 4

Site ID	X [m]	Y [m]	Ei	Ht	U	Grs	Net	Wk	Ore
1	586100	4595880	0	90	7.14	7.927	7.786	1.8	2595
2	586510	4596170	0	90	7.14	7.911	7.681	2.9	2560
3	586920	4596460	0	90	7.12	7.881	7.634	3.1	2545
4	587330	4596750	0	90	7.12	7.889	7.634	3.2	2545
5	587740	4597040	0	90	7.12	7.891	7.652	3	2551
6	588150	4597330	0	90	7.12	7.894	7.71	2.3	2551
7	588560	4597620	0	90	7.15	7.939	7.532	5.1	2511
8	588970	4597910	0	90	7.14	7.92	7.395	6.6	2465
9	589380	4598200	0	90	7.13	7.905	7.339	7.2	2446
10	589790	4598490	0	90	7.13	7.909	7.366	6.9	2455
11	590200	4598780	0	90	7.13	7.915	7.423	6.2	2474
12	590610	4599070	0	90	7.13	7.915	7.576	4.3	2525
13	591020	4599360	0	90	7.15	7.945	7.437	6.4	2479
14	591430	4599650	0	90	7.14	7.923	7.292	8	2431
15	591840	4599940	0	90	7.14	7.926	7.266	8.5	2419
16	592250	4600230	0	90	7.14	7.929	7.292	8	2431
17	592660	4600520	0	90	7.14	7.929	7.36	7.2	2453
18	593070	4600810	0	90	7.14	7.934	7.562	4.7	2521
19	593480	4601100	0	90	7.15	7.951	7.405	6.9	2468
20	593890	4601390	0	90	7.15	7.945	7.274	8.4	2425
21	594300	4601680	0	90	7.15	7.951	7.288	8.8	2416
22	594710	4601970	0	90	7.15	7.953	7.289	8.3	2430
23	595120	4602260	0	90	7.15	7.953	7.368	7.4	2456
24	595530	4602550	0	90	7.15	7.954	7.571	4.8	2524
25	595940	4602840	0	90	7.16	7.964	7.403	7.1	2468
26	596350	4603130	0	90	7.16	7.97	7.285	8.6	2428
27	596760	4603420	0	90	7.16	7.97	7.256	9	2419
28	597170	4603710	0	90	7.16	7.972	7.3	8.4	2433
29	597580	4604000	0	90	7.16	7.975	7.383	7.4	2461
30	597990	4604290	0	90	7.16	7.974	7.587	4.9	2529
31	598400	4604580	0	90	7.17	7.982	7.416	7.1	2472
32	598810	4604870	0	90	7.17	7.987	7.297	8.6	2432
33	599220	4605160	0	90	7.17	7.99	7.273	9	2424
34	599630	4605450	0	90	7.17	7.991	7.317	8.4	2439
35	600040	4605740	0	90	7.17	7.988	7.396	7.4	2465
36	600450	4606030	0	90	7.17	7.988	7.599	4.9	2533
37	600860	4606320	0	90	7.18	7.999	7.438	7	2479
38	601270	4606610	0	90	7.18	8.002	7.317	8.6	2439
39	601680	4606900	0	90	7.18	8.005	7.301	8.8	2434
40	602090	4607190	0	90	7.18	8.007	7.34	8.3	2447
41	602500	4607480	0	90	7.18	8.005	7.418	7.3	2473
42	602910	4607770	0	90	7.17	8.005	7.616	4.9	2539
43	603320	4608060	0	90	7.18	8.012	7.471	6.7	2490
44	603730	4608350	0	90	7.18	8.021	7.37	8.1	2457
45	604140	4608640	0	90	7.18	8.023	7.364	8.2	2455
46	604550	4608930	0	90	7.18	8.02	7.434	7.3	2478
47	604960	4609220	0	90	7.18	8.018	7.63	4.8	2543
48	605370	4609510	0	90	7.19	8.027	7.54	6.1	2513
49	605780	4609800	0	90	7.19	8.034	7.381	8.1	2460
50	606190	4610090	0	90	7.19	8.036	7.381	8.2	2460

Site ID	X [m]	Y [m]	Ei	Ht	U	Grs	Net	Wk	Ore
51	595140	4593440	0	90	7.19	8.035	7.447	7.3	2482
52	595550	4593730	0	90	7.19	8.032	7.645	4.8	2548
53	595960	4594020	0	90	7.19	8.042	7.544	6.2	2515
54	596370	4594310	0	90	7.2	8.047	7.406	8	2469
55	596780	4594600	0	90	7.2	8.049	7.343	8.8	2448
56	597190	4594890	0	90	7.2	8.049	7.385	8.3	2462
57	597600	4595180	0	90	7.19	8.045	7.455	7.3	2485
58	598010	4595470	0	90	7.19	8.04	7.652	4.8	2551
59	598420	4595760	0	90	7.2	8.056	7.501	6.9	2500
60	598830	4596050	0	90	7.2	8.058	7.373	8.5	2458
61	599240	4596340	0	90	7.2	8.058	7.337	9	2446
62	599650	4596630	0	90	7.2	8.056	7.378	8.4	2459
63	600060	4596920	0	90	7.2	8.053	7.458	7.4	2486
64	600470	4597210	0	90	7.2	8.052	7.66	4.9	2553
65	600880	4597500	0	90	7.2	8.063	7.492	7.1	2497
66	601290	4597790	0	90	7.2	8.065	7.371	8.6	2457
67	601700	4598080	0	90	7.2	8.066	7.34	9	2447
68	602110	4598370	0	90	7.2	8.06	7.38	8.4	2460
69	602520	4598660	0	90	7.2	8.062	7.466	7.4	2489
70	602930	4598950	0	90	7.2	8.061	7.668	4.9	2556
71	603340	4599240	0	90	7.2	8.065	7.49	7.1	2497
72	603750	4599530	0	90	7.2	8.068	7.372	8.6	2457
73	604160	4599820	0	90	7.2	8.069	7.342	9	2447
74	604570	4600110	0	90	7.2	8.068	7.388	8.4	2463
75	604980	4600400	0	90	7.2	8.068	7.473	7.4	2491
76	605390	4600690	0	90	7.2	8.067	7.674	4.9	2558
77	605800	4600980	0	90	7.21	8.073	7.498	7.1	2499
78	606210	4601270	0	90	7.21	8.074	7.378	8.6	2459
79	606620	4601560	0	90	7.21	8.073	7.349	9	2450
80	607030	4601850	0	90	7.21	8.072	7.395	8.4	2465
81	607440	4602140	0	90	7.2	8.069	7.477	7.3	2492
82	607850	4602430	0	90	7.2	8.071	7.682	4.8	2561
83	608260	4602720	0	90	7.21	8.078	7.508	7.1	2503
84	608670	4603010	0	90	7.21	8.079	7.389	8.5	2463
85	609080	4603300	0	90	7.21	8.08	7.364	8.9	2455
86	609490	4603590	0	90	7.21	8.077	7.408	8.3	2469
87	609900	4603880	0	90	7.21	8.077	7.49	7.2	2497
88	610310	4604170	0	90	7.21	8.077	7.694	4.7	2565
89	610720	4604460	0	90	7.21	8.083	7.528	6.9	2509
90	611130	4604750	0	90	7.21	8.084	7.417	8.3	2472
91	611540	4605040	0	90	7.21	8.083	7.391	8.6	2464
92	611950	4605330	0	90	7.21	8.082	7.439	8	2480
93	612360	4605620	0	90	7.21	8.078	7.519	6.9	2506
94	612770	4605910	0	90	7.21	8.085	7.722	4.5	2574
95	613180	4606200	0	90	7.21	8.085	7.606	6	2535
96	613590	4606490	0	90	7.21	8.088	7.513	7.1	2504
97	614000	4606780	0	90	7.21	8.087	7.491	7.4	2497
98	614410	4607070	0	90	7.21	8.084	7.541	6.7	2514
99	614820	4607360	0	90	7.21	8.082	7.611	5.8	2537
100	615230	4607650	0	90	7.21	8.091	7.801	3.6	2600

Media 7.18 8.015 7.458 6.94 2486
 Somma 745.846

Produttività del layout d'impianto fornito
 Aerogeneratore V90 da 3 MW

Tabella A1

STAZIONE ANEMOMETRICA : FOGGIA AMENDOLA - Regione: Puglia (Cod.16261)

Periodo di elaborazione: 01/01/1995 - 31/12/2006 (numero giorni: 4383)

Percentuale dati disponibili = 87.69 % (553440 dati su 631122)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 10 m dal suolo

Tabella D : DISTRIBUZIONI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

Settore	Nord	NE	Est	SE	Sud	SO	Ovest	NO	Totale
Vmedia	4,85	2,75	3,77	3,06	2,32	3,48	4,02	4,95	3,91
Vc	5,39	2,96	4,25	3,45	2,55	3,74	4,51	5,59	4,35
k	1,55	1,26	1,96	1,86	1,42	1,26	1,72	1,99	1,56
F. %	7,2	3,1	16,0	9,1	4,6	5,8	20,2	29,3	100,0

Velocità m/s	Distribuzioni di frequenza in per mille								
	Nord	NE	Est	SE	Sud	SO	Ovest	NO	Totale
1,0	140,2	249,9	90,9	135,8	251,2	162,3	75,3	48,6	101,6
2,0	159,5	262,2	121,6	184,3	283,2	196,7	107,6	75,9	132,1
3,0	116,1	195,6	191,9	236,4	239,9	206,3	193,3	134,2	176,9
4,0	78,3	97,8	187,5	173,4	104,6	133,3	200,1	146,6	157,2
5,0	81,5	64,8	144,9	124,3	60,5	91,7	150,0	138,4	126,6
6,0	82,0	42,3	108,4	82,5	32,6	62,4	99,5	127,8	98,6
7,0	82,7	37,0	81,3	41,0	14,2	46,4	65,7	113,1	76,5
8,0	79,8	17,4	45,7	16,5	5,9	37,4	42,7	88,9	54,2
9,0	63,2	12,1	19,2	4,5	4,4	24,2	26,8	56,9	33,4
10,0	45,6	10,9	5,6	0,7	1,4	16,7	17,8	33,0	19,6
11,0	29,7	5,4	2,2	0,2	1,4	9,2	10,5	19,3	11,5
12,0	21,8	3,6	0,6	0,1	0,0	6,9	4,5	8,2	5,7
13,0	10,5	0,3	0,1	0,1	0,2	2,9	2,8	4,6	3,0
14,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,7	2,2	1,4
15,0	1,6	0,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,9	0,6
16,0	2,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,7	0,4	0,4	0,5
17,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
18,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2
19,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
20,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Tabella A2

STAZIONE ANEMOMETRICA : FEMMINA MORTA - Regione: Puglia (Cod.6287)
 Periodo di elaborazione: 01/02/2001 - 26/08/2003 (numero giorni: 937)
Dati storicizzati (nuovo codice stazione 6287_S)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 15 m dal suolo

Tabella D : DISTRIBUZIONI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

Settore	Nord	NE	Est	SE	Sud	SO	Ovest	NO	Totale
Vmedia	5,89	2,57	2,16	3,00	4,34	4,89	5,44	4,90	4,83
Vc	6,63	2,90	2,37	3,23	4,86	5,52	6,06	5,50	5,39
k	1,87	1,88	1,42	1,27	1,64	2,11	1,57	1,75	1,64
F. %	23,8	5,1	2,4	4,5	10,2	14,4	8,8	24,7	100,0

Velocità m/s	Distribuzioni di frequenza in per mille								
	Nord	NE	Est	SE	Sud	SO	Ovest	NO	Totale
1,0	21,5	77,3	148,7	90,1	47,3	34,8	84,2	41,3	47,0
2,0	74,0	283,4	375,9	275,5	119,0	80,8	141,0	134,7	131,0
3,0	114,5	319,8	299,9	296,7	181,1	117,6	107,3	156,8	157,4
4,0	133,3	183,2	80,7	140,4	180,1	145,3	76,3	108,0	130,0
5,0	125,6	71,9	35,5	54,3	149,9	170,5	78,1	107,3	117,3
6,0	109,8	40,4	24,2	35,3	115,6	156,3	89,0	115,7	107,6
7,0	94,4	16,0	18,1	28,2	72,6	119,5	95,7	106,9	89,9
8,0	69,0	5,1	11,6	24,4	36,8	66,2	79,8	69,7	59,1
9,0	72,3	2,6	4,5	19,3	30,3	50,9	77,9	62,6	54,3
10,0	59,1	0,3	0,6	15,3	25,8	28,5	55,2	42,0	39,1
11,0	45,9	0,0	0,3	10,5	16,4	14,5	38,5	24,2	26,1
12,0	31,2	0,0	0,0	4,5	8,5	8,1	25,8	15,1	16,6
13,0	22,5	0,0	0,0	2,9	7,6	3,7	20,4	8,5	11,4
14,0	12,8	0,0	0,0	1,3	3,8	1,9	13,3	4,1	6,3
15,0	6,4	0,0	0,0	1,0	2,8	0,8	7,2	2,0	3,3
16,0	3,9	0,0	0,0	0,5	1,8	0,4	4,8	0,5	1,8
17,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	3,1	0,3	1,1
18,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,9	0,1	0,4
19,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	0,2
20,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
21,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Figure.

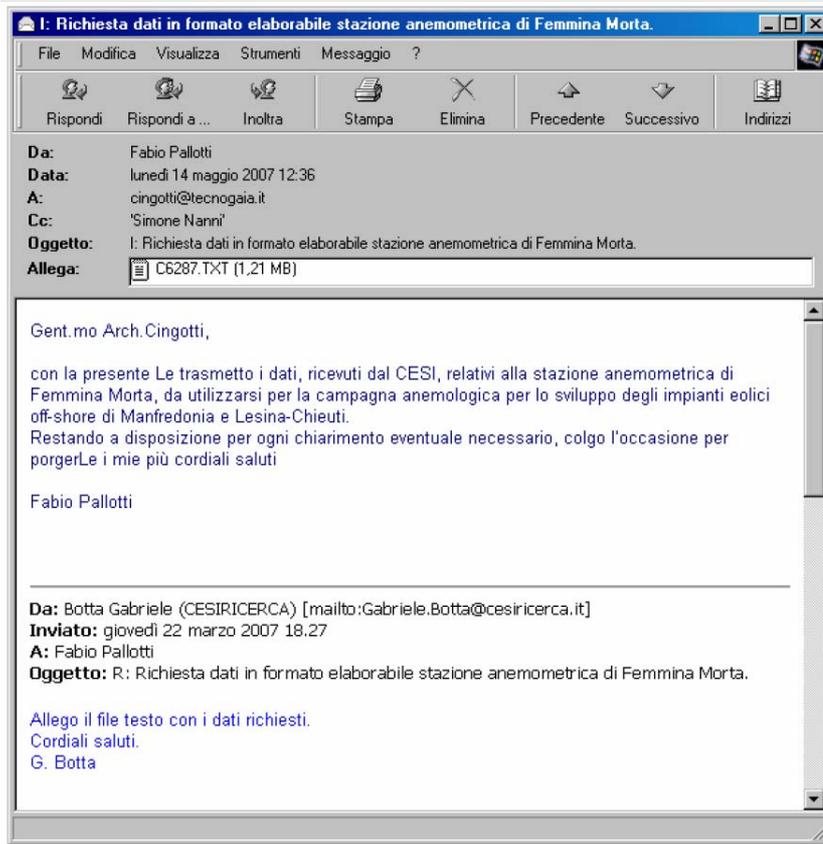
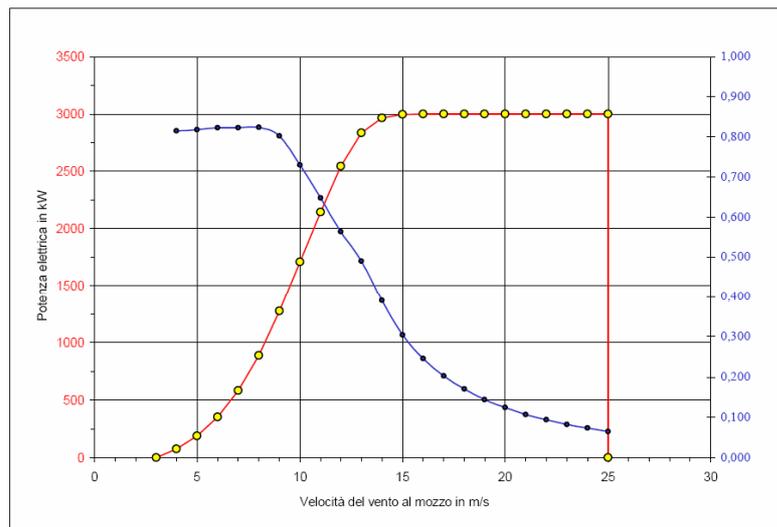


Figura 1

Caratteristica Velocità vento - Potenza elettrica dell'Aerogeneratore Vestas V90 da 3 MW 109.4 dB

Vmazzo (m/s)	P(0) (kW)	Ct
4	77,0	0,815
5	190,0	0,818
6	353,0	0,823
7	581,0	0,823
8	886,0	0,824
9	1273,0	0,802
10	1710,0	0,730
11	2145,0	0,648
12	2544,0	0,564
13	2837,0	0,490
14	2965,0	0,390
15	2995,0	0,304
16	3000,0	0,246
17	3000,0	0,203
18	3000,0	0,170
19	3000,0	0,144
20	3000,0	0,124
21	3000,0	0,107
22	3000,0	0,094
23	3000,0	0,082
24	3000,0	0,073
25	3000,0	0,065



Modello : V90 (Tripala a controllo di passo) Costruttore : Vestas
 Potenza Nominale : 3000 kW Diametro Rotore : 90 m Altezza del mozzo : 90 m
 Note: Curva di potenza teorica calcolata alla densità dell'aria a 0 m s.l.m. (d = 1,225 k/m3)

Figura 2

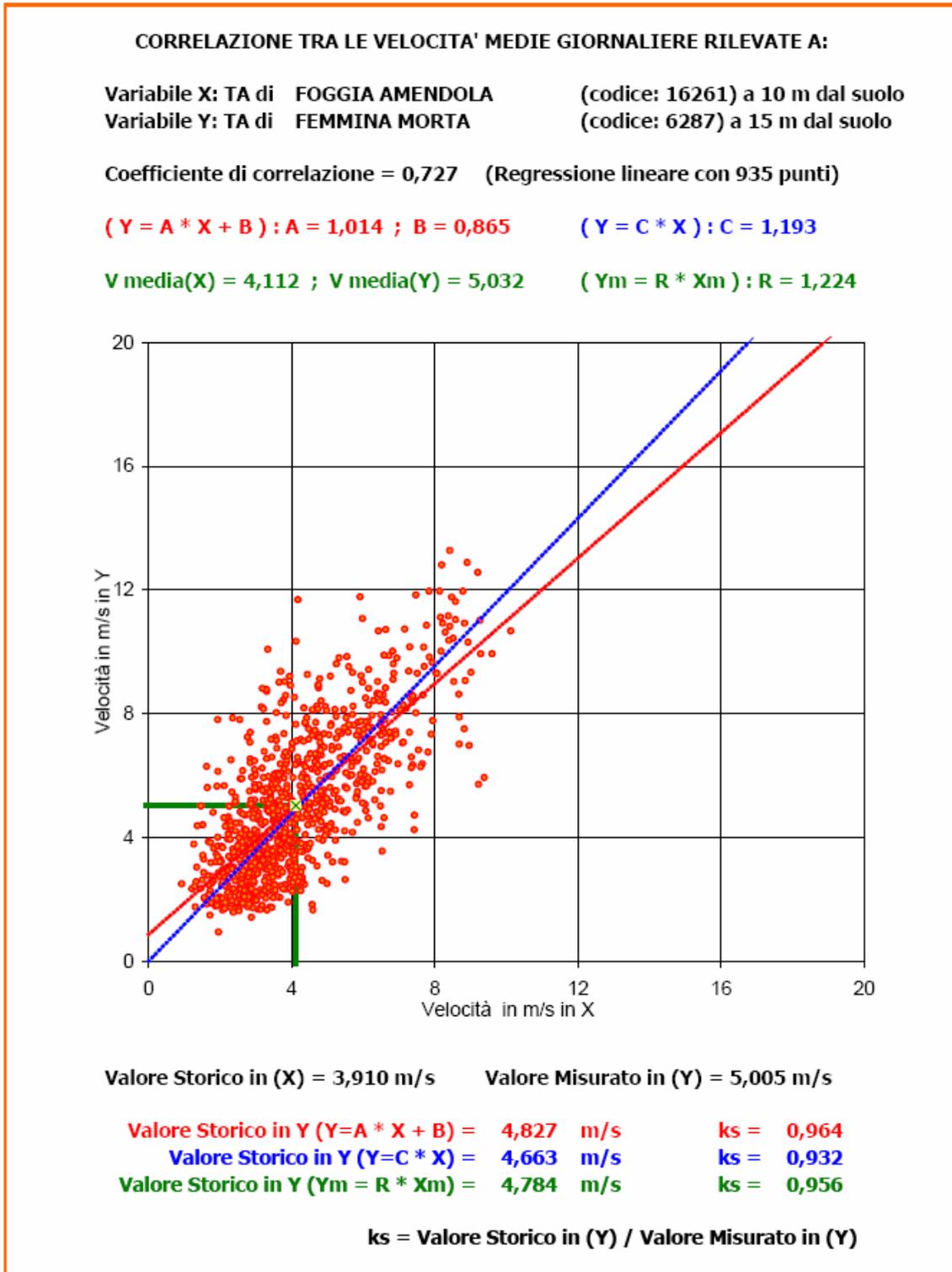
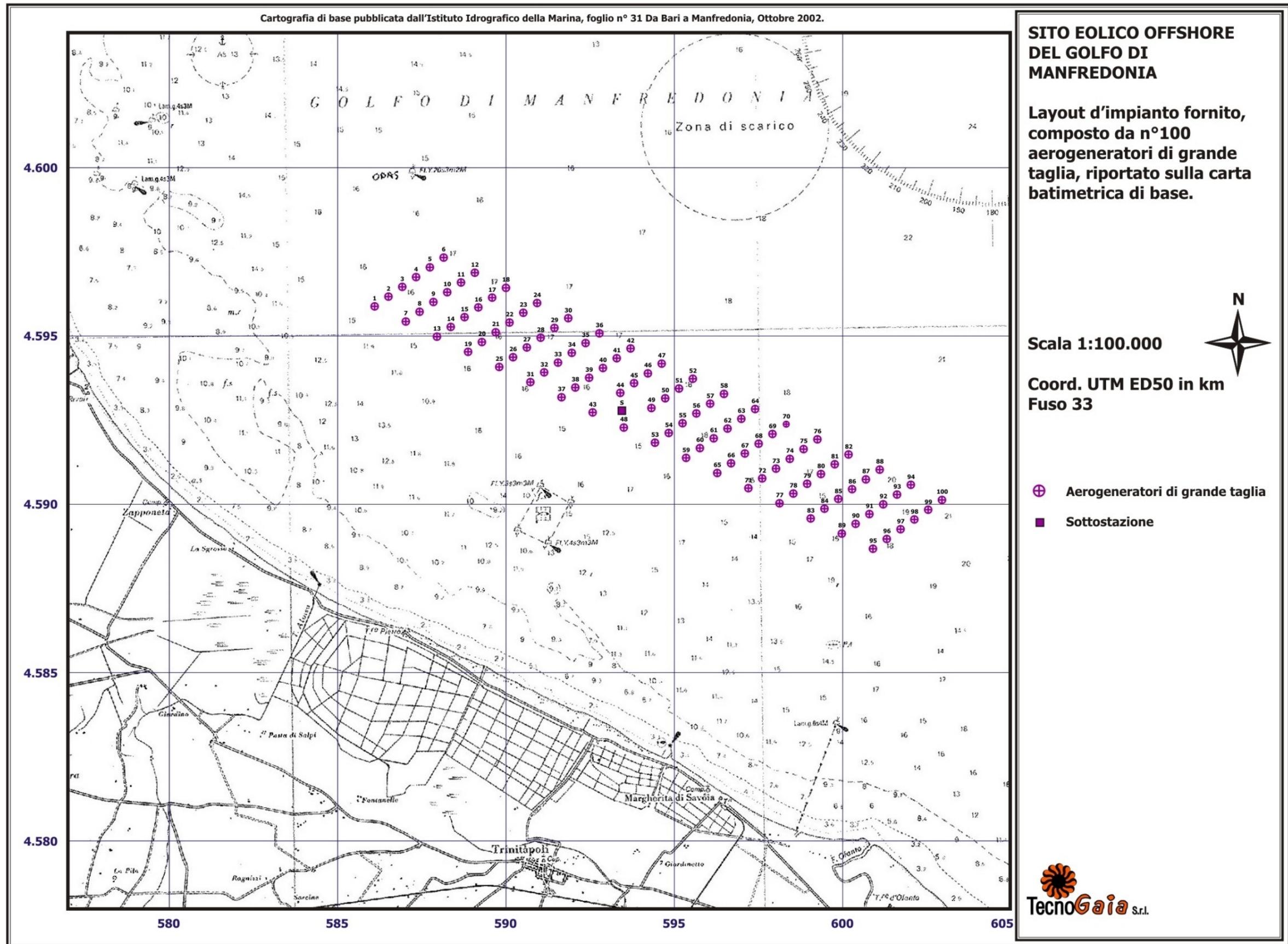


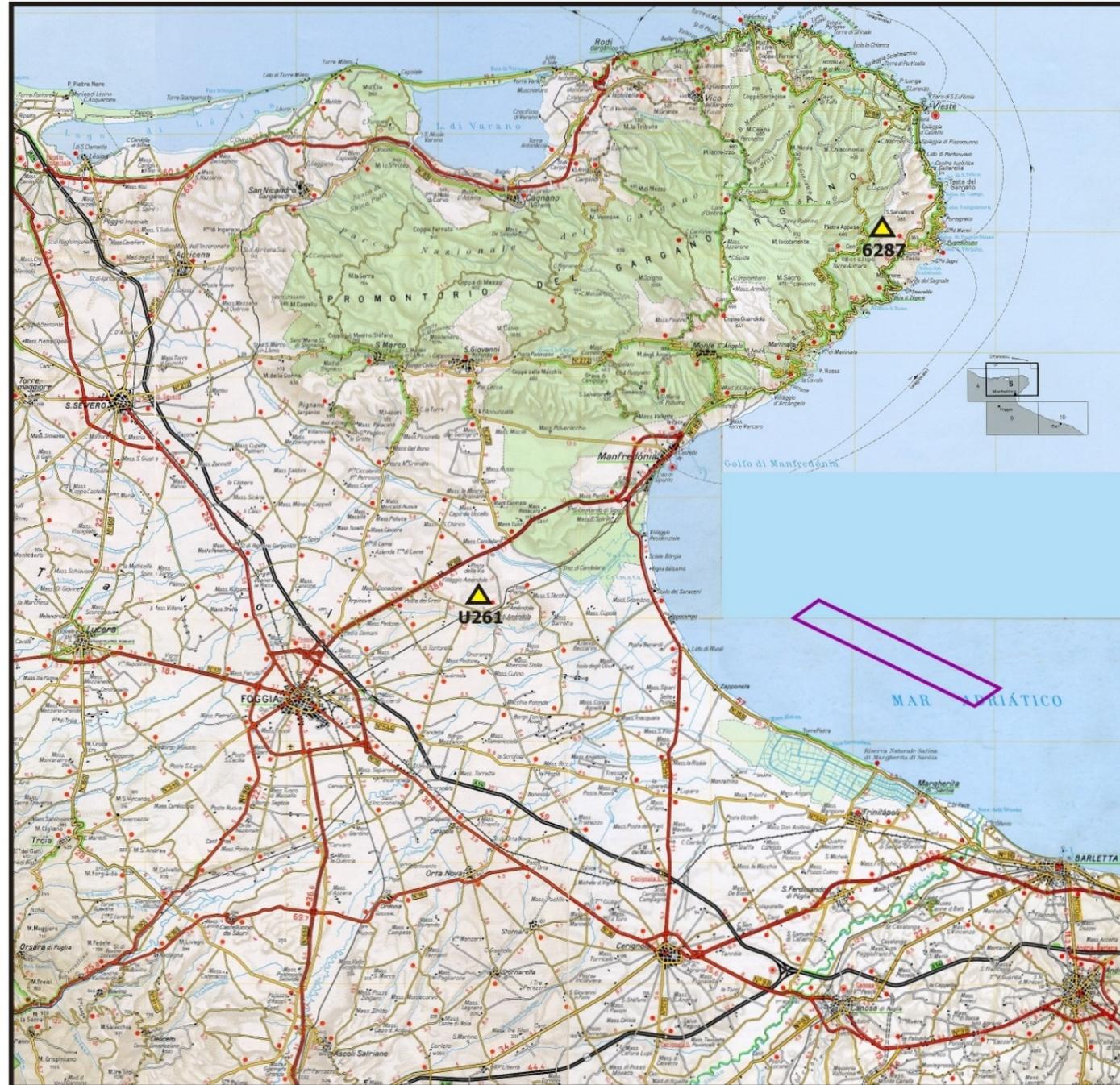
Figura A1

Tavole.



Rel. TG45/2007-VPE Rif.: Vs. Ordine n° POA7001691 del 30/03/2007

Tavola 1



Cartina di base: Atlante stradale d'Italia, Volume Sud, Ediz. Touring Club Italiano, Milano 2000.

SITO EOLICO OFFSHORE DEL GOLFO DI MANFREDONIA

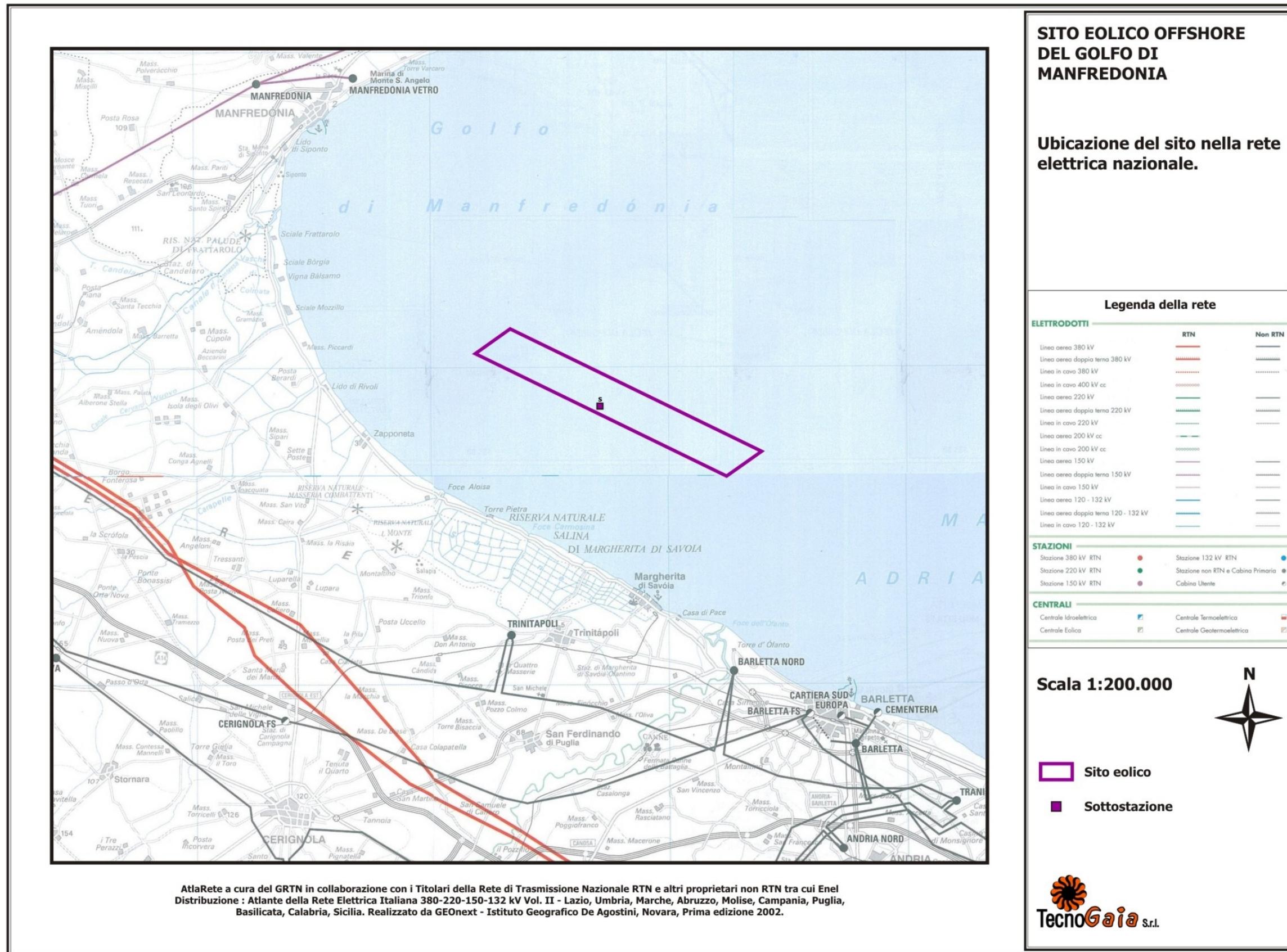
Ubicazione geografica del
sito eolico.

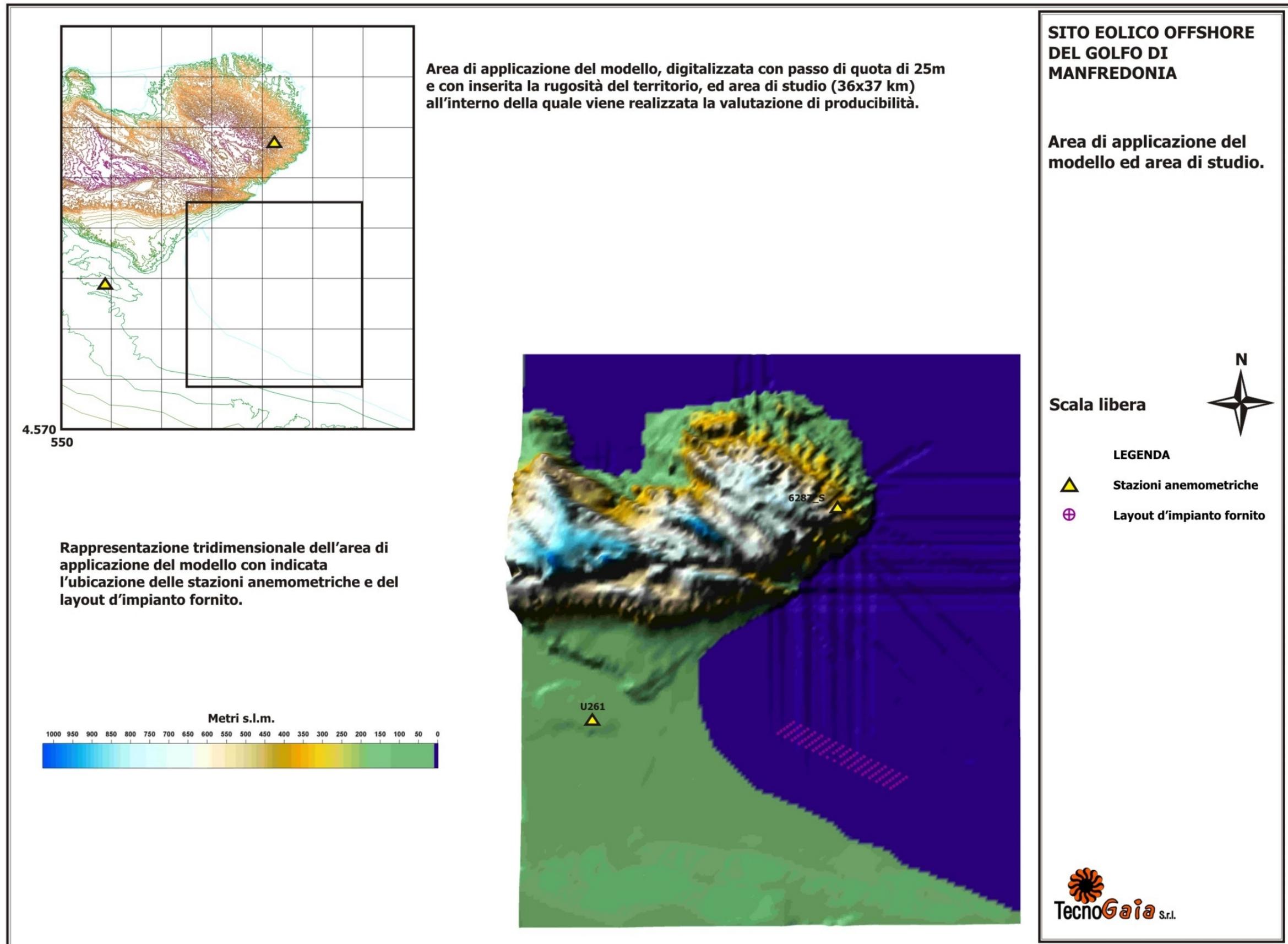
Scala 1:1400.000

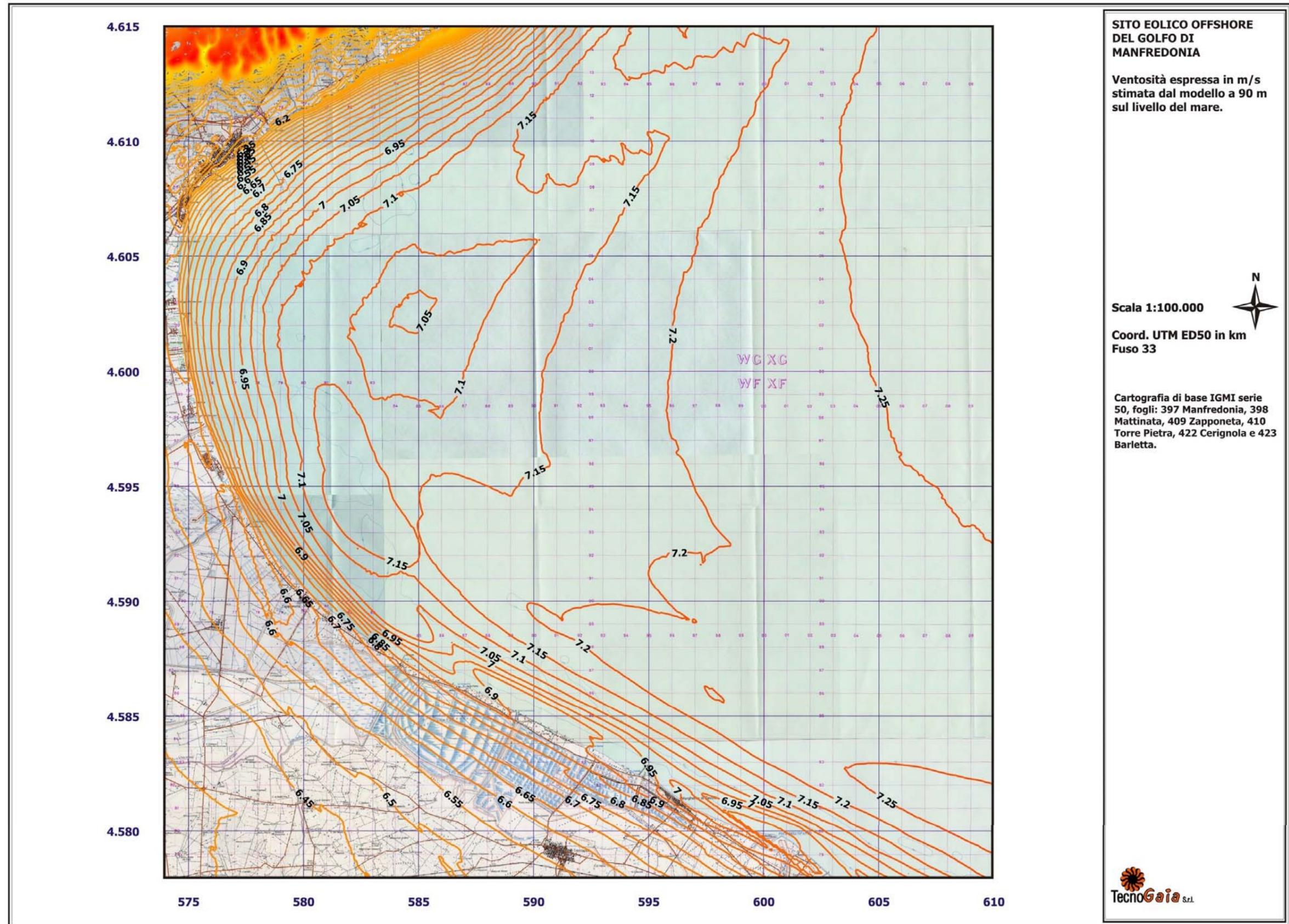


-  Stazioni anemometriche
-  Sito eolico



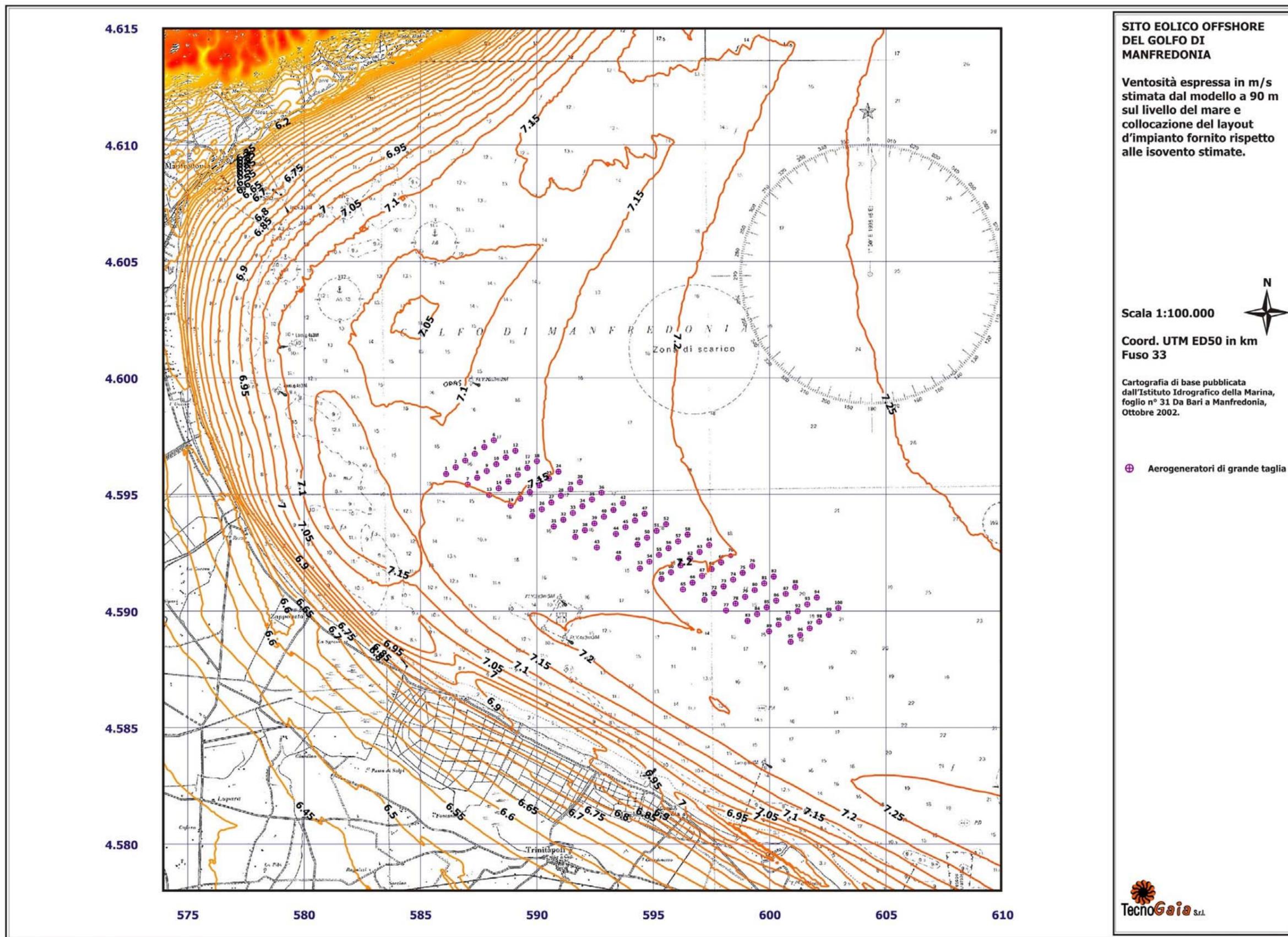






Rel. TG45/2007-VPE Rif.: Vs. Ordine n° POA7001691 del 30/03/2007

Tavola 5



**SITO EOLICO OFFSHORE
 DEL GOLFO DI
 MANFREDONIA**

Ventosità espressa in m/s
 stimata dal modello a 90 m
 sul livello del mare e
 collocazione del layout
 d'impianto fornito rispetto
 alle isovento stimate.

Scala 1:100.000



Coord. UTM ED50 in km
 Fuso 33

Cartografia di base pubblicata
 dall'Istituto Idrografico della Marina,
 foglio n° 31 Da Bari a Manfredonia,
 Ottobre 2002.

⊕ Aerogeneratori di grande taglia



Tavola 6

Rel. TG45/2007-VPE Rif.: Vs. Ordine n° POA7001691 del 30/03/2007