REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNE DI PONTINVREA

Oggetto: PROGETTO

PARCO EOLICO BRIC AUTZE'

Committente:

EOLO srl
Via Bartolomeo Prieri 4
12016 Peveragno (CN)

Progettisti:

Entec spa
Via Montegrappa, 2
12038 Savigliano (CN)
Tel. +39 0172 370 008
Fax. +39 0172 375 319
www.entec.it

Paolo Ing. **OBERTO**
Matteo Ing. **ANZALONE**
Daniele Ing. **GARNERONE**



Collaboratori:

Paolo Dott. For. **CORRENDO**
Sara Dott.ssa **VIGLIETTI**
Paola Geol. **REVERDITO**
Roberto Consulente faunistico **TOFFOLI**

Elaborato:

M.01.g

Titolo:

Studio anemologico e valutazione della produzione attesa

Scala: ---

Revisione: settembre 2015

Note Legali: proprietà esclusiva della società Entec spa, utilizzo e riproduzione vietate senza alcun accordo scritto

Rel. TG232/2014-VPE

Impianto eolico di Ferriera

Comune di Pontinvrea (SV)

Studio anemologico e valutazione della produzione attesa

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
	N°	MESE	ANNO	LUOGO	A.Pollizzi
Soc. Susanna Rabbia	00	LUGLIO	2014	MILANO	APPROVAZIONE M. Borghetti
ORDINE RIF.	Accettazione ns. Offerta n° 161BS_2014 del 18/06/2014				

IL PRESENTE DOCUMENTO È DESTINATO ESCLUSIVAMENTE AL COMMITTENTE.

TECNOGAIA NON PUÒ IN NESSUN CASO ESSERE RITENUTA RESPONSABILE DELLA SUA DIFFUSIONE NON AUTORIZZATA.

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

	SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO **UNI EN ISO 9001:2008**

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

SOMMARIO

1 PREMESSA 4
2 MATERIALE DISPONIBILE 4
2.1 Dati anemometrici disponibili 5
2.2 Delimitazione dell'area per la determinazione del layout d'impianto 5
2.3 Aerogeneratori 6
3 ELABORAZIONE DATI DI VENTO 7
4 MODELLO DI CALCOLO 7
5 AREA DI APPLICAZIONE DEL MODELLO 8
6 VERIFICHE SUL MODELLO 8
6.1 Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull 8
6.2 Verifica del gradiente al suolo della velocità del vento 11
7 Risultati di WAsP 12
7.1 Definizione del lay-out di impianto 12
7.2 Producibilità lorda dell'impianto 13
8 Producibilità dell'impianto al netto delle perdite 14
9 Conclusioni 15

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

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 della Società Susanna Rabbia, è la valutazione di producibilità (o della produzione attesa) dell'impianto eolico di "Ferriera" in progetto nel territorio del Comune di Pontinvrea (SV) in Liguria; detta stima è stata svolta sulla base dei dati anemometrici raccolti in sito da una stazione di misura, la cui analisi ed elaborazione è descritta nell'**Allegato A,** il quale deve quindi essere considerato parte integrante del presente elaborato.

Le valutazioni sono state effettuate utilizzando un modello di simulazione che interpreta l'andamento della ventosità sul sito considerato, tenendo conto della morfologia e dalla rugosità del terreno e della distribuzione della ventosità in un punto baricentrico del previsto impianto.

Il layout d'impianto, come richiesto dal Committente, è stato autonomamente determinato utilizzando turbine di grande taglia sulla base dell'andamento della ventosità sul sito e cercando di ottimizzare la produzione specifica attesa.

2 MATERIALE DISPONIBILE

Il materiale reso disponibile dal Committente per la presente valutazione è il seguente:

- Serie di dati anemometrici frutto del monitoraggio della ventosità del sito con una stazione equipaggiata con anemometri per la rilevazione della velocità del vento a 40, 30 e 20 metri dal suolo e con due banderuole per la rilevazione della direzione del vento a 40 e 20 metri dal suolo.
- Delimitazione approssimativa dell'area di interesse per la determinazione del layout d'impianto composto da aerogeneratori di grande taglia.
- Alcune indicazioni sui modelli di aerogeneratore da impiegare; in particolare si fa riferimento alla gamma di produzione di macchine di grande taglia della Società Leitwind.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

2.1 Dati anemometrici disponibili

Le due tabelle sottostanti riassumono l'ubicazione e la consistenza temporale del monitoraggio anemometrico:

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre	Coordinate UTM-ED50 - Fuso 32		Altitudine
		s.l.s.	Longitudine E	Latitudine N	m s.l.m.
Ferriera	T0721	40	455,014	4,919,367	737

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		N°
		Data inizio	Data fine	mesi
Ferriera	T0721	23/02/2011	30/04/2014	38.2

I dati misurati sono stati analizzati statisticamente nell'Allegato A del presente elaborato, che contiene anche informazioni tecniche della stazione ed i certificati di calibrazione dei sensori di velocità. I risultati di sintesi sono riportati nel successivo Capitolo 3, e, con maggior dettaglio nelle tabelle e grafici disponibili nel citato allegato.

2.2 Delimitazione dell'area per la determinazione del layout d'impianto

Il Committente ha reso disponibile una delimitazione approssimativa ma significativa del territorio potenzialmente disponibile ad ospitare l'impianto eolico. Tale area comprende in pratica il crinale sommitale del "Bric Butrè"; trattasi di un rilievo dell'appennino ligure le cui parti più elevate hanno una quota che oscilla tra i 650 ed i 700 m slm.



Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

Il baricentro dell'area indicata si trova a circa 2 km di distanza in direzione Sud-Ovest dall'abitato di Pontinvrea (SV), e quindi a circa 13 km dalla linea di costa (vedi **Tavola 1**), nell'entroterra ligure.

La sommità del rilievo, parzialmente sgombra da vegetazione di alto fusto, risulta ben esposta ai venti prevalenti della zona (Nord/Ovest e Sud/Est). Alcuni rilievi, leggermente più elevati, si individuano nel settore meridionale ma ad una distanza sufficientemente ampia per evitare effetti di copertura.

Il territorio circostante al sito è caratterizzato da una rugosità media consistente principalmente in boschi a tratti anche fitti.

2.3 Aerogeneratori

Per le valutazioni di producibilità, sono stati utilizzati tre modelli di aerogeneratore di grande taglia della Leitwind, con potenza da 2.0 MW a 3 MW. A questi sono stati aggiunti due aerogeneratori con rotore particolarmente maggiorato come quelli presi ad esempio della Siemens da 2.3 MW e della Senvion da 3.2MW.

Nella tabella sottostante, sono riportate alcune caratteristiche essenziali dei modelli di aerogeneratore prescelti e le altezze di mozzo indicate per eseguire la valutazione di producibilità.

L'altezza di mozzo considerata nelle simulazioni è stata mantenuta costante per ogni tipo di aerogeneratore, al fine di poter effettuare agevolmente il confronto, anche se commercialmente potrebbe non risultare disponibile per alcuni modelli.

COSTRUTTORE	MODELLO	MW	DIAMETRO ROTORE	H MOZZO	CLASSE IEC
LEITWIND	LTW104	2.0	104.1	100	II A – IIIA
LEITWIND	LTW106	2.5	106	100	II A – IIIA
LEITWIND	LTW101	3.0	101	100	II A
SIEMENS	SWT2.3-113	2.3	113	100	II B
SENVION	3.2M-114	3.2	114	100	III A

Nelle **Figure** allegate, vengono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la curva di spinta (Ct) per la determinazione delle perdite per effetto scia. Le curve di potenza utilizzate sono alla densità dell'aria alla quota del mare di 1,225 kg/m^3 . Le perdite dovute alla diminuzione della densità dell'aria per una quota media di circa 700 m slm, 1.144 kg/m^3 , saranno considerate nell'apposito successivo capitolo.

Nell'**Allegato 1** sono rese disponibili le brochure fornite dai Costruttori che contengono le caratteristiche tecniche delle turbine eoliche.

3 ELABORAZIONE DATI DI VENTO

Come premesso, la lettura, la validazione e il processo di elaborazione delle grandezze statistiche dei dati di ventosità sono evidenziati nell'Allegato A. I risultati conseguiti, per il sensore di velocità a 40 m dal suolo, che nel seguito verranno utilizzati per le simulazioni, sono sintetizzati nella tabella sottostante:

Stazione anemometrica	H torre	Periodo rilevazione	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
Codice	m	mesi	m/s	W/m^2	Vc (m/s)	K
T0721	40	38.2	5.38	202	6.02	1.74

I dati validati della stazione sono stati quindi sottoposti a una valutazione della ventosità di lungo periodo allo scopo di storicizzarne i risultati. La storicizzazione, effettuata secondo la metodologia indicata nell'allegato citato, ha evidenziato che la stazione in sito nel suo periodo di funzionamento ha misurato una ventosità superiore di circa l'1.3%, rispetto a quella attesa nel lungo periodo. Tale percentuale, intesa come media dei processi di storicizzazione con le medie giornaliere e con le medie mensili, risulta essere dell'ordine di grandezza delle incertezze insite in questo tipo di stime. Per questo motivo il coefficiente di storicizzazione non sarà applicato.

D'ora in avanti comunque, al codice della stazione verrà aggiunto un suffisso **S** ad indicare l'avvenuta verifica del posizionamento storico dei risultati delle sue elaborazioni.

I risultati conseguiti dalle analisi effettuate sono quindi sintetizzati nella tabella sottostante:

Stazione anemometrica	H torre	Periodo rilevazione	Velocità media	Energia	Parametri distribuzione di Weibull	
Codice	m		m/s	W/m^2	Vc (m/s)	K
T0721_S	40	Lungo periodo	5.38	202	6.02	1.74

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 ver.10.2 (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 si è utilizzata una mappa di circa 400 km^2, precisamente un quadrato di 20x20 km, con curve di livello con passo di quota di 10 metri nella zona di interesse del sito (5x5km tratti dalla CTR - Carta Tecnica Regionale). Per la restante parte dell'area, la risoluzione di quota è pari a 20m. Per l'intera area, in particolare nell'intorno del sito, si è provveduto a digitalizzare la rugosità del terreno assumendo come classe di rugosità 0.00 per la linea del mare, come classe 0.05 per i pascoli ed i prati senza ostacoli, come classe 0.1 per le aree adibite ad aree cespugliose, come 0.2 per le aree boschive e come 0.5 per i centri abitati.

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, si potrà procedere alla sua applicazione per la determinazione della produzione attesa dall'impianto.

6.1 Verifica dell'approssimazione della curva di Weibull

Il codice di calcolo WAsP *(ver.10.2)* 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. La distribuzione di Weibull dedotta dal modello dai dati di input della stazione di Ferriera (storicizzati) è riportata nella tabella che segue.

Site description: FERRIERA (SV) : Feb.2011 - Apr.2014
(Code : T0721_S) - Position: 44.43°N 8.44°E
Anemometer height: 40.00 m a.g.l.

-	Unit	Measured	Emergent	Discrepancy
Mean wind speed	m/s	5.38	5.30	**-1.49**
Mean power density	W/m²	202	203	**+0.49**

-	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
A	5.4	3.9	2.8	2.2	7.8	7.9	5.7	2.9	2.3	3.4	3.8	5.1
k	2.03	2.01	1.46	1.16	2.30	2.20	1.64	1.46	1.25	1.25	1.57	1.91
U	4.82	3.46	2.54	2.11	6.90	7.03	5.14	2.60	2.13	3.19	3.44	4.55
E	129	48	29	25	339	371	200	31	22	73	63	115
f	21.9	3.3	1.4	1.1	8.7	26.6	7.5	1.2	0.8	1.7	4.9	20.8

U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
1,0	21	97	196	254	38	14	37	213	311	179	90	32	42
2,0	55	143	248	332	41	18	59	222	259	193	164	77	69
3,0	114	203	255	205	52	33	115	246	222	200	238	150	111
4,0	178	222	140	109	75	65	164	181	127	142	178	192	140
5,0	204	176	83	35	97	116	167	61	35	94	121	175	149
6,0	155	88	35	23	114	144	139	39	16	45	96	139	131
7,0	113	31	13	18	127	139	101	13	15	26	55	96	105
8,0	66	17	11	10	112	119	64	5	6	42	26	61	76
9,0	39	13	13	3	96	96	40	11	3	41	9	31	54
10,0	22	6	4	4	79	73	30	3	0	20	9	19	38
11,0	14	3	2	2	58	56	23	2	1	9	6	11	28
12,0	8	1	0	4	40	43	19	2	1	6	3	7	20
13,0	4	0	0	0	29	30	14	2	1	4	1	4	13
14,0	3	0	0	0	19	20	11	1	2	0	2	3	9
15,0	2	0	0	0	11	14	8	0	0	0	1	2	6
16,0	1	0	0	0	8	10	6	0	1	0	0	1	4
17,0	1	0	0	0	3	5	3	0	0	0	0	1	2
18,0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1
19,0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21,0	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
23,0	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
25,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

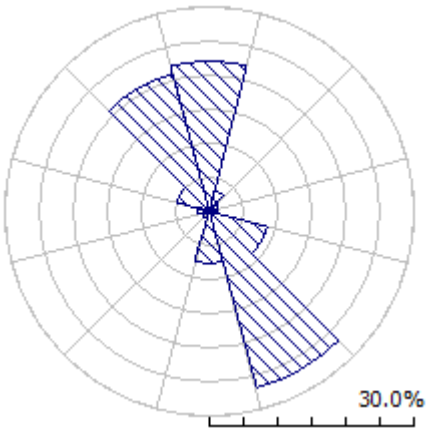
E-mail: info@tecnogaia.it
E-mail PEC info@pec.tecnogaia.com

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

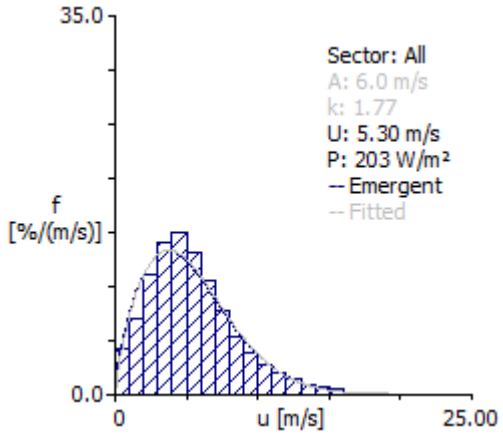
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

A giudicare dalla discrepanza indicata nella tabella precedente (nell'ordine dell'1%) e da quanto si può osservare nella figure sottostanti, la distribuzione della velocità del vento denota una discreta stabilizzazione dei dati di vento secondo una lineare distribuzione di Weibull.

Le rose dei venti sono abbastanza assimilabili e mostrano una provenienza prevalente della ventosità dai settori Sud-orientali e Nord-occidentali.

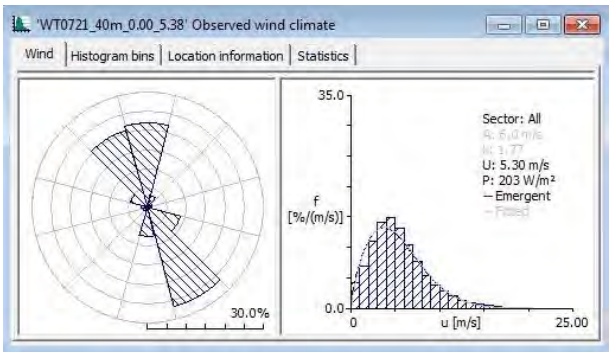


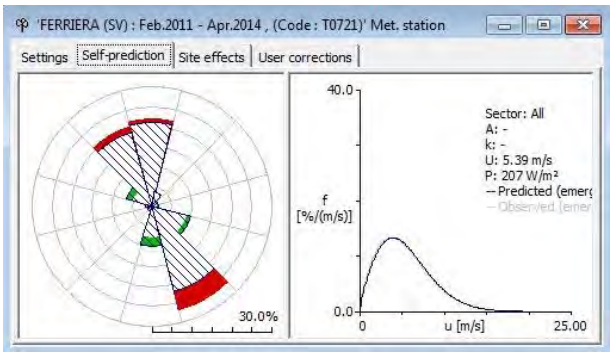
T0721_S – Rosa dei venti



T0721_S – Distribuzione velocità vento

Un'ulteriore verifica consiste nel quantificare l'entità delle approssimazioni dovute al calcolo tramite il confronto tra il valore della velocità media e della potenza della vena fluida 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).





*Parametri della stazione **T0721_S** in input al modello e parametri stimati da WAsP nel punto dell'anemometro*

Dalle figure si deduce quanto segue:

Codice stazione	-	Unit	Emergent	Self Prediction	Discrepancy
T0721_S	**Mean wind speed**	m/s	5.30	5.39	**+1.70**
	Mean power density	W/m²	203	207	**+1.97**

Le differenze riscontrate sono molto contenute e pertanto si ritiene positivo l'esito delle verifiche sull'approssimazione della curva di Weibull, delle quali si potrà tener conto in fase di determinazione delle incertezze del calcolo.

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 dello scostamento che si riscontra confrontando due valori di velocità all'altezza del mozzo: il primo è quello frutto della stima del modello, il secondo è frutto dell'estrapolazione della ventosità in ingresso al modello con alfa sperimentale secondo la legge di potenza. In pratica viene valutato l'errore che viene introdotto nella stima di velocità al mozzo usando l'alfa stimato da WAsP e l'alfa sperimentale.

La relazione che permette di stimare tale velocità è del tipo esponenziale ed è riportata nella seguente formula:

$$V_2 / V_1 = \left(h_2 / h_1 \right)^{alfa}$$

dove *alfa* è il gradiente della velocità del vento al suolo , V_2 e V_1 sono le velocità del vento rilevate alle corrispondenti altezze dal suolo h_2 e h_1 .

Nella Tabella seguente, prendendo come riferimento lo scarto tra le velocità al mozzo, vengono messi a confronto il valore del gradiente al suolo sperimentale e quello stimato dal modello nel punto di ubicazione della stazione di Ferriera; il gradiente al suolo utilizzato è quello misurato tra le altezze 40 e 20m della stazione anemometrica di "Ferriera" come suggerito nell'Allegato A.

Codice stazione	Dati misurati dagli anemometri alla loro altezza dal suolo			Dati stimati da WAsP all'altezza del mozzo delle macchine			Scarto sulla velocità media del vento al mozzo
	Altezza anemometro	Velocità media	Gradiente al suolo 40m-20m	Altezza mozzo	Velocità media	Gradiente al suolo 100m-40m	
	(m)	(m/s)	alfa	(m)	(m/s)	alfa	%
T0721_S	40	5.38	0.107	100	5.67	0.055	**-4.58%**

Confronto tra il gradiente al suolo sperimentale delle stazioni e quello stimato da WAsP all'altezza di mozzo.

Dai risultati si evidenzia come l'approssimazione introdotta dal modello sul gradiente al suolo, che si traduce in uno scarto della velocità media del vento al mozzo, sia abbastanza contenuta ma non

trascurabile e comunque di segno negativo, ovverosia il modello darà un risultato più cautelativo in termini di producibilità rispetto ad utilizzare il valore del gradiente sperimentale. Per questo motivo e poiché i valori di gradiente stimati dal modello alle diverse altezze dal suolo sono a nostro avviso accettabili e congrui con l'orografia del sito di installazione, si ritiene preferibile lasciare al modello il compito di estrapolare la velocità del vento all'altezza di mozzo, senza correttivo alcuno. A sostegno di questa scelta si aggiunga che la misura del gradiente con la stazione si riferisce ad un range di quote piuttosto influenzato dal terreno circostante e che se si considerano i venti più interessanti, ad esempio quelli superiori a 4 m/s, il gradiente misurato risulta pari a 0.066 (vedi Tabella F dell'Allegato 3, per il sensore a 20 m), cioè si avvicina molto a quello stimato da Wasp (0.055) con una riduzione dell'errore della verifica di cui sopra ad un valore inferiore dell'1%.

7 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.

7.1 Definizione del lay-out di impianto

Mediante la simulazione effettuata con modello e di idonei programmi grafici è stato possibile derivare le curve isometriche di ventosità che sono rese disponibili in scala 1:5.000 in **Tavola 2**. Sulla base di queste primarie indicazioni è stato definito un lay-out di impianto che è risultato costituito da quattro aerogeneratori.

Nella localizzazione degli aerogeneratori sono stati tenuti in considerazione i seguenti aspetti:

- Massimizzazione della producibilità specifica dell'impianto. Ciò comporta che è stata data più importanza alla produttività rispetto alla potenza massima dell'impianto.
- Minimizzazione delle perdite per effetto scia mantenendo sufficiente distanza tra gli aerogeneratori rispetto alle direzioni dei venti prevalenti
- Minimizzazione degli interventi sul territorio in termini di sbancamenti del territorio e di interferenza con la vegetazione esistente per la realizzazione di strade e delle piazzole (scelte operate solo sulla base delle immagini satellitari disponibili)

Le coordinate chilometriche nei due sistemi geografici più utilizzati sono di seguito riportate:

COORDINATE UTM-ED50 – FUSO 32			COORDINATE UTM-WGS84 – FUSO 32		
AG	**Longitudine X**	**Latitudine Y**	**AG**	**Longitudine X**	**Latitudine Y**
AG1	454,967	4,919,350	**AG1**	454,885	4,919,150
AG2	455,081	4,919,541	**AG2**	454,999	4,919,341
AG3	455,185	4,919,672	**AG3**	455,103	4,919,472
AG4	455,310	4,919,746	**AG4**	455,228	4,919,546

La disposizione degli aerogeneratori sul territorio rispetto alla cartografia IGMI serie 25V, riportata in scala 1.10.000, e rispetto un'immagine satellitare tratta dal web, in scala 1:5.000, è resa disponibile rispettivamente in **Tavola 3** e in **Tavola 4**.

7.2 Producibilità lorda dell'impianto

Nell'**Allegato Tabelle** vengono riportate le tabelle di producibilità lorde dell'impianto, turbina per turbina, valutate con i modelli di aerogeneratore indicati dal Committente. Le elaborazioni tengono conto delle interferenze reciproche tra le macchine (effetto scia).

Le tabelle riportano per ciascun aerogeneratore:

- L'identificativo con riferimento alla tavola grafica allegata
- Le coordinate chilometriche nel sistema di riferimento UTM ED50
- La quota della fondazione del sostegno
- La velocità media annua stimata all'altezza del mozzo
- La produzione lorda attesa, stimata dal modello
- La produzione netta attesa, cioè quella al netto delle perdite per effetto scia
- La percentuale di perdita di produzione per effetto scia
- Le ore annue equivalenti di funzionamento, espresse come rapporto tra la produzione netta attesa e la potenza della macchina;

Seguono, in calce alla tabella, le medie dei vari parametri ovvero le sommatorie per le diverse colonne.

Si riportano in allegato:

- **Tabella 1** producibilità dell'impianto con aerogeneratore Leitwind LTW104 da 2.0 MW con altezza mozzo a 100m;
- **Tabella 2** producibilità dell'impianto con aerogeneratore Leitwind LTW106 da 2.5 MW con altezza mozzo a 100m;
- **Tabella 3** producibilità dell'impianto con aerogeneratore Leitwind LTW101 da 3.0 MW con altezza mozzo a 100m;
- **Tabella 4** producibilità dell'impianto con aerogeneratore Siemens SWT2.3-113 da 2.3 MW con altezza mozzo a 100m;
- **Tabella 5** producibilità dell'impianto con aerogeneratore Senvion 3.2M-114 da 3.2 MW con altezza mozzo a 100m;

8 PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO AL NETTO DELLE PERDITE

La tabella sottostante riporta in sintesi la producibilità lorda stimata dell'impianto in funzione del modello di aerogeneratore indicato; i valori tengono conto solo delle perdite dovute alle scie tra gli aerogeneratori:

Producibilità lorde					
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° aerogeneratori	Potenza impianto [MW]	Producibilità [GWh/anno]	Ore eq. [GWh/GW]
LEITWIND LTW104	2.0	4	8.0	22.025	**2,753**
LEITWIND LTW106	2.5	4	10.0	23.846	**2,385**
LEITWIND LTW101	3.0	4	12.0	23.188	**1,932**
SIEMENS	2.3	4	9.2	26.268	**2,855**
SENVION	3.2	4	12.8	28.299	**2,211**

A tali producibilità lorde devono essere sottratte le seguenti perdite, valutate sulla base della pratica e della letteratura del settore:

Perdite considerate Impianto di Ferriera	%
Disponibilità aerogeneratori	2.00%
Perdite elettriche dell'impianto	3.00%
Perdite densità dell'aria (728m)	5.00%
Altre perdite	1.00%
Totale perdite	**10.60%**

Ne risultano, pertanto, le seguenti producibilità nette:

Producibilità netta (P50%)					
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° aerogeneratori	Potenza impianto [MW]	Producibilità [GWh/anno]	Ore eq. [GWh/GW]
LEITWIND LTW104	2.0	4	8.0	19.691	**2,461**
LEITWIND LTW106	2.5	4	10.0	21.319	**2,132**
LEITWIND LTW101	3.0	4	12.0	20.731	**1,728**
SIEMENS	2.3	4	9.2	23.485	**2,553**
SENVION	3.2	4	12.8	25.300	**1,977**

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

9 CONCLUSIONI

Il presente rapporto contiene i risultati della valutazione di produzione attesa dell'impianto eolico ipotizzato nel sito di "Ferriera", nel Comune di Pontinvrea in Provincia di Savona.

L'attività fa stretto riferimento all'Allegato A di questa relazione, che contiene la validazione e l'analisi statistica dei dati di vento rilevati dalla stazione anemometrica installata in sito e la valutazione della ventosità di lungo periodo per l'implementazione del modello di calcolo WAsP in termini di informazioni anemologiche stabili nel tempo.

In generale, la messa a punto del modello di calcolo WAsP si rende necessaria per valutare, attraverso una serie di verifiche e di controlli successivi, la capacità del modello 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 numerose verifiche sul modello hanno consentito di trovare le soluzioni per valutare il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

Con i risultati ottenuti si è provveduto a definire un layout che teneva conto sia delle ventosità stimate in sito, vedi Tavola 2, sia della disponibilità dei terreni nell'area di interesse. Si è tenuto sotto controllo anche dell'aspetto riguardante le perdite per effetto scia, che ha dato risultati soddisfacenti.

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 dell'impianto almeno per un numero minimo di ore annue di funzionamento tale da garantire la convenienza economica. 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.

L'impianto eolico prospettato per il sito eolico di "Ferriera", a giudicare dai risultati di stima ottenuti, si pone al di sopra della soglia minima di convenienza, soprattutto per macchine di grande taglia con rotore particolarmente maggiorato per operare con ventosità non elevate. Seppur non è oggetto del presente studio, in via preliminare, si può ipotizzare che il sito che ospita l'impianto può candidarsi per vedere installate turbine anche in Classe III.

Tutti i calcoli sono stati effettuati adattando quanto più possibile il modello di vento ottenuto dai programmi di fluidodinamica ai dati realmente osservati. Tutta l'attività è stata svolta con approccio e strumenti professionali, secondo quanto previsto dalla metodologia definita all'interno del sistema di certificazione ISO 9000:2008 con cui è accreditata la nostra società. L'applicazione del modello di calcolo WASP (ver.10.2) è stata effettuata da personale esperto, certificato dal Risoe National Laboratory di Danimarca, produttore del modello stesso.

Milano, Luglio 2014

Andrea Pollizzi

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

ALLEGATO TAVOLE

SITO EOLICO DI FERRIERA

Comune di PONTINVREA (SV)

Ubicazione geografica del sito



Cartina di base: Atlante stradale d'Italia, Volume NORD, 1:200.000, Ediz. TCI, Milano 2004.

N

Scala 1:200.000

Sito eolico



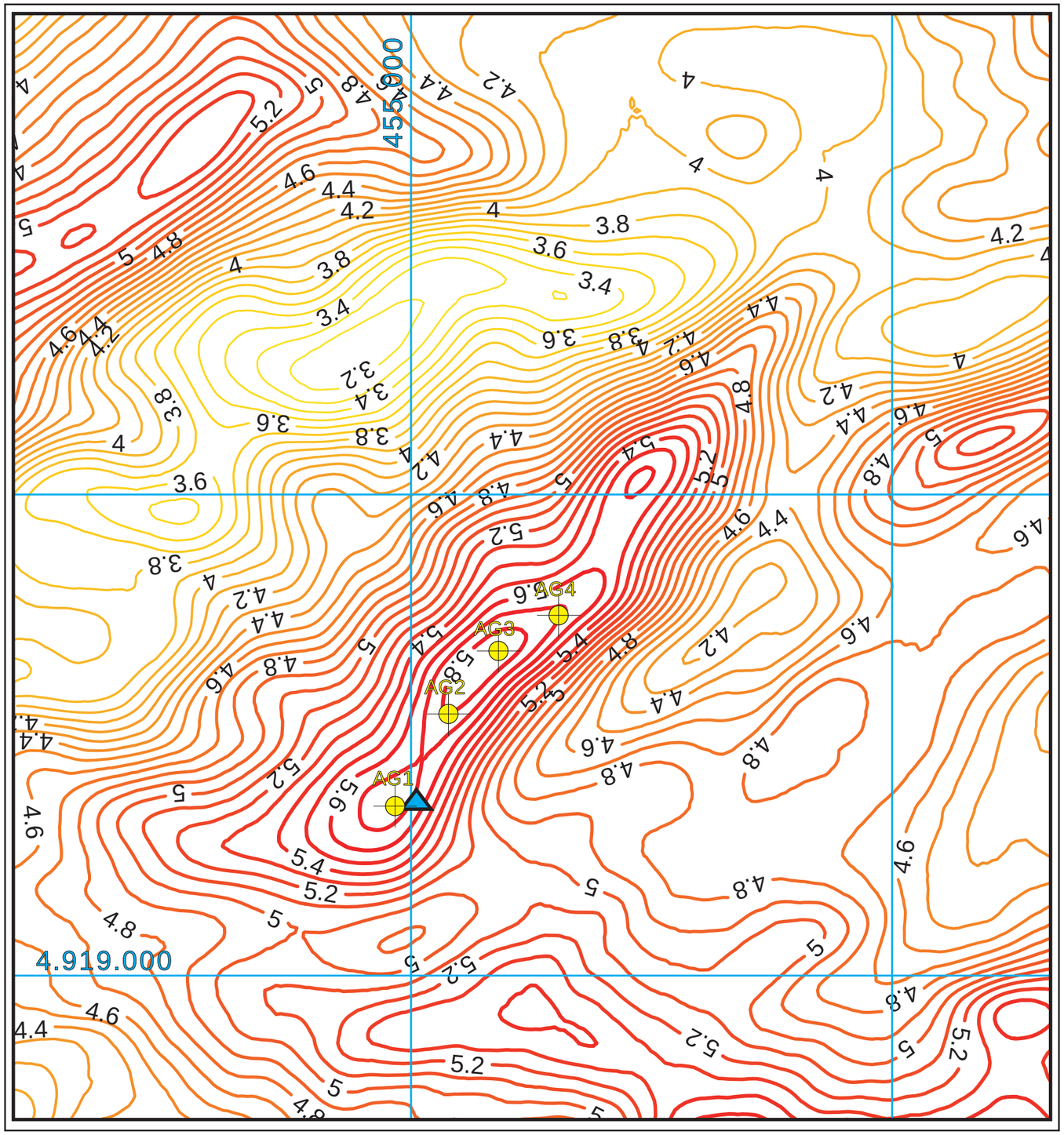
Regione: LIGURIA

TecnoGaia S.r.l.

IMPIANTO EOLICO DI FERRIERA

Comune di Pontinvrea (SV)

Disposizione delle turbine eoliche su curve isovento a 100m dal suolo



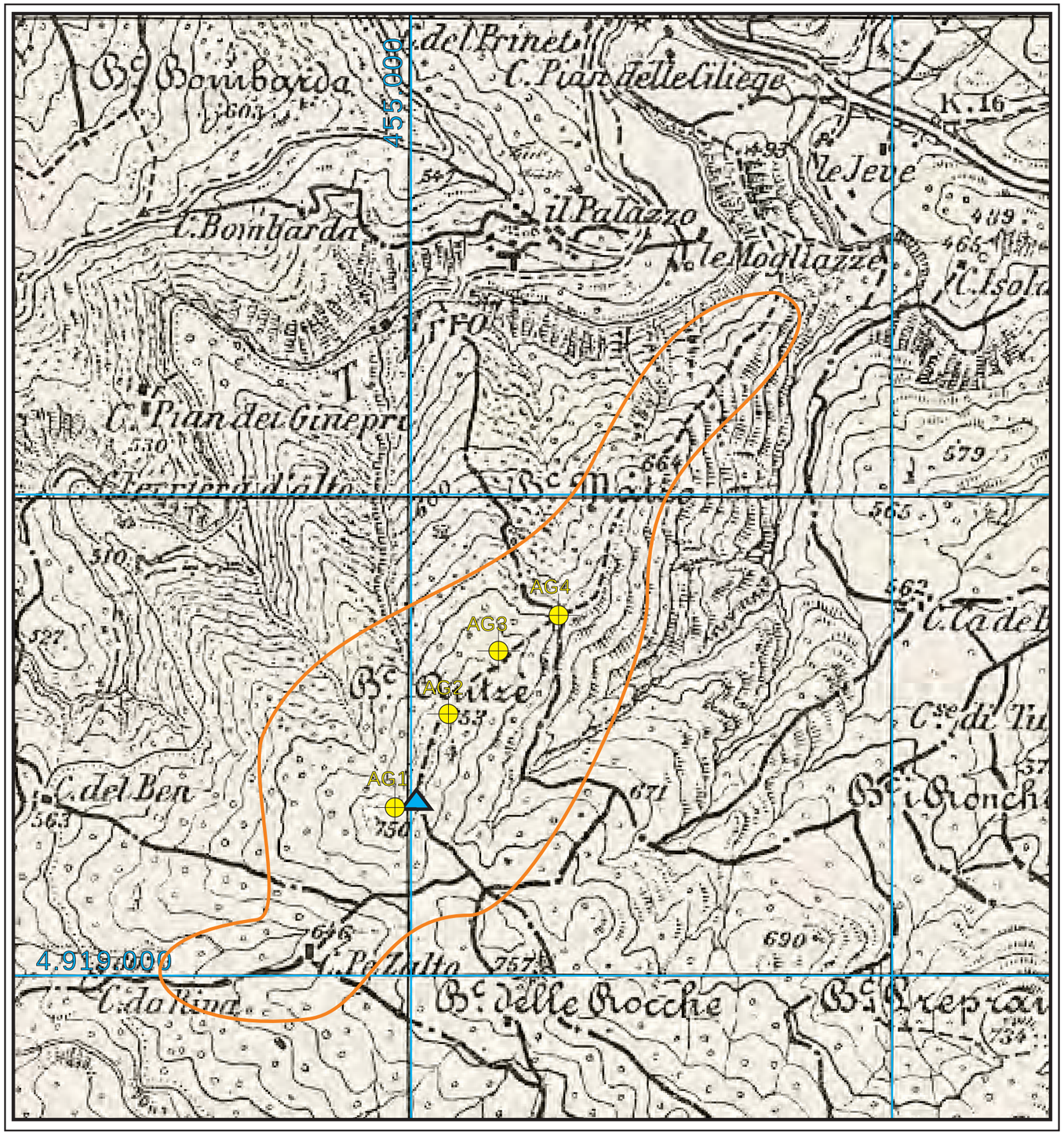
Scala 1:10.000

N

LEGENDA

- Stazione Anemometrica
- Aerogeneratore
- Area di interesse

TecnoGaia S.r.l.



IMPIANTO EOLICO DI FERRIERA

Comune di Pontinvrea (SV)

Disposizione delle turbine eoliche su stralcio di Cartografia IGMI Serie 25

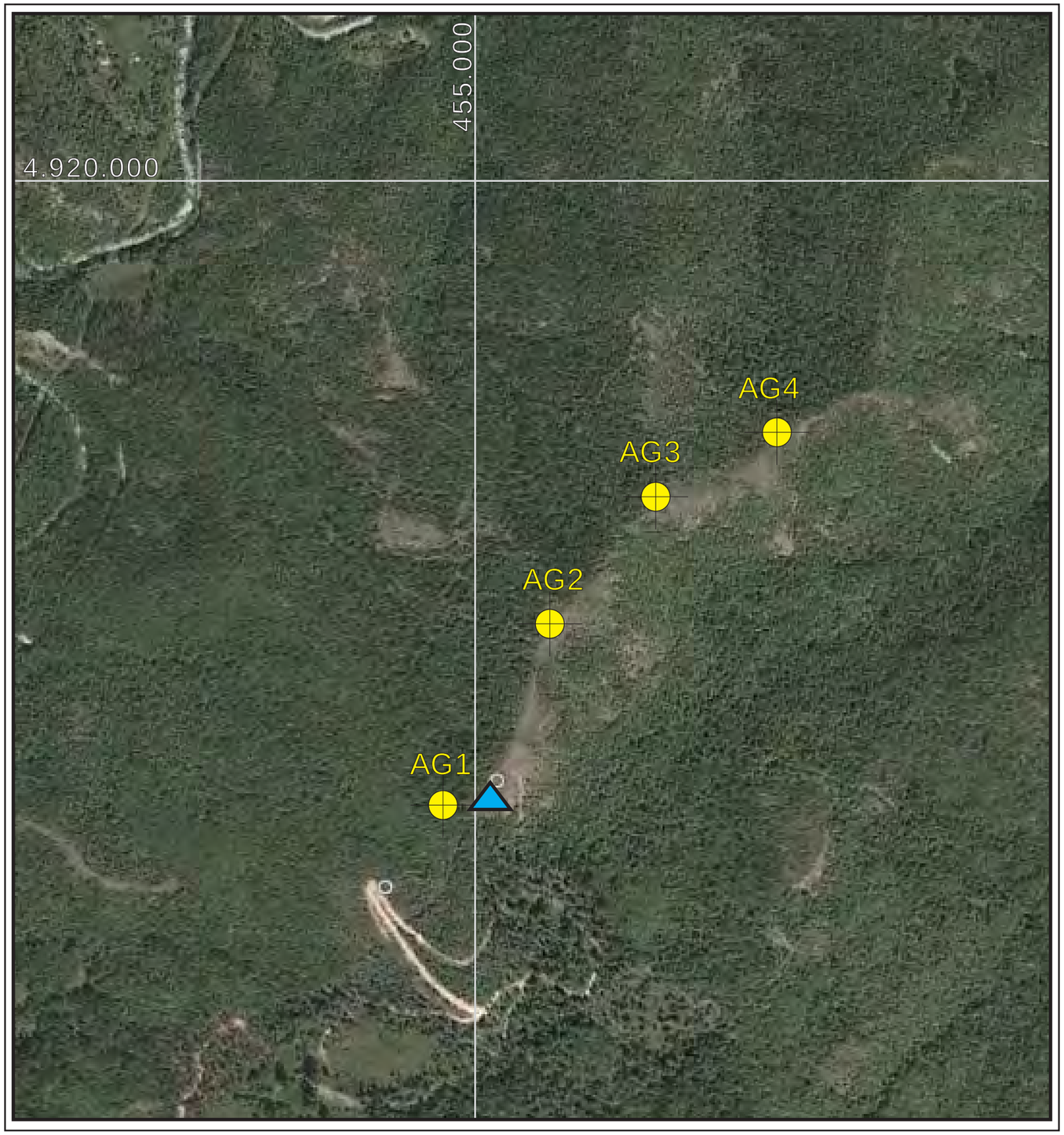
Scala 1:10.000

N

LEGENDA

- Confini regionali
- Confini provinciali
- Confini comunali
- Stazione Anemometrica
- Aerogeneratore
- Area di interesse

TecnoGaia S.r.l.



IMPIANTO EOLICO DI FERRIERA

Comune di Pontinvrea (SV)

Disposizione delle turbine eoliche su stralcio di immagine satellitare tratta dal web

N

Scala 1:5.000

LEGENDA

Stazione Anemometrica

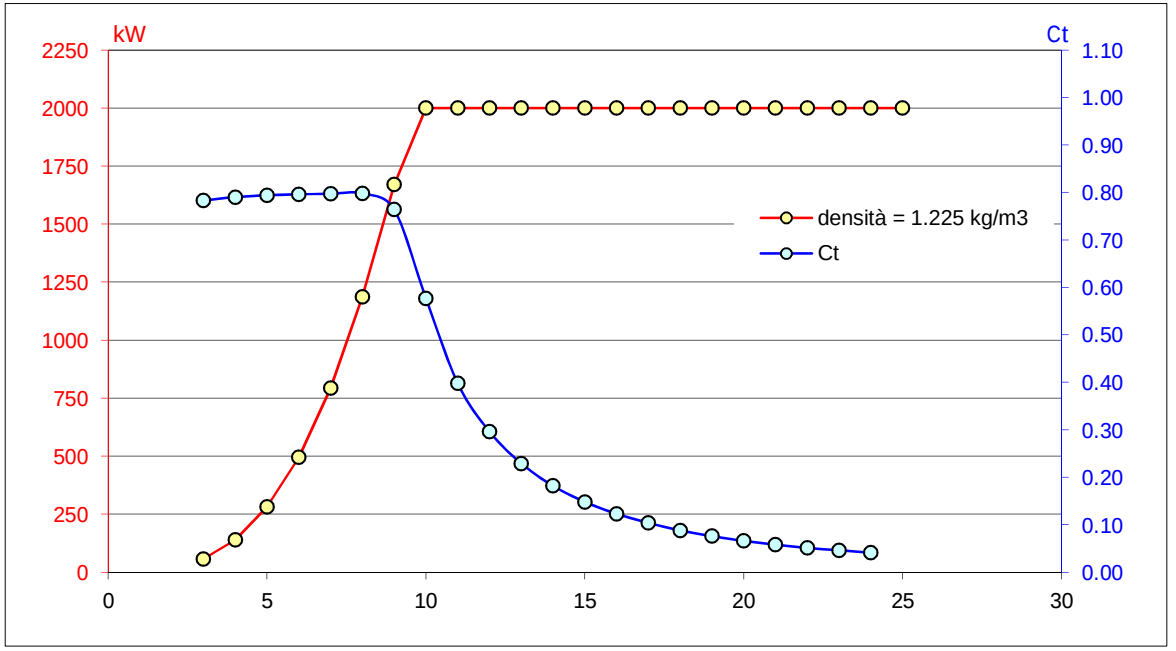
Aerogeneratore

TecnoGaia S.r.l.

ALLEGATO FIGURE

Caratteristica velocità vento - potenza elettrica dell'aerogeneratore LEITWIND - LTW104 da 2.0 MW

V mozzo (m/s)	P (260m) (kW)	Ct
3	57.00	0.783
4	139.00	0.790
5	281.00	0.794
6	495.00	0.796
7	793.00	0.797
8	1186.00	0.798
9	1670.00	0.764
10	2000.00	0.577
11	2000.00	0.398
12	2000.00	0.296
13	2000.00	0.229
14	2000.00	0.182
15	2000.00	0.148
16	2000.00	0.123
17	2000.00	0.104
18	2000.00	0.088
19	2000.00	0.076
20	2000.00	0.066
21	2000.00	0.058
22	2000.00	0.051
23	2000.00	0.046
24	2000.00	0.041
25	2000.00	0.037



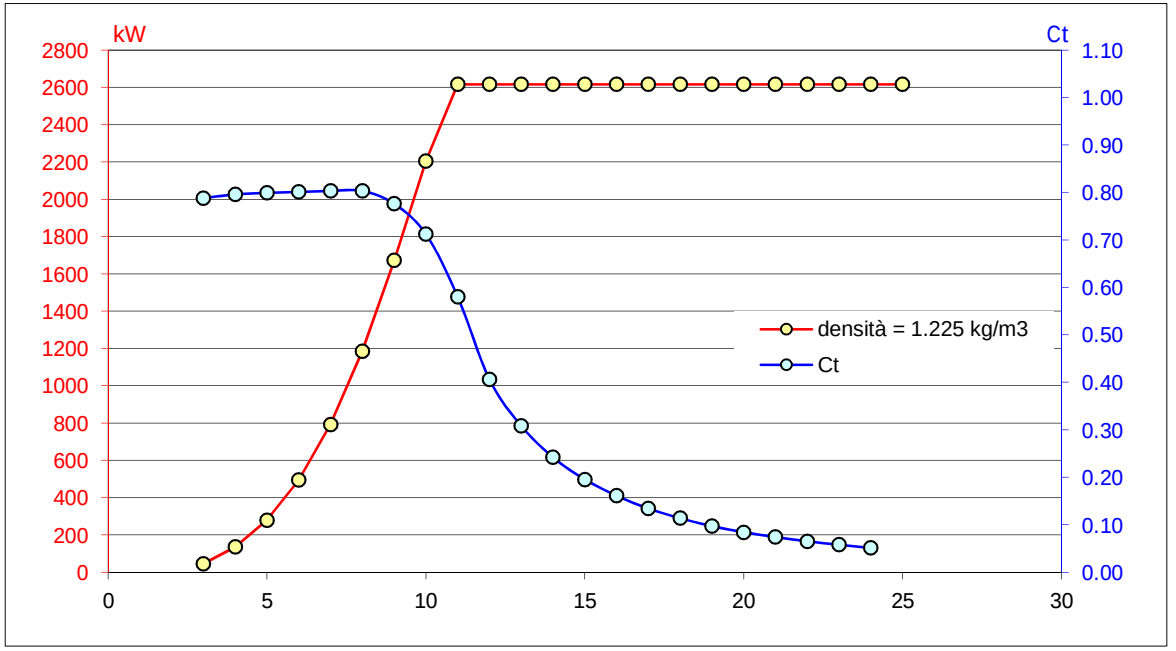
Modello : LTW104 Costruttore : LEITWIND

Potenza nominale : 2000 KW Diametro Rotore : 104 m Altezza del mozzo : 100 m

Note: Curva di potenza teorica calcolata alla densità dell'aria a 0 m s.l.m. (d = 1.225 k/m^3)

Caratteristica velocità vento - potenza elettrica dell'aerogeneratore LEITWIND - LTW106 da 2.5 MW

V mozzo (m/s)	P (260m) (kW)	Ct
3	45.00	0.788
4	135.00	0.796
5	279.00	0.799
6	494.00	0.801
7	792.00	0.803
8	1185.00	0.803
9	1672.00	0.776
10	2205.00	0.712
11	2616.00	0.580
12	2616.00	0.406
13	2616.00	0.308
14	2616.00	0.242
15	2616.00	0.195
16	2616.00	0.161
17	2616.00	0.134
18	2616.00	0.114
19	2616.00	0.097
20	2616.00	0.084
21	2616.00	0.074
22	2616.00	0.065
23	2616.00	0.058
24	2616.00	0.051
25	2616.00	0.047



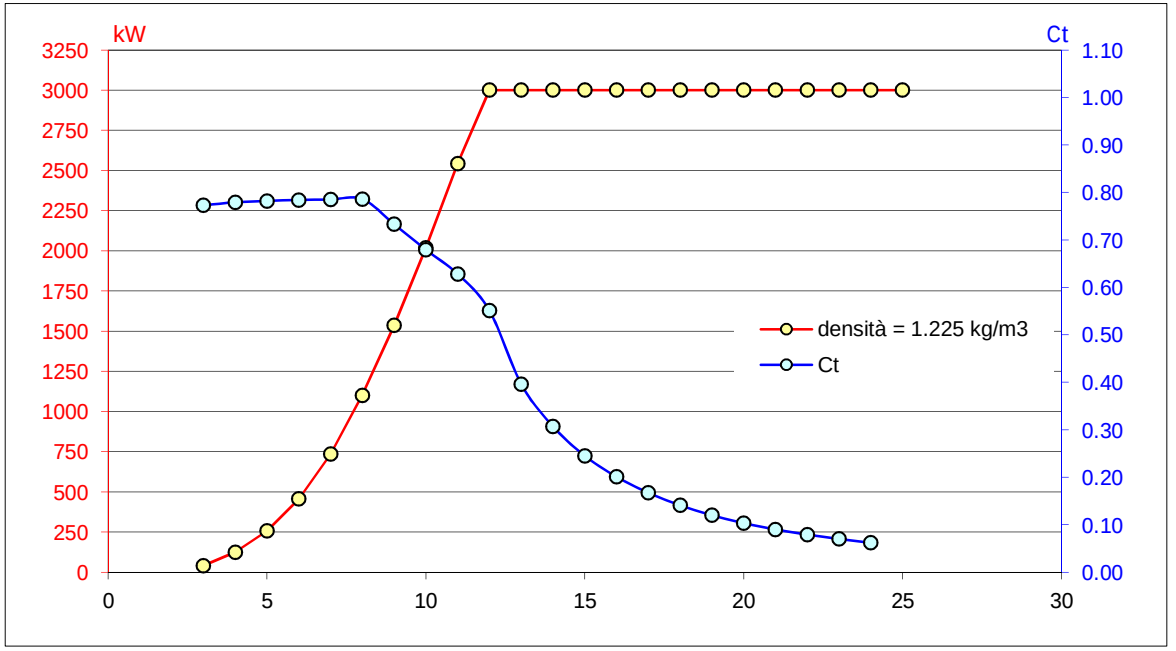
Modello : LTW106 Costruttore : LEITWIND

Potenza nominale : 2500 KW Diametro Rotore : 106 m Altezza del mozzo : 100 m

Note: Curva di potenza teorica calcolata alla densità dell'aria a 0 m s.l.m. (d = 1.225 k/m^3)

Caratteristica velocità vento - potenza elettrica dell'aerogeneratore LEITWIND - LTW101 da 3.0 MW

V mozzo (m/s)	P (260m) (kW)	Ct
3	41.00	0.773
4	124.00	0.779
5	257.00	0.782
6	456.00	0.784
7	735.00	0.785
8	1101.00	0.786
9	1537.00	0.733
10	2019.00	0.679
11	2543.00	0.628
12	3000.00	0.551
13	3000.00	0.396
14	3000.00	0.307
15	3000.00	0.245
16	3000.00	0.201
17	3000.00	0.167
18	3000.00	0.141
19	3000.00	0.120
20	3000.00	0.103
21	3000.00	0.090
22	3000.00	0.079
23	3000.00	0.070
24	3000.00	0.062
25	3000.00	0.056



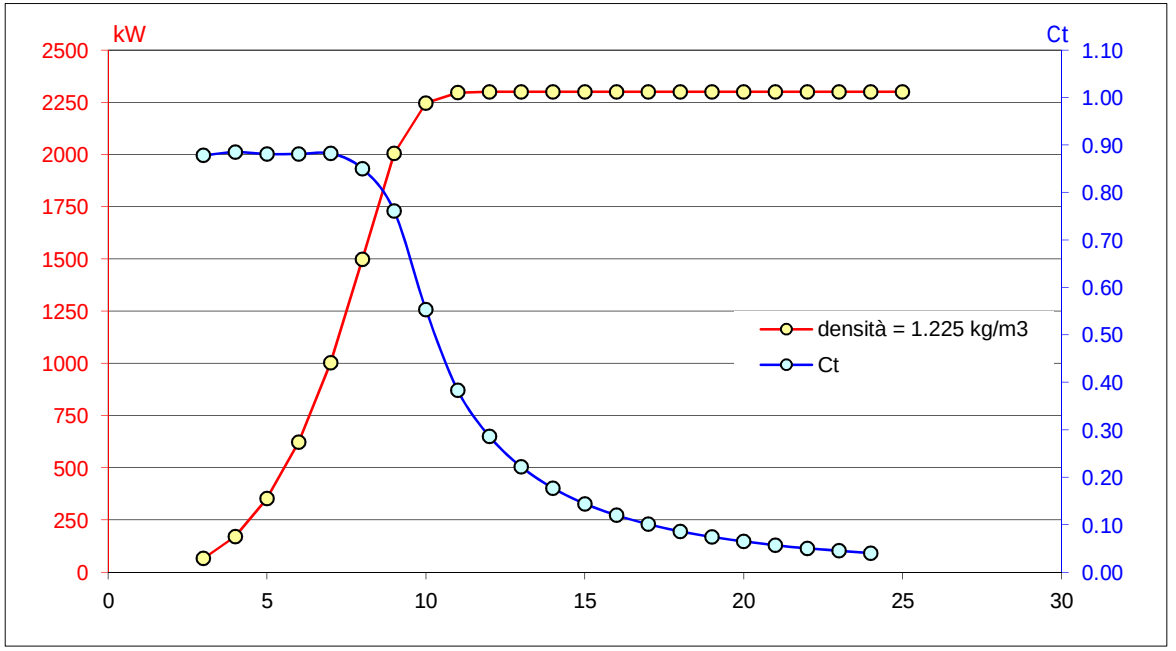
Modello : LTW101 Costruttore : LEITWIND

Potenza nominale : 3000 KW Diametro Rotore : 101 m Altezza del mozzo : 100 m

Note: Curva di potenza teorica calcolata alla densità dell'aria a 0 m s.l.m. (d = 1.225 k/m^3)

Caratteristica velocità vento - potenza elettrica dell'aerogeneratore SIEMENS - SWT2.3-113 da 2.3 MW

V mozzo (m/s)	P (260m) (kW)	Ct
3	66.00	0.878
4	171.00	0.885
5	352.00	0.881
6	623.00	0.881
7	1002.00	0.882
8	1497.00	0.850
9	2005.00	0.761
10	2246.00	0.553
11	2296.00	0.383
12	2300.00	0.286
13	2300.00	0.222
14	2300.00	0.177
15	2300.00	0.144
16	2300.00	0.120
17	2300.00	0.101
18	2300.00	0.086
19	2300.00	0.074
20	2300.00	0.065
21	2300.00	0.057
22	2300.00	0.050
23	2300.00	0.045
24	2300.00	0.040
25	2300.00	0.036



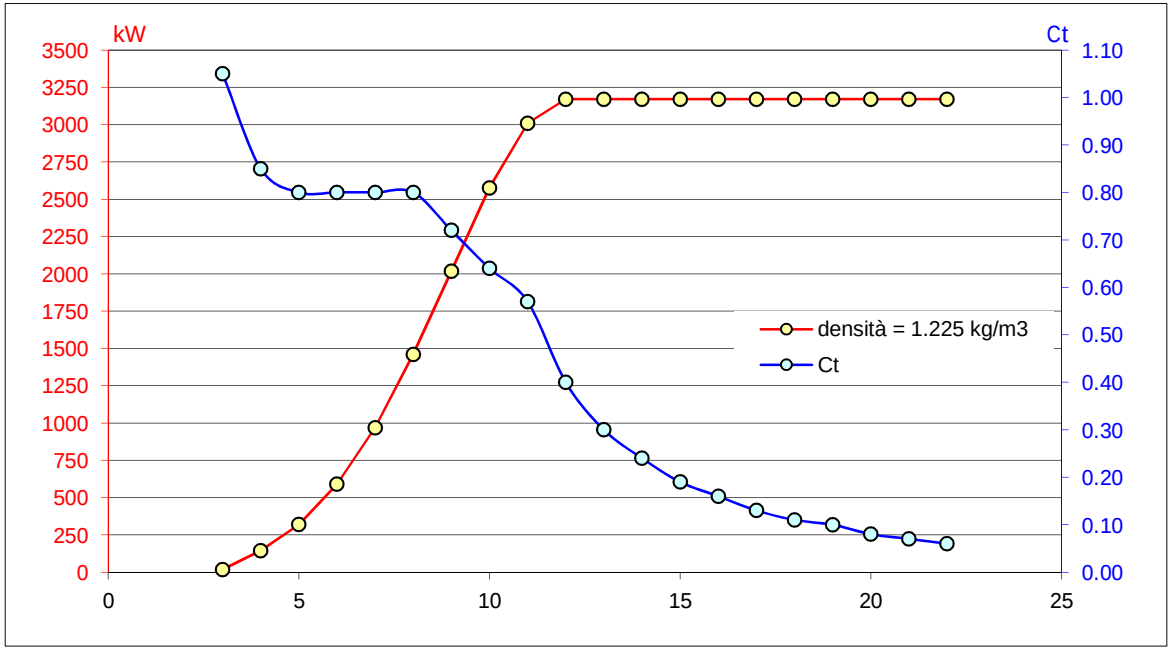
Modello : SWT2.3-113 Costruttore : SIEMENS

Potenza nominale : 2300 KW Diametro Rotore : 113 m Altezza del mozzo : 100 m

Note: Curva di potenza teorica calcolata alla densità dell'aria a 0 m s.l.m. (d = 1.225 k/m^3)

Caratteristica velocità vento - potenza elettrica dell'aerogeneratore SENVION 3.2 M 114 da 3.2 MW

V mozzo (m/s)	P (260m) (kW)	Ct
3	18.00	1.050
4	144.00	0.850
5	319.00	0.800
6	590.00	0.800
7	969.00	0.800
8	1460.00	0.800
9	2017.00	0.720
10	2576.00	0.640
11	3009.00	0.570
12	3170.00	0.400
13	3170.00	0.300
14	3170.00	0.240
15	3170.00	0.190
16	3170.00	0.160
17	3170.00	0.130
18	3170.00	0.110
19	3170.00	0.100
20	3170.00	0.080
21	3170.00	0.070
22	3170.00	0.060



Modello : 3.2 M 114 Costruttore : SENVION

Potenza nominale : 3200 KW Diametro Rotore : 114 m Altezza del mozzo : 100 m

Note: Curva di potenza teorica calcolata alla densità dell'aria a 0 m s.l.m. (d = 1.225 k/m^3)

ALLEGATO TABELLE

IMPIANTO EOLICO di FERRIERA

Stazione di riferimento	**Ferriera @40m 5.38 m/s**
Aerogeneratori (modello)	**LTW104 2.0MW**
Potenza nominale aerogeneratore (kW)	**2000**
Altezza del mozzo (m)	**100**
Potenza impianto (MW)	**8.0**

AG	Coordinate UTM - Fuso 33		Base macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo				
				Dati di WAsP				
	Longitudine	Latitudine		V (m/s)	P lorda (MWh/a)	Perdite per scia (%)	P netta (MWh/a)	Ore eq. (MWh/MW)
AG1	454,967	4,919,350	740	5.74	5.589	3.2	5.412	2.706
AG2	455,081	4,919,541	748	5.79	5.643	3.6	5.443	2.722
AG3	455,185	4,919,672	733	5.87	5.800	1.9	5.688	2.844
AG4	455,310	4,919,746	693	5.70	5.507	0.5	5.482	2.741
	MEDIE		**728**	**5.78**	**5.635**	**2.3**	**5.506**	**2.753**
	SOMME				**22.539**		**22.025**	

Note:
1) Producibilità calcolata con curva di potenza alla quota del mare

IMPIANTO EOLICO di FERRIERA

Stazione di riferimento	**Ferriera @40m 5.38 m/s**
Aerogeneratori (modello)	**LTW106 2.5MW**
Potenza nominale aerogeneratore (kW)	**2500**
Altezza del mozzo (m)	**100**
Potenza impianto (MW)	**10**

AG	Coordinate UTM - Fuso 33		Base macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo				
				Dati di WAsP				
	Longitudine	Latitudine		V (m/s)	P lorda (GWh/a)	Perdite per scia (%)	P netta (GWh/a)	Ore eq./anno (GWh/GW)
AG1	454,967	4,919,350	740	5.74	6.036	3.3	5.835	2.334
AG2	455,081	4,919,541	748	5.79	6.124	3.8	5.892	2.357
AG3	455,185	4,919,672	733	5.87	6.318	2.1	6.184	2.474
AG4	455,310	4,919,746	693	5.70	5.963	0.5	5.935	2.374
	MEDIE		**728**	**5.78**	**6.110**	**2.4**	**5.962**	**2.385**
	SOMME				**24.441**		**23.846**	

Note:
1) Producibilità calcolata con curva di potenza alla quota del mare

IMPIANTO EOLICO di FERRIERA

Stazione di riferimento	**Ferriera @40m 5.38 m/s**
Aerogeneratori (modello)	**LTW101 3.0MW**
Potenza nominale aerogeneratore (kW)	**3000**
Altezza del mozzo (m)	**100**
Potenza impianto (MW)	**12**

AG	Coordinate UTM - Fuso 33		Base macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo				
				Dati di WAsP				
	Longitudine	Latitudine		V (m/s)	P lorda (GWh/a)	Perdite per scia (%)	P netta (GWh/a)	Ore eq. (GWh/GW)
AG1	454,967	4,919,350	740	5.74	5.826	2.9	5.659	1.886
AG2	455,081	4,919,541	748	5.79	5.936	3.2	5.746	1.915
AG3	455,185	4,919,672	733	5.87	6.142	1.8	6.033	2.011
AG4	455,310	4,919,746	693	5.70	5.772	0.4	5.750	1.917
	MEDIE		**728**	**5.78**	**5.919**	**2.0**	**5.797**	**1.932**
	SOMME				**23.676**		**23.188**	

Note:
1) Producibilità calcolata con curva di potenza alla quota del mare

IMPIANTO EOLICO di FERRIERA

Stazione di riferimento	**Ferriera @40m 5.38 m/s**
Aerogeneratori (modello)	**SWT2.3-113 2.3MW**
Potenza nominale aerogeneratore (kW)	**2300**
Altezza del mozzo (m)	**100**
Potenza impianto (MW)	**9.2**

AG	Coordinate UTM - Fuso 33		Base macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo – Dati di WAsP				
	Longitudine	Latitudine		V (m/s)	P lorda (GWh/a)	Perdite per scia (%)	P netta (GWh/a)	Ore eq. (GWh/GW)
AG1	454,967	4,919,350	740	5.74	6.732	4.2	6.447	2.803
AG2	455,081	4,919,541	748	5.79	6.790	4.8	6.462	2.810
AG3	455,185	4,919,672	733	5.87	6.970	2.8	6.773	2.945
AG4	455,310	4,919,746	693	5.70	6.630	0.7	6.586	2.863
		MEDIE	**728**	**5.78**	**6.781**	**3.1**	**6.567**	**2.855**
		SOMME			**27.122**		**26.268**	

Note:
1) Producibilità calcolata con curva di potenza alla quota del mare

IMPIANTO EOLICO di FERRIERA

Stazione di riferimento	**Ferriera @40m 5.38 m/s**
Aerogeneratori (modello)	**REp3.2-104 3.2MW**
Potenza nominale aerogeneratore (kW)	**3200**
Altezza del mozzo (m)	**100**
Potenza impianto (MW)	**12.8**

AG	Coordinate UTM - Fuso 33		Base macchina (m s.l.m.)	Dati al mozzo				
				Dati di WAsP				
	Longitudine	Latitudine		V (m/s)	P lorda (GWh/a)	Perdite per scia (%)	P netta (GWh/a)	Ore eq. (GWh/GW)
AG1	454,967	4,919,350	740	5.74	7.205	4.1	6.913	2.160
AG2	455,081	4,919,541	748	5.79	7.310	4.6	6.978	2.181
AG3	455,185	4,919,672	733	5.87	7.543	2.8	7.335	2.292
AG4	455,310	4,919,746	693	5.70	7.118	0.6	7.073	2.210
	MEDIE		**728**	**5.78**	**7.294**	**3.0**	**7.075**	**2.211**
	SOMME				**29.176**		**28.299**	

Note:
1) Producibilità calcolata con curva di potenza alla quota del mare

ALLEGATO 1

Document number Dokumentnummer Numéro de document Numero di documento	**WR00536**	Revision number Revisionsnummer Numéro de révision Numero di revisione	**R0**	Language Sprache Langue Lingua	**EN**	LEITWIND®
Project DIM 3	ID00	Element DIM 4	IE001	Key words Schlüsselwörter Mots clés Parole chiavi		**Power curve; LTW104; 2.0MW**

Technical Report

Preliminary Power Curves for LTW104 2.0MW wind turbine

PRELIMINARY

Drawing nr. Zeichnung Nr. Plan nr. Disegno n.			Alias number Aliasnummer Alias de document Alias di documento		
Revision number Revisionsnummer Numéro de révision Numero di revisione	Date Datum Date Data	Modifications Änderungen Modifications Modifiche	Issued Erstellt Élaboré Eseguito	Checked Kontrolliert Contrôlé Controllato	Approved Freigegeben Approuvé Liberato
R0	21.06.2011	Creation of document	Federica Baretti	Michele Rampanelli	Matteo Casazza

The last revision deletes all old revisions.
Die letzte Revision annulliert alle vorhergehenden Revisionen.
La dernière révision annule toutes les révisions précédentes.
L'ultima revisione annulla tutte le revisioni precedenti.

	Issued Erstellt Èlaboré Eseguito	Checked Kontrolliert Contrôlé Controllato	Approved Freigegeben Approuvé Liberato	Approved by notified body Akzeptiert von benannter Stelle Accepté par l'Organisme Notifié Accettato da ente notificato
Date Datum Date Data				
Signature Unterschrift Visa Firma				

Translation language in language Übersetzung Sprache in Sprache Traduction langue vers une langue Traduzione da lingua in lingua	Date Datum Date Data	Issued Erstellt Élaboré Eseguito	Date Datum Date Data	Checked Kontrolliert Contrôlé Controllato
Original language …… / Translation …… Originalsprache …… / Übersetzung …… Langue originelle …… / Traduction …… Lingua originale …… / Traduzione ……				

Classification Klassifikation Classification Classificazione	**Commercial in Confidence**	Archive level Archiv Ebene Archives niveau Livello archivio	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

This document is LEITWIND's property. Duplications without the permission of LEITWIND is prohibited.
Dieses Dokument ist Eigenturm der Firma LEITWIND, welche die Weiterbildung an Dritte ohne Einwilligung untersagt.
Ce document est à proprieté de la société LEITWIND. La réproduction sans permission de LEITWIND est strictement interdite.
Il presente documento è di proprietà della ditta LEITWIND che ne vieta ogni riproduzione e cessione a terzi a termini di legge.

LEITWIND AG
Brennerstraße 34 I-39049 Sterzing (BZ) Italy
Via Brennero 34 I-39049 Vipiteno (BZ) Italy

Tel. +39/0472/722111 Telefax +39/0472/722586
Internet: www.leitwind.com
E-mail: info@leitwind.com

Level of Document Classification	
Strictly Confidential :	Recipients only (NDA required, for technical material)
Private and Confidential :	For disclosure to individuals directly concerned within the recipient's organization
Commercial in Confidence :	Not to be disclosed outside the recipient's organization
Leitwind only :	Only for Leitwind staff
Client's Discretion :	Distribution at the discretion of the client subject to contractual agreement
Published :	Available to the general public

Teamcenter and Movex Classification for Specifications		Good receiving method (register in acceptance?) No (**1**)[1]	Yes (**2**)[2]	Traceability and marking request (**2&2**)[3]
F	FORM FOR TRACEABILITY			
P	PROCESS FOR PRODUCT QUALITY			
R	REQUEST FOR PRODUCT QUALITY			
D	PRODUCT INDEPENDENT PROCESS			

1: No register in acceptance (it is not necessary the control from Quality Dept.);

2: It is necessary the control from Quality Dept. of reception of component (request of quality control for traceability, documentation and certificates control, certificates will be registered with serial number of items);

3: Contains a request for marking for traceability and Logistic Dept. will link of the serial number of components to installation.

Distribution List
H PC&S ltnket
H R&D ltncmt
Ltnsgt

Document structure (* : mentioned, not in structure)

LEITWIND AG
Brennerstraße 34 I-39049 Sterzing (BZ) Italy
Via Brennero 34 I-39049 Vipiteno (BZ) Italy

Tel. +39/0472/722111 Telefax +39/0472/722586
Internet: www.leitwind.com
E-mail: info@leitwind.com

PRELIMINARY

Index

1 Introduction 2

2 Power Curve 2

3 Power curves 3

3.1 Steady Power Curve 3

PRELIMINARY

1 Introduction

This document shows the PRELIMINARY power curve of the Leitwind LTW104_2.0_IECIIIS wind turbines.

2 Power Curve

The reported power curve is the following:

- **Steady power curve**. This curve has been obtained with a stationary simulation without flow inclination and without wind shear at uniform wind speed for each wind speed bin

All the curves are obtained in standard atmospherically condition

- Air Density 1,225 kg/m^3
- Height about sea level 0 m

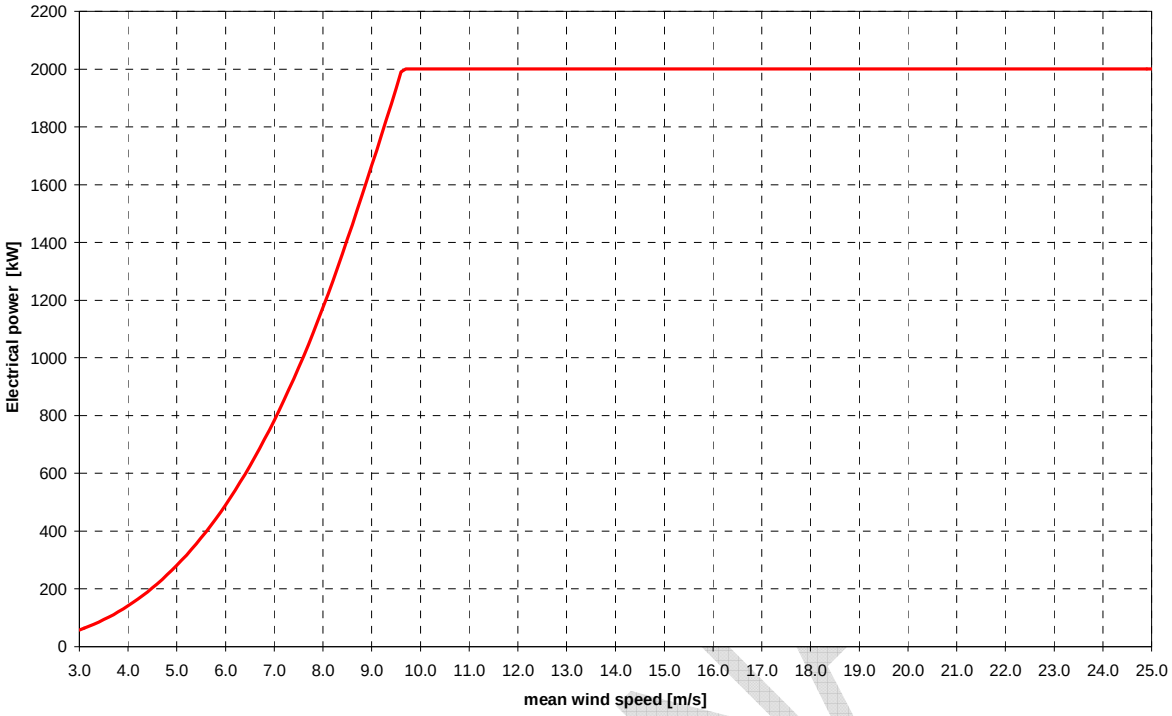
PRELIMINARY

3 Power curves

3.1 Steady Power Curve

Mean wind speed [m/s]	Electrical power [kW]	Thrust coeff.
3.0	58	0.05216
3.5	93	0.05181
4.0	142	0.05158
4.5	203	0.05144
5.0	281	0.05132
5.5	376	0.05124
6.0	491	0.05118
6.5	626	0.05114
7.0	784	0.05111
7.5	966	0.05109
8.0	1175	0.05107
8.5	1411	0.05105
9.0	1666	0.05357
9.5	1935	0.05578
10.0	2000	0.05204
10.5	2000	0.04720
11.0	2000	0.04301
11.5	2000	0.03935
12.0	2000	0.03614
12.5	2000	0.03330
13.0	2000	0.03079
13.5	2000	0.02855
14.0	2000	0.02655
14.5	2000	0.02475
15.0	2000	0.02313
15.5	2000	0.02166
16.0	2000	0.02033
16.5	2000	0.01911
17.0	2000	0.01801
17.5	2000	0.01699
18.0	2000	0.01606
18.5	2000	0.01520
19.0	2000	0.01442
19.5	2000	0.01369
20.0	2000	0.01301
20.5	2000	0.01238
21.0	2000	0.01180
21.5	2000	0.01126
22.0	2000	0.01075
22.5	2000	0.01028
23.0	2000	0.00984
23.5	2000	0.00942
24.0	2000	0.00903
24.5	2000	0.00867
25.0	2000	0.00833

PRELIMINARY



PRELIMINARY

Document number Dokumentnummer Numéro de document Numero di documento	WU00101	Revision number Revisionsnummer Numéro de révision Numero di revisione	R0	Language Sprache Langue Lingua	EN	LEITWIND
Project DIM 3	ID00343	Element DIM 4	IE003	Key words Schlüsselwörter Mots clés Parole chiavi		LTW106; 2.5MW, tandem

General standard document

General description of LTW106_2.5_IIIA wind turbine

Drawing nr. Zeichnung Nr. Plan nr. Disegno n.					
Revision number Revisionsnummer Numéro de révision Numero di revisione	Date Datum Date Data	Modifications Änderungen Modifications Modifiche	Issued Erstellt Élaboré Eseguito	Checked Kontrolliert Contrôlé Controllato	Approved Freigegeben Approuvé Liberato
R0	12.02.2010	Creation of document	M.Verdesca	I. Pezzo	M.Casazza

The last revision delete all old revisions.
Die letzte Revision annulliert alle vorhergehenden Revisionen.
La dernière révision annule toutes les révisions précédentes
L'ultima revisione annulla tutte le revisioni precedenti.

	Issued Erstellt Èlaboré Eseguito	Checked Kontrolliert Contrôlé Controllato	Approved Freigegeben Approuvé Liberato	Approved by notified body Akzeptiert von benannter Stelle Accepté par l'Organisme Notifié Accettato da ente notificato
Date Datum Date Data	12.02.2010	12.02.2010	22.02.2010	
Signature Unterschrift Visa Firma				

Translation language in language Übersetzung Sprache in Sprache Traduction langue vers une langue Traduzione da lingua in lingua	Date Datum Date Data	Issued Erstellt Èlaboré Eseguito	Date Datum Date Data	Checked Kontrolliert Contrôlé Controllato
Original language ... ... / Translation... ... ... Originalsprache ... ... / Übersetzung ... ... Langue originelle... ... ... / Traduction... ... ... Lingua originale ..... / Traduzione				

Classification Klassifikation Classification Classificazione	**Strictly Confidential**

This document is LEITWIND's property. Duplications without the permission of LEITWIND is prohibited.
Dieses Dokument ist Eigentum der Firma LEITWIND, welche die Weiterbildung an Dritte ohne Einwilligung untersagt.
Ce document est à propriété de la société LEITWIND. La réproduction sans permission de LEITWIND est strictement interdite
Il presente documento è di proprietà della ditta LEITWIND che ne vieta ogni riproduzione e cessione a terzi a termini di legge..

LEITWIND AG
Brennerstraße 34 I-39049 Sterzing (BZ) Italy
Via Brennero 34 I-39049 Vipiteno (BZ) Italy
Tel. ++39/0472/722111 Telefax ++39/0472/764884
Internet: www.leitner-lifts.com
E-mail: info@leitwind.com

Level of Document Classification	
Strictly Confidential :	Recipients only (NDA required, for technical material)
Private and Confidential :	For disclosure to individuals directly concerned within the recipient's organization
Commercial in Confidence :	Not to be disclosed outside the recipient's organization
Leitwind only :	Only for Leitwind staff
Client's Discretion :	Distribution at the discretion of the client subject to contractual agreement
Published :	Available to the general public

Teamcenter and Movex Classification for Specifications		Good receiving method (register in acceptance?) No (**1**)[1]	Yes (**2**)[2]	Traceability and marking request (**2&2**)[3]
F	FORM FOR TRACEABILITY			
P	PROCESS FOR PRODUCT QUALITY			
R	REQUEST FOR PRODUCT QUALITY			
D	PRODUCT INDEPENDENT PROCESS			

1: No register in acceptance (it is not necessary the control from Quality Dept.);
2: It is necessary the control from Quality Dept. of reception of component (request of quality control for traceability, documentation and certificates control, certificates will be registered with serial number of items);
3: Contains a request for marking for traceability and Logistic Dept. will link of the serial number of components to installation.

Distribution List
I.Pezzo
Joerg NACHBAUR (LTW Wien)

Mentioned Documents

Index

1 1. Wind turbine description 4
1.1 Concept 4
1.2 Rotor 4
1.3 Generator group 4
1.4 Electrical systems 4
1.5 Lightning protection 4
1.6 Machine carrier and yaw system 5
1.7 Tower 5
1.8 Brake systems 5
1.8.1 Aerodynamic rotor brake 5
1.8.2 Mechanical rotor brake 5
1.8.3 Mechanical brake for pitch motors 5
1.8.4 Mechanical brake for yaw motors 5
1.9 Control and protection system 6
1.10 Availability 6
2 Technical data 7
3 Power curve 9
4 Annual energy yield 11
5 Lay-out LTW106 2.5MW IIIA 12

List of Tables

Table 3-1 Calculated annual energy yield 10
Table 4-1 Calculated annual energy yield 11

List of Figures

Figure 3-1 Calculated steady power curve 9
Figure 4-1 Calculated annual energy yield 11
Figure 5-1 lay-out LTW106 12

1 1.Wind turbine description

1.1 Concept

The LTW106 2.5MW is a three bladed upwind turbine with a horizontal axis, variable speed and pitch regulation. The nacelle has a modular structure, based on the three main mechanical groups: the rotor, the generator group, composed by the front and the rear generators connected by a transmission shaft, and the machine carrier. This concept allows, besides simple transportation, a fairly easy, separate assembling of the main groups.
The wind turbine has been designed according to IEC 61400.

1.2 Rotor

The rotor group consists of three fibre-glass reinforced blades, connected to a casting hub by ball bearings, which allow the pitching of the blades at full length by three independent electrical drivers. This pitch system controls the rotor speed and regulates the power above rated wind speed.

1.3 Generator group

The generator group is composed by two 1.5 MW electrical generators in “tandem configuration”. The two generators are connected to the hub with a transmission shaft and the stators are connected directly to the machine carrier. They are part of the carrying structure and their single bearing supports the rotor group. Each generator is a synchronous, multipole machine with permanent magnets. It operates from 6 to 14.5 rpm together with the rotor, producing a 3 phase electrical signal variable in voltage, current and frequency. The protection class of the generator is IP44. The passive cooling system is realized with cooling fins on the external surface of the generator.

1.4 Electrical systems

The power generation is essentially based on the direct-drive generators and on a four quadrant IGBT frequency converter positioned in the tower base, which always extracts the optimal electrical power from the generator and converts it into grid compatible output.
A medium voltage transformer is installed below the bottom platform of the tower to avoid an additional external building.
The hardware components of the control system are located in the base of the tower – a subsystem (slave) of the control system is located in the nacelle. The communication with the pitch system is facilitated by slip rings; the communication to the tower base (master) is done via optical wires. The power transmission through the yaw joint is realized with an anti-twist direct cable connection.

1.5 Lightning protection

The lightning protection is realized according to IEC 61024 standard. All the other electrical subsystems, like control system and pitch system, are located inside the main steel carrying structure, assuring an optimal lightning protection.

1.6 Machine carrier and yaw system

The machine carrier is a cast construction, which permits the access to the nacelle from the internal side of the tower head. All the other main components, like pitch system, pitch bearings, all bolted joints, main bearing and generator, are accessible from the inside due to the unique hollow drive train design.
The nacelle is connected to the tower by a double four-point ball bearing. The yawing of the nacelle is obtained by three electrical actuators with brakes.

1.7 Tower

The standard tower is designed for a hub height of 100 m and consists of tubular steel segments and a concrete section (hybrid solution). Different solutions can be offered depending on site characteristics. The access door, the transformer, and the converter controller-room are located in the lower segment of the tower. The access door is designed to allow the converter and transformer to be installed or removed without disassembling the turbine.

1.8 Brake systems

1.8.1 Aerodynamic rotor brake

The slowing down of the rotor is obtained aerodynamically by moving the blades to feather position. Each of the three pitch motors is backed up by batteries to ensure a safe braking manoeuvre even in case of a grid loss.

1.8.2 Mechanical rotor brake

The mechanical brake of the rotor consists of two electric driven brakes, which are used as parking brakes during maintenance. It is possible that the brakes are activated during a specific emergency stop, when the rotor speed drops below a certain value. These specific emergency stops are activated by the control or protection system.

1.8.3 Mechanical brake for pitch motors

The mechanical brake for every single blade consists in an electric driven brake, which is positioned in every pitch motor. During normal operation the brakes are open and they are only activated when the blades are in feather position. In case of grid loss the brakes are backed up by batteries.

1.8.4 Mechanical brake for yaw motors

The mechanical brake for the yaw system consists of a hydraulic driven part and an electric driven brake in every single yaw motor. The electric driven brakes are always closed except during yaw manoeuvre. The hydraulic driven part consists in main control component and seven brakes.

1.9 Control and protection system

The control system is based on a multiprocessor control system, which manages automatically all the turbine functions like start up, shut down, power production, subsystem availability. This system also allows the remote control of the wind turbine.
The protection system is a completely autonomous, hardwired solution, capable of bringing the turbine in parking position in any case of failure, overruling the control system.

1.10 Availability

A high level of availability is offered by the direct drive solution and the consequent few high speed rotating parts and the usage of permanent magnets.
The robust cooling system, the utilization of an efficient lightning protection system, ad advanced control system and the location of all the electrical equipment on the inner side and the overall good accessibility increase also the turbine availability.

2 Technical data

Design data

Wind class	IIIA according to IEC 61400-1
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	10.8 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s
Life time	20 years

Rotor

Disposition	upwind
Diameter	106 m
Swept area	8824 m^2
Nr. of blades	3
Blade material	fibre-glass reinforced
Rotor speed range	6 – 14.5 rpm, variable
Tilting angle	5 deg
Cone angle	-3 deg
Sense of rotation	clockwise

Pitch system

Concept	three autonomous drives
Power regulation	speed and pitch control
Pitch drives	3 DC motors with multistage planetary gearboxes
Back up	3 independent battery banks

Braking devices

Main brake	aerodynamic, pitch
Service brake	electrical, direct on the generator rotor
Locking	hydraulic, direct on the generator rotor

Generators

Mech. construction	direct drive permanent magnets integrated in carrying structure single bearing
Cooling	natural convection
Protection class	IP44

Converter

Technology	4Q-IGBT
Output power grid side	2500 kW
Output voltage and range	3 ~ 690 V +/- 10%
Cos φ	0.9 ind - 1 – 0.9 cap, adjustable

Yaw system

Concept	multiple electrical AC gear drives and brake callipers;
Bearing	four point slewing bearing
Yaw speed	24 min. for 360°

Tower

Concept	tubular steel conical + concrete section (hybrid);
Hub height	100m

Control system

Concept	PLC, real time
Location	tower base (master) and nacelle (slave)
Remote control	integrated SCADA
Condition monitoring	optional

Safety system

Concept	hard wired safety loop

Environmental condition limits

Survival temperature	min. - 25 ℃
	max. + 50 ℃
Operational temperature	min. - 10° C
	max. + 40 ℃

3 Power curve

The Figure 3-1 and the Table 4-1 show the calculated steady power curve.

This curve has been calculated under following assumptions:

- uniform steady wind field
- standard air conditions (1.225 kg/m^3, 15℃)
- no horizontal or vertical flow inclination, no wind shear

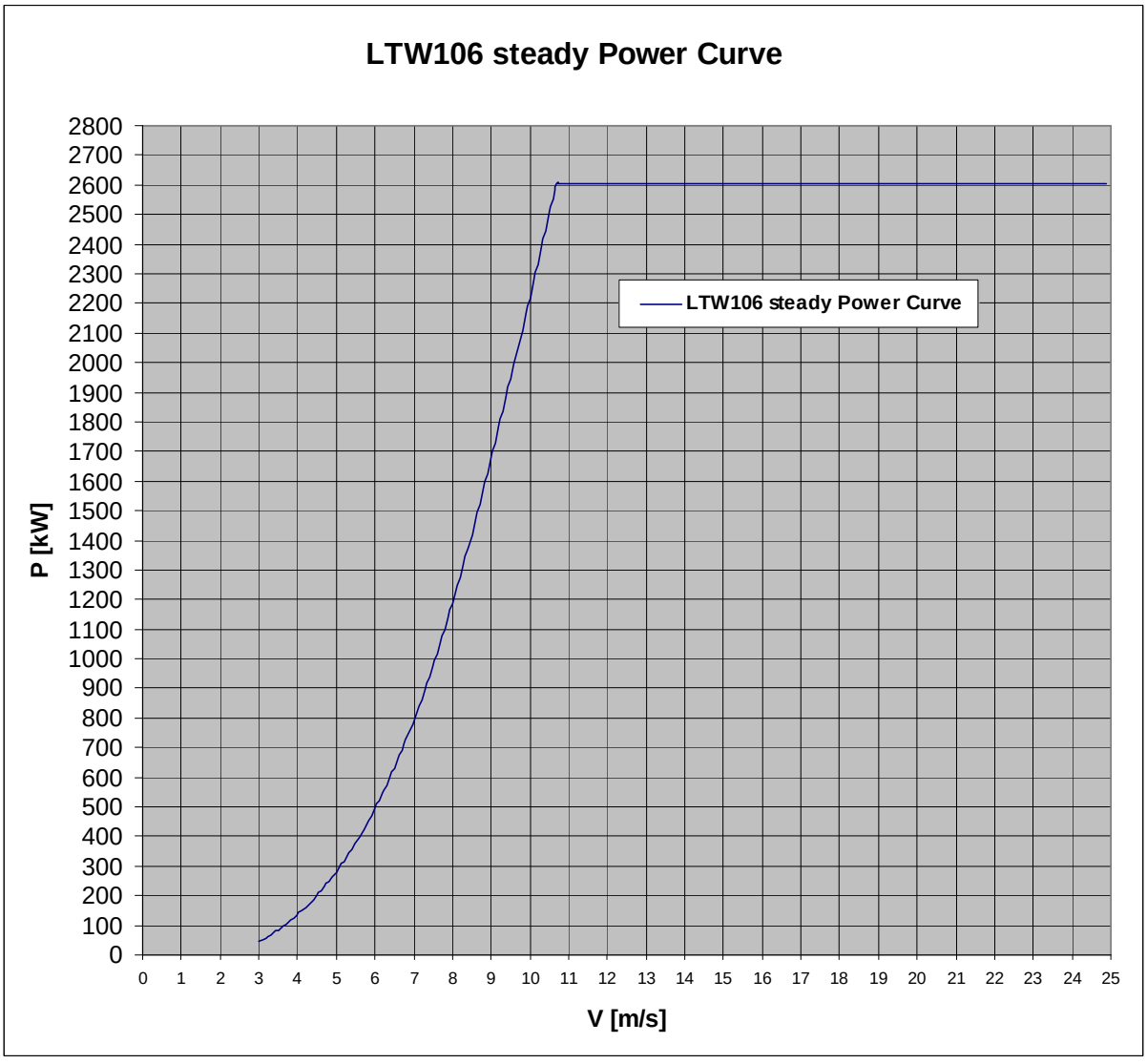


Figure 3-1 Calculated steady power curve

Hub wind speed [m/s]	Electrical power [kW]	Thrust coefficient [.]	Power coefficient [.]
3	45	0.788	0.480
3.5	84	0.793	0.480
4	135	0.796	0.480
4.5	200	0.798	0.480
5	279	0.799	0.481
5.5	377	0.801	0.481
6	494	0.801	0.481
6.5	631	0.802	0.481
7	792	0.803	0.481
7.5	977	0.803	0.481
8	1185	0.803	0.481
8.5	1419	0.804	0.482
9	1672	0.776	0.480
9.5	1933	0.742	0.474
10	2205	0.712	0.466
10.5	2471	0.677	0.454
11	2616	0.580	0.419
11.5	2616	0.477	0.367
12	2616	0.406	0.323
12.5	2616	0.352	0.286
13	2616	0.308	0.254
13.5	2616	0.272	0.227
14	2616	0.242	0.203
14.5	2616	0.217	0.183
15	2616	0.195	0.165
15.5	2616	0.177	0.150
16	2616	0.161	0.136
16.5	2616	0.147	0.124
17	2616	0.134	0.114
17.5	2616	0.123	0.104
18	2616	0.114	0.096
18.5	2616	0.105	0.088
19	2616	0.097	0.081
19.5	2616	0.091	0.075
20	2616	0.084	0.070
20.5	2616	0.079	0.065
21	2616	0.074	0.060
21.5	2616	0.069	0.056
22	2616	0.065	0.052
22.5	2616	0.061	0.049
23	2616	0.058	0.046
23.5	2616	0.054	0.043
24	2616	0.051	0.040
24.5	2616	0.049	0.038
25	2616	0.047	0.036

Table 3-1 Calculated steady power curve

4 Annual energy yield

The energy yield, shown in the Figure 3-1 and in the Table 4-1, has been calculated with the power curve subject to the following assumptions:

- 100% wind turbine availability
- annual mean wind speeds and a Weibull wind distribution with factor K = 2

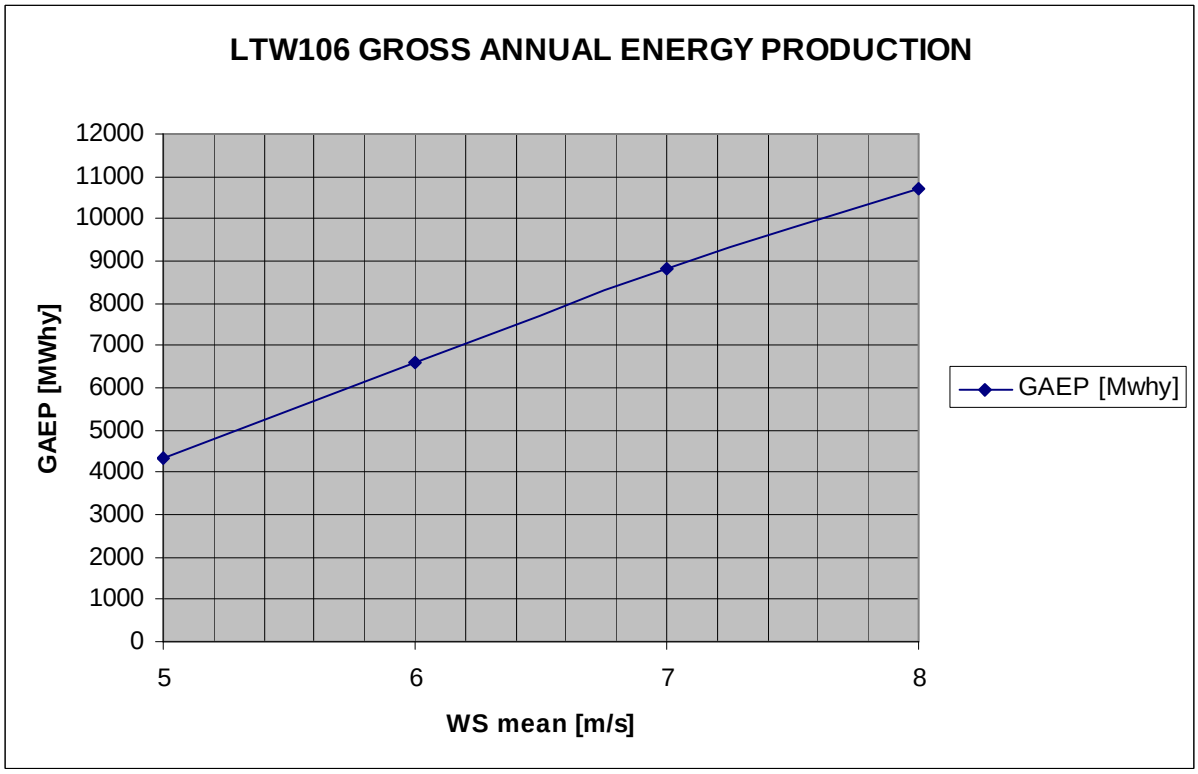


Figure 4-1 Calculated annual energy yield

WS mean [m/s]	GAEP [Mwhy]
5	4334
6	6617
7	8824
8	10720

Table 4-1 Calculated annual energy yield

5 Lay-out LTW106 2.5MW IIIA

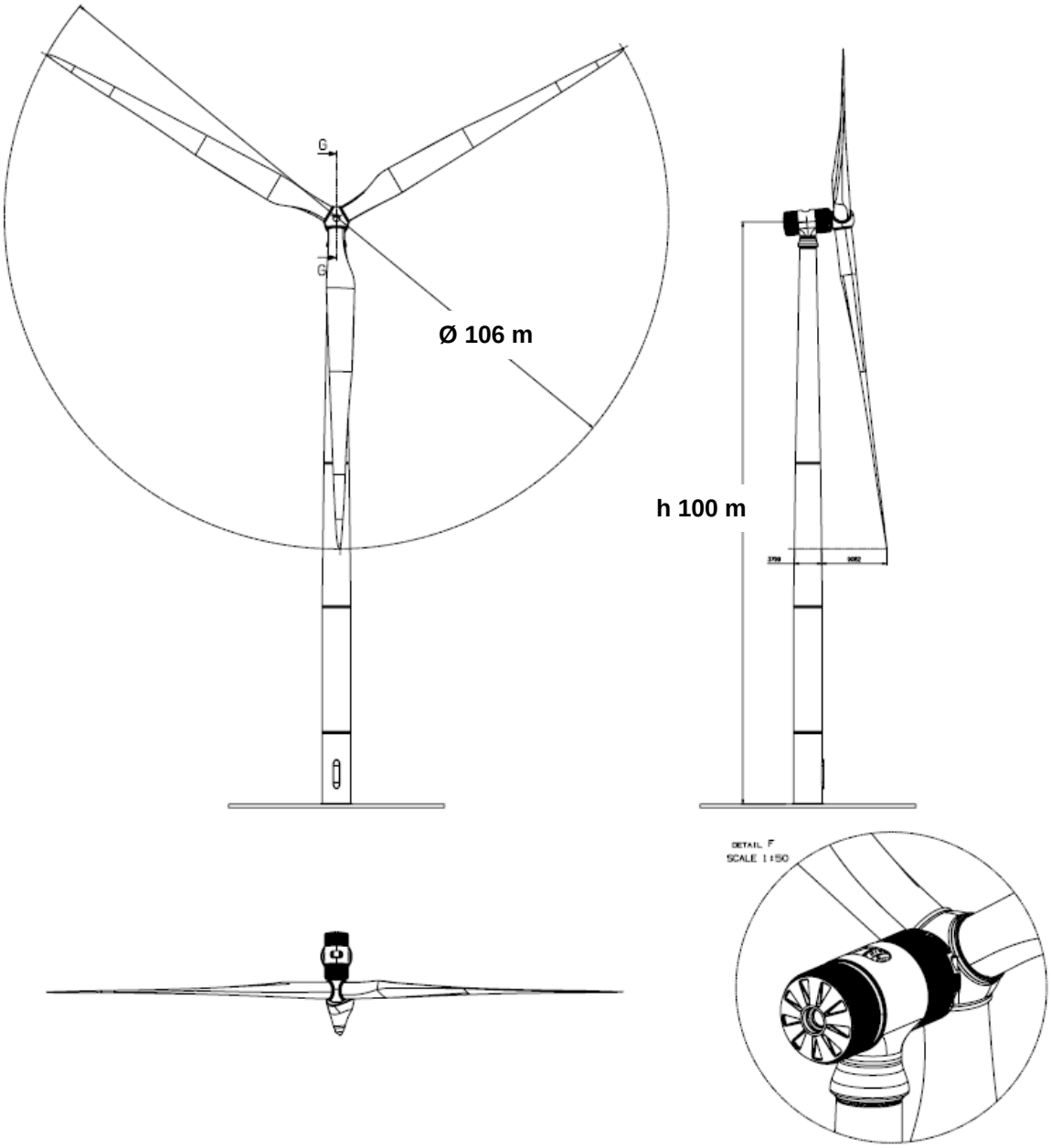


Figure 5-1 lay-out LTW106



LEITWIND®

LTW 101

Scheda tecnica LTW101
3.0 MW IIA secondo IEC 61400-1

Dati principali

Altezza del mozzo	97 m
Potenza nominale	3000 kW
Tipologia della torre	Ibrida
Velocità del vento di accensione	3 m/s
Velocità del vento di spegnimento	25 m/s
Orientamento al vento	Attivo, elettrico
Classe di vento	IIA secondo IEC 61400-1

Rotore

Numero di pale	3
Diametro del rotore	101 m
Superficie del rotore	7992 m²
Velocità di rotazione	6-14.4 giri/minuto, variabile
Velocità di punta pala	76,1m/s
Materiale pale	Fibra di vetro in resina epossidica
Sistema di controllo della potenza e del numero di giri	Controllo passo pala

Generatore

Soluzione costruttiva	Generatore sincrono a presa diretta Magneti permanenti
Potenza nominale	3150 kW
Tensione nominale	690 V
Classe di protezione	IP 55

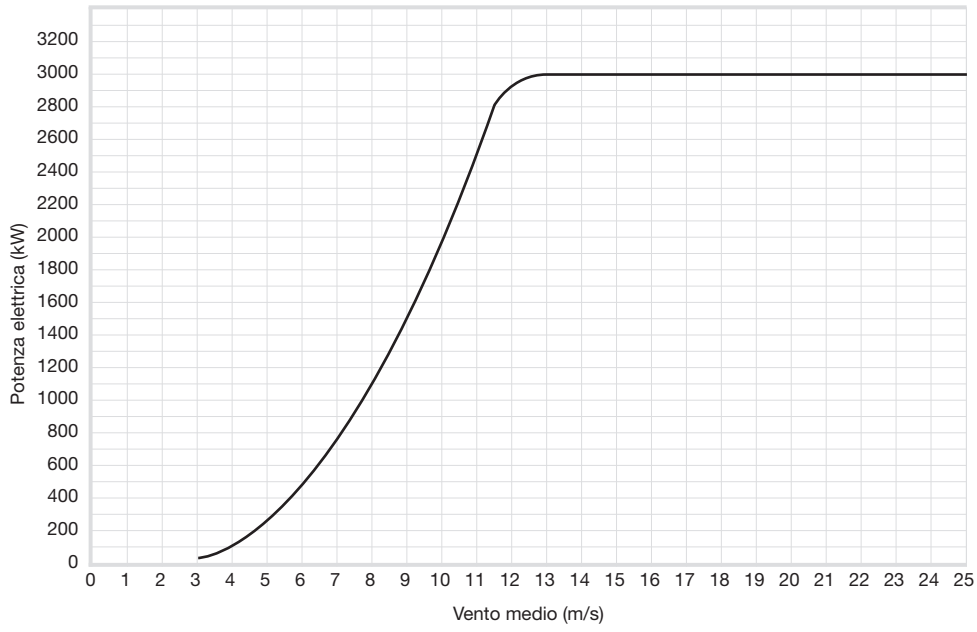
Sistema di controllo e sicurezza

Freno principale	Aerodinamico per mezzo di 3 sistemi autonomi di orientamento del passo pala
Freno di servizio	Elettrico
Bloccaggio rotore	Idraulico
Controllo a distanza	Leitwind SCADA

Elettronica di potenza

Tipo convertitore	4Q-IGBT
Tensione e frequenza in uscita	3 ~ 690 V + / -10% 50 Hz
Fattore di potenza (lato rete)	0.95 ind - 1- 0.95 cap, regolabile

Curva di potenza*



Vento medio (m/s)	Potenza elettrica (kW)
3,0	41
4,0	124
5,0	257
6,0	456
7,0	735
8,0	1101
9,0	1537
10,0	2019
11,0	2543
12,0	2940
13,0	3000
14,0	3000
15,0 – 25,0	3000

*simulata
IN DESIGN PHASE

LEITNER TECHNOLOGIES

LEITWIND®

LEITWIND SPA Via Brennero, 34 I-39049 Vipiteno (BZ), Italia Tel. +39 0472 722111 www.leitwind.com

SIEMENS



SWT-2.3-113

Turning moderate wind into maximum results

At the leading edge of evolution

The new Siemens SWT-2.3-113 wind turbine is the ultimate choice for low to moderate wind conditions. The revolutionary direct drive generator and the new, optimized Quantum Blade are paired to extract as much energy as possible from the wind.

Efficient. Quiet. Robust and reliable. The Siemens SWT-2.3-113 is the new benchmark wind turbine for low to medium wind speeds. As a result of more than 30 years of research and development, it is designed to harvest more energy out of moderate wind conditions than anyone thought possible.

Proven design

The SWT-2.3-113 is built around the same revolutionizing direct drive generator as the SWT-3.0-101. The direct drive turbine offers exceptional reliability and efficiency – with only 50% of the parts normally required for a conventional wind turbine.
By using the same proven design and sharing the majority of components with its larger sibling, production costs and lead times can be kept down.

Unique aerodynamics

The Quantum Blade combines exceptional aerodynamic performance with patented manufacturing technology. Based on innovative aerodynamic solutions in the root and tip sections, the Quantum Blade offers maximum efficiency at low to medium wind speeds.

Maximum availability

Simplicity is the ultimate sophistication. With the simple and robust direct drive concept with 50% fewer parts, the SWT-2.3-113 wind turbine is designed for maximum availability. Furthermore, the spacious nacelle and the ergonomic working conditions facilitate serviceability and contribute to minimizing downtime for scheduled maintenance.


“You cannot change the wind.
It may be strong, it may be light.
This leaves it up to us to extract
as much energy as we can from it.
Anne Schannong Vinther, Quality Engineer



Innovation for efficiency

Siemens direct drive technology and the new Quantum Blade represent groundbreaking wind turbine design and technology. The result of these two key innovations is a turbine with maximum efficiency and reliability, which helps to enable a solid return on investment.

Maximized performance with 50% fewer parts

The Siemens direct drive design incorporates a permanent magnet generator with fewer moving parts than ever before.

The simple permanent magnet design offers increased efficiency directly by minimizing energy losses and indirectly by reducing maintenance needs. The outer rotor arrangement leads to a more compact and lightweight generator, making transportation and installation easier and faster.

The B55 Quantum Blade

The new generation of Siemens wind turbine blades is lighter than previous designs but retains the superior strength known from earlier generations of blades. Thanks to unique airfoils and redesigned tip and root sections, the blade offers superior performance at low to medium wind speeds. The root section uses Siemens "flatback" profiles to minimize root leakage and provide higher lift. The tip has also undergone a fine-tuning process to give enhanced lift and acoustic performance.

One-piece moulding

Like other Siemens blades, the new Quantum Blades are manufactured in Siemens proprietary IntegralBlade® process. Each blade is moulded in one single production step from fiberglass-reinforced epoxy resin, resulting in a stronger, lighter blade without any joints.



Lower noise

With a low 105 dB noise level, the SWT-2.3-113 is one of the quietest wind turbines on the market. As a result, this turbine type has an extremely high ratio of energy output per noise affected area, resulting in fewer disturbances to people and wildlife.

Superior grid compliance

The Siemens NetConverter® is designed for maximum flexibility in the turbine's response to voltage and frequency variations, fault ride-through capability and output adjustment. The advanced wind farm control system provides state-of-the-art fleet management.

Technical specification

Rotor

- Type: 3-bladed, horizontal axis
- Position: Upwind
- Diameter: 113 m
- Swept area: 10,000 m²
- Speed range: 6–13 rpm
- Power regulation: Pitch regulation with variable speed
- Rotor tilt: 6 degrees

Blade

- Type: Self-supporting
- Blade length: 55 m
- Tip chord: 0.63 m
- Root chord: 4.2 m
- Aerodynamic profile: NB 1-7, SWPNA1_XX12, FFAxxx
- Material: GRE
- Surface gloss: Semi-mat, <30 / ISO2813
- Surface colour: Light grey, RAL 7035

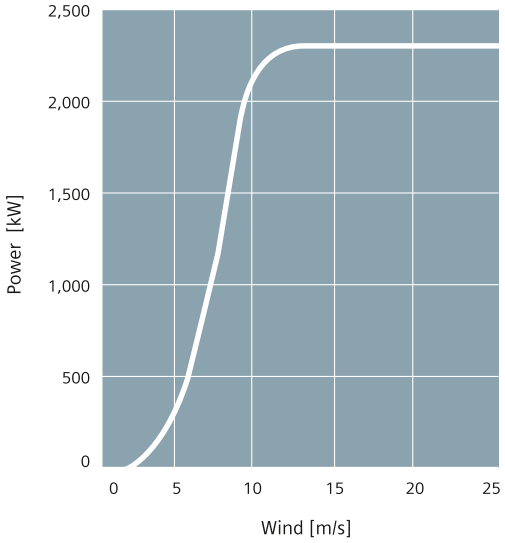
Aerodynamic brake

- Type: Full span pitching
- Activation: Active, hydraulic

Load-supporting parts

- Hub: Nodular cast iron
- Main shaft: Cast
- Nacelle bed plate: Cast

Sales power curve



Mechanical brake

- Type: Hydraulic disc brake
- Position: Generator rear end
- Number of callipers: 3

Canopy

- Type: Totally enclosed
- Surface gloss: Silk mat, 30–40 / ISO2813
- Colour: Light grey, RAL 7035

Generator

- Type: Synchronous, PMG
- Nominal power: 2,300 kW

Grid terminals (LV)

- Nominal power: 2,300 kW
- Voltage: 690 V
- Frequency: 50 Hz or 60 Hz

Yaw system

- Type: Active
- Yaw bearing: Externally geared
- Yaw drive: 8 (optional 10) electric gear motors
- Yaw brake: Passive friction brake

Controller

- Type: Microprocessor
- SCADA system: WPS
- Controller designation: SWTC, STC-1, SCS-1

Tower

- Type: Cylindrical and/or tapered tubular
- Hub height: 99.5 m or site-specific
- Corrosion protection: Painted
- Surface gloss: Silk mat, 30–40 / ISO2813
- Colour: Light grey, RAL 7035

Operational data

- Cut-in wind speed: 3 m/s
- Nominal power at: 12–13 m/s
- Cut-out wind speed: 25 m/s
- Maximum 3 s gust: 59.5 m/s (IEC version)

Weights (approximately)

- Rotor: 66,700 kg
- Nacelle: 73,000 kg
- Tower: Site-specific

1 Quantum Blade

- Unique design and manufacturing process
- IntegralBlade® one-piece moulding for maximum strength
- Optimized aerodynamics for low to medium wind conditions
- Increased length for higher energy yield
- Blade root – designed for minimized root leakage and increased lift

2 Direct drive generator

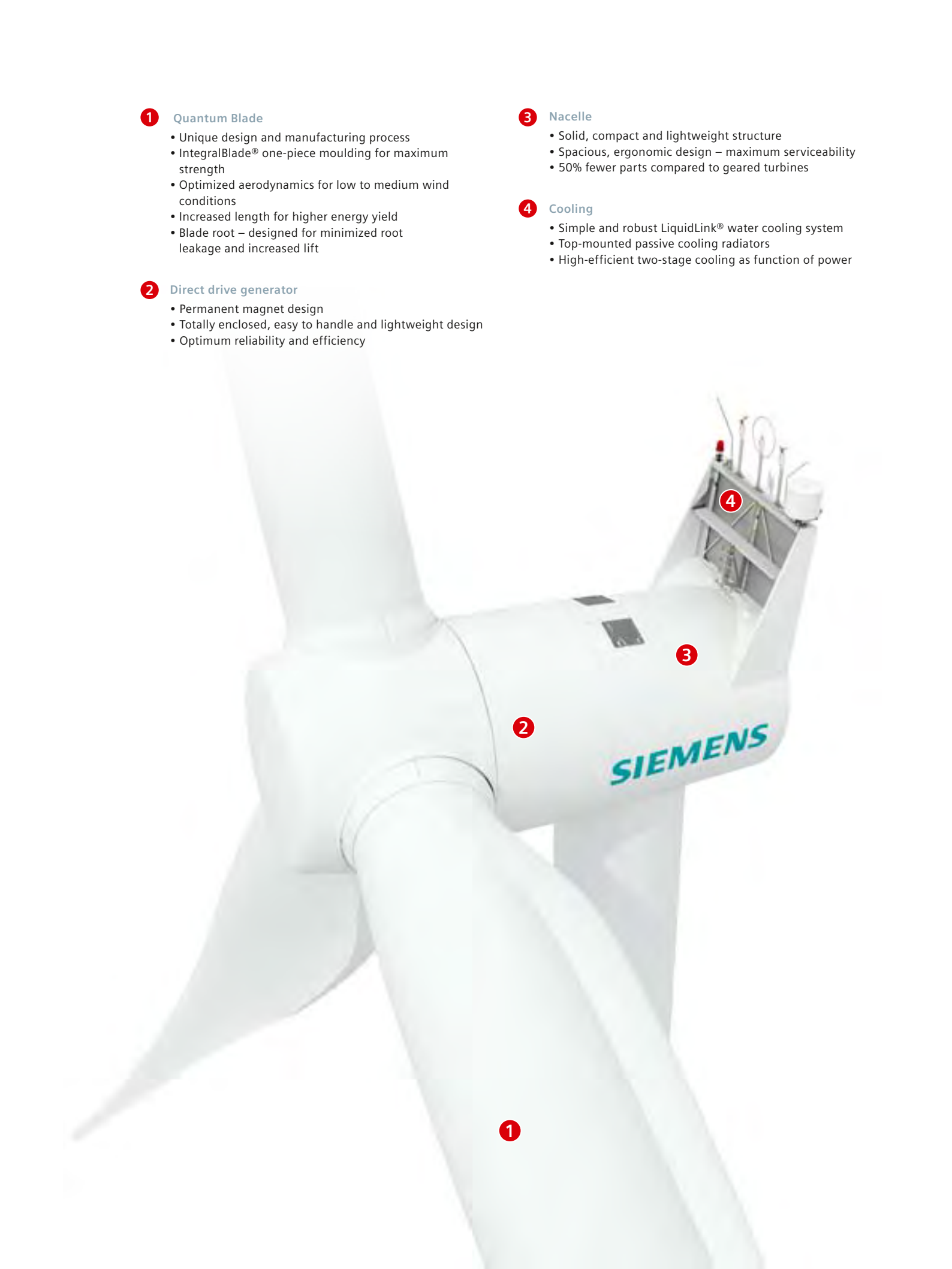
- Permanent magnet design
- Totally enclosed, easy to handle and lightweight design
- Optimum reliability and efficiency

3 Nacelle

- Solid, compact and lightweight structure
- Spacious, ergonomic design – maximum serviceability
- 50% fewer parts compared to geared turbines

4 Cooling

- Simple and robust LiquidLink® water cooling system
- Top-mounted passive cooling radiators
- High-efficient two-stage cooling as function of power



Published by and copyright © 2011:
Siemens AG
Energy Sector
Freyeslebenstrasse 1
91058 Erlangen, Germany

Siemens Wind Power A/S
Borupvej 16
7330 Brande, Denmark
www.siemens.com/wind

For more information, please contact
our Customer Support Center.
Phone: +49 180 524 70 00
Fax: +49 180 524 24 71
(Charges depending on provider)
E-mail: support.energy@siemens.com

Renewable Energy Division
Order No. E50001-W310-A174-X-4A00
Printed in Germany
Dispo 34804, c4bs No. 7491
LN 13982 WS 03113.0

Printed on elementary chlorine-free
bleached paper.

All rights reserved.
Trademarks mentioned in this document
are the property of Siemens AG, its affiliates,
or their respective owners.

Subject to change without prior notice.
The information in this document contains
general descriptions of the technical options
available, which may not apply in all cases.
The required technical options should therefore
be specified in the contract.

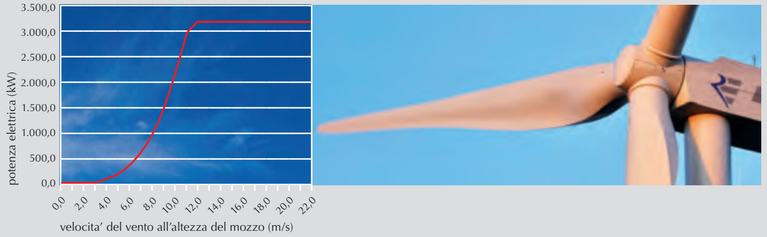
www.siemens.com/energy

La nuova generazione di turbine REpower onshore da 3,2 megawatt di potenza e 114 metri di rotore.

La turbina 3.2 M114 fa parte della serie 3.XM di turbine di nuova generazione, che nasce dalla capacità di REpower di generare innovazione combinando una consolidata esperienza del mercato ed una riconosciuta qualità della tecnologia. L'obiettivo di REpower è quello di assicurare ai propri clienti massima affidabilità dei componenti, elevata produttività, facilità di trasporto e piena adattabilità ai requisiti delle rete elettrica.

La 3.2M114, con un'area spazzata di 10.207 metri quadrati e un'altezza mozzo di 93 metri, è composta da un generatore a velocità variabile, da un convertitore di frequenza e dall'azionamento elettrico del controllo del passo con gestione indipendente di ogni singola pala. Queste caratteristiche la rendono particolarmente indicata per la realizzazione di parchi eolici in siti con venti di bassa e media ventosità garantendo al tempo stesso una ridotta rumorosità ed un' elevata produttività.

L'eccellente cura e la costante attenzione ad ogni singolo dettaglio assicurano un elevato e duraturo rendimento per l'intero ciclo di vita della turbina.



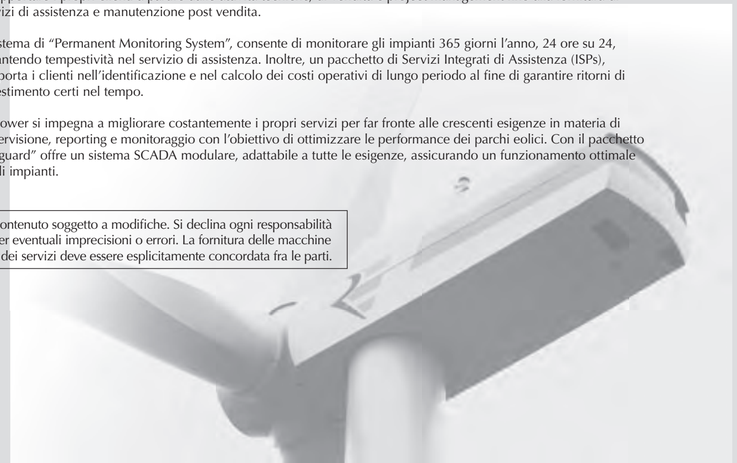
Affidabile nel tempo, ad alto rendimento ed economicamente vantaggiosa

Scegliere un turbina REpower significa scegliere affidabilità, sicurezza, tecnologia all'avanguardia e qualità. REpower è in grado di fornire quel mix di prodotti e servizi che soddisfino al meglio le diverse esigenze dei propri clienti affinché sia garantita nel tempo la competitività dell'investimento. La strategia adottata è quella di seguire e supportare i propri clienti a partire dalle attività tecniche, di vendita e project management fino alla fornitura di servizi di assistenza e manutenzione post vendita.

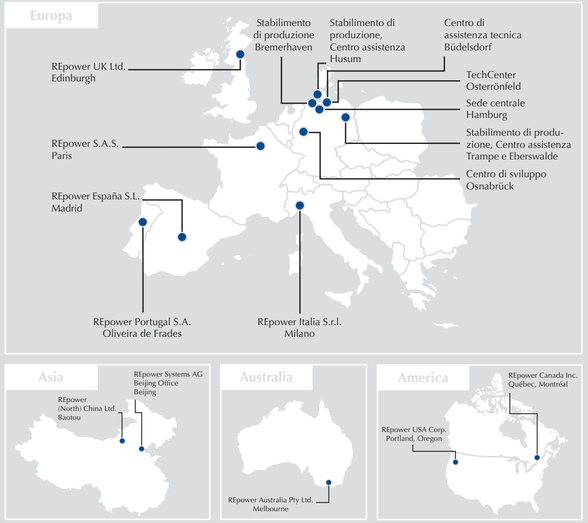
Il sistema di "Permanent Monitoring System", consente di monitorare gli impianti 365 giorni l'anno, 24 ore su 24, garantendo tempestività nel servizio di assistenza. Inoltre, un pacchetto di Servizi Integrati di Assistenza (ISPs), supporta i clienti nell'identificazione e nel calcolo dei costi operativi di lungo periodo al fine di garantire ritorni di investimento certi nel tempo.

REpower si impegna a migliorare costantemente i propri servizi per far fronte alle crescenti esigenze in materia di supervisione, reporting e monitoraggio con l'obiettivo di ottimizzare le performance dei parchi eolici. Con il pacchetto "REguard" offre un sistema SCADA modulare, adattabile a tutte le esigenze, assicurando un funzionamento ottimale degli impianti.

Contenuto soggetto a modifiche. Si declina ogni responsabilità per eventuali imprecisioni o errori. La fornitura delle macchine e dei servizi deve essere esplicitamente concordata fra le parti.



Le filiali REpower sono a Vostra disposizione.



Visitate il nostro sito web: seguendo **www.repower.de ▶ Company ▶ REpower Germany** o **REpower International** potete trovare gli indirizzi di tutte le nostre filiali.

	MM82	MM92	3.4M104	3.2M114	5M	6M
Potenza nominale	2.050 kW	2.050 kW	3.370 kW	3.170 kW	5.075 kW	6.150 kW
Diametro rotore	82,0 m	92,5 m	104,0 m	114,0 m	126,0 m	126,0 m

REpower Systems AG · Sede centrale · Überseering 10 · 22297 Hamburg · Germania
Telefono: +49-40-5 55 50 90-0 · Fax: +49-40-5 55 50 90-39 99
E-mail: info@repower.de · www.repower.de

ITA · 06/2010

www.barsch-design.de



3.2M114

La nuova generazione delle turbine REpower



3.2M114

Dati tecnici

Dati di funzionamento	
Potenza nominale	3.170 kW (MV-side) 3.200 kW (LV-side)
Velocità di cut-in	3,0 m/s
Velocità nominale	12,0 m/s
Velocità di cut-off	22,0 m/s
Zona di vento	up to DIBt III Profi le Coast
Classe di vento	IEC IIIA
Rotore	
Diametro	114,0 m
Area spazzata	10.207 m^2
Velocità di rotazione	ca. 12,6 giri/min (+16,0 %)
Pale	
Lunghezza	55,8 m
Costruzione	Fibre di vetro con rinforzi in plastica
Sistema di imbardata	
Costruzione	Cuscinetto a Quattro punti di appoggio e dentatura esterna
Azionamento	Mediante motoriduttori elettrici
Stazionamento	Mediante freni a disco
Moltiplicatore	
Tipologia	Trasmissione combinata cilindrico planetaria a tre stadi
Trasmissione	i = approx. 99,5
Generatore	
Potenza nominale	3.170 kW
Tensione nominale rete MT	10/20/30 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Tipologia	Generatore asincrono a doppia alimentazione
Classe di protezione del generatore	IP 54
Tensione dello statore	950 V
Velocità nominale	1.200 giri/min
Intervallo di velocità	640 – 1.200 giri/min (dinamico fino a 1.380 giri/min)
Covertitore	PWM (raffreddato ad acqua)
Trasformatore	Trifase in resina (raffreddamento forzato ad aria)
Controlle di potenza	
Mediante controllo del passo e del numero di giri del rotore	
Torre	
Altezza mozzo	93 m

Sistema di sicurezza

- Gestione indipendente delle pale mediante motoriduttori dotati di sistema UPS- “fail-safe”
- Sensori ridondati per la rilevazione della temperatura e numero di giri
- Sistema antifulmine integrato
- Sbarre conduttrici e cavi schermati per la protezione di persone e apparecchiature
- Freno di arresto del rotore con funzione “soft-brake”



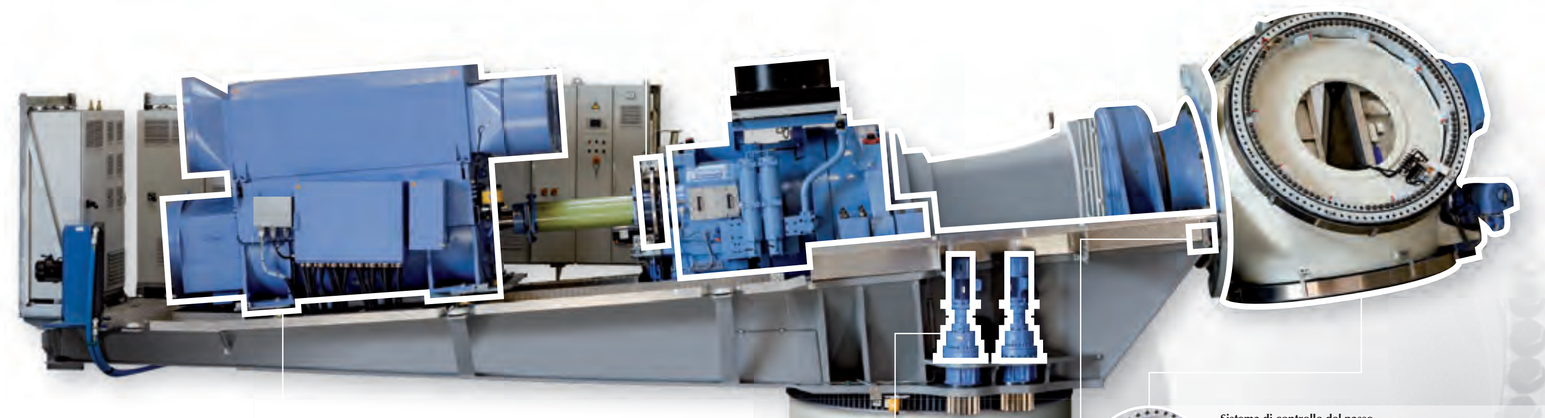
Freno di stazionamento
- arresto sicuro del rotore grazie ad un freno a disco di notevoli dimensioni
- inserimento morbido grazie alla funzione “soft-brake”



Moltiplicatore
- trasmissione combinata cilindrico planetaria ■ progettato su specifiche REpower con altissimi requisiti in termini di durata e di silenziosità
- ottimo rendimento ■ smorzatori elastici per l’attenuazione del rumore
- temperature contenute grazie all’efficiente sistema di raffreddamento ad olio
- sistema di filtraggio dell’olio in tre fasi per la massima durata ed efficienza del lubrificante



Cuscinetti del rotore e dell’albero principale
- cuscinetto a sfere con alloggiamento ottimizzato e lubrificazione automatica per una lunga durata di esercizio
- albero rotore in acciaio forgiato con ottimale trasmissione dei carichi





Generatore e convertitore di frequenza
- regime di rotazione variabile per un ottimo rendimento
- ridotte perdite e conseguente alto rendimento grazie al ridotto passaggio di potenza nel convertitore (max 20%)
- generatore totalmente protetto con raffreddamento aria-aria
- temperatura contenuta del generatore anche a temperature ambientali molto elevate
- Convertitore raffreddato ad acqua



Sistema di controllo del passo
- sistema elettronico privo di manutenzione ■ cuscinetto per la rotazione della pala di alta qualità, dimensionato con ampi margini di sicurezza e dotato di un sistema di lubrificazione permanente
- protezione dagli agenti atmosferici integrata nello spinner
- massima affidabilità grazie al rilevamento dell’angolo della pala con due sensori di posizione indipendenti ■ “fail-safe” grazie al sistema di comando e di regolazione indipendente per ogni pala



Sistema antifulmine
- protezione antifulmine interna ed esterna conforme alla direttiva IEC
- sistema antifulmine esterno con ricettori sulle pale e parafulmine posto presso l’anemometro di navicella ■ protezione sicura contro le scariche grazie a percorsi di scarica predefiniti
- inserto in fibra di vetro per la separazione galvanica del generatore dal moltiplicatore
- conduttore di sovratensioni per la protezione del sistema elettrico
- protezione completa del generatore grazie all’isolamento degli alloggiamenti dei cuscinetti



Sbarre conduttrici
- eliminazione di interferenze elettromagnetiche con le altre apparecchiature
- rispetto delle norme VDE
- ottima protezione in caso di cortocircuito o incendio

Torri tubolari
- frequenza propria della torre superiore alla frequenza di giri del rotore
- nessuna restrizione nel range di velocità di rotazione per assenza di sovrapposizione nelle frequenze
- massima sicurezza grazie alle flangie a L e alla corretta distribuzione dei carichi nei pressi della porta di accesso



Sistema di imbardata
- cuscinetto a quattro punti di appoggio e dentatura esterna, azionata da motoriduttori di grandi dimensioni e di ottima qualità
- freni di stazionamento con funzione “fail-safe” dotati di dispositivo di sicurezza a pressione idraulica in grado di svincolare i motoriduttori nella posizione di riposo stabilizzando al meglio la navicella
- grazie allo scarso attrito del cuscinetto e la completa ventilazione dei freni, lo sforzo dei motoriduttori durante la rotazione è ridotto al minimo



Compatibilità ambientale
- nessuna perdita di lubrificanti dal mozzo e dalla navicella grazie a:
  - “labirinto” all’interno dello spinner
  - bordi di contenimento nella copertura della navicella e
  - pozzetto di raccolta del grasso sotto la corona dentata dell’azimut
- sistema indipendente per la lubrificazione dei cuscinetti delle pale
- protezione contro i campi elettromagnetici grazie alla schermatura di tutti i cavi principali e l’impiego di sbarre conduttrici



Manutenzione
- notevole disponibilità di spazio nella navicella per interventi facili ed ergonomici
- accesso al mozzo agevole e indipendente dalle condizioni climatiche: direttamente dalla navicella
- facilità nel raggiungere tutti i componenti
- sicurezza durante la manutenzione grazie alla protezione di tutte le parti rotanti

TecnoGaia S.r.l.

ALLEGATO A

Stazione anemometrica del sito di Ferriera

Elaborazione dati e valutazione della ventosità di lungo periodo

Comune di Pontinvrea (SV)

IL PRESENTE DOCUMENTO È DESTINATO ESCLUSIVAMENTE AL COMMITTENTE.

TECNOGAIA NON PUÒ IN NESSUN CASO ESSERE RITENUTA RESPONSABILE DELLA SUA DIFFUSIONE NON AUTORIZZATA.

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

	SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

INDICE

1 PREMESSA 3
2 LE STAZIONE ANEMOMETRICA "FERRIERA" 3
3 GESTIONE DELLE STAZIONI ANEMOMETRICHE IN SITO 6
4 LETTURA, TRANSCODIFICA E VALIDAZIONE DEI DATI RACCOLTI IN SITO 6
5 ELABORAZIONE DEI DATI ARCHIVIATI 9
5.1 Curva di durata della velocità del vento 9
5.2 Turbolenza percentuale della velocità del vento 10
5.3 Rapporto di raffica della velocità del vento 10
5.4 Gradiente al suolo della velocità del vento 10
5.5 Turbolenza della direzione del vento 10
5.6 Contenuto energetico del vento 11
5.7 Energia prodotta da un aerogeneratore 11
6 VERIFICA DEL POSIZIONAMENTO STORICO DELLE SERIE DISPONIBILI 12
6.1 La stazione anemometrica storica di "Bric Baraccone" 13
6.1.1 Sensore anemometrico 14
6.1.2 L'acquisitore dati 14
6.1.3 Dati disponibili della stazione storica 14
6.2 Confronto degli andamenti delle velocità medie contemporanee e delle rose dei venti 14
6.2.1 Correlazioni tra i dati di velocità media delle due stazioni 15
6.3 Valutazione della ventosità di lungo periodo della stazione in sito 16
7 CONCLUSIONI 17

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

1 PREMESSA

Per la qualificazione anemologica di un sito è fondamentale disporre di misure della velocità e della direzione del vento raccolte strumentalmente per un periodo sufficientemente ampio.

A questo scopo il Committente ha reso disponibili i dati di una stazione anemometrica denominata “Ferriera”, installata, e tutt’ora in esercizio, nel sito di suo interesse per la realizzazione di un impianto eolico; essa ricade nel territorio comunale di Pontinvrea, nella Provincia di Savona, Regione Liguria.

Il presente documento riporta i risultati delle elaborazioni statistiche svolte sui dati di ventosità rilevati dal Febbraio 2011 sino all’Aprile 2014, per una durata di circa 38 mesi. Contiene inoltre le caratteristiche delle apparecchiature utilizzate, la scheda di installazione ed i certificati di calibrazione dei sensori di velocità oltre alle risultanze delle attività svolte di transcodifica e di validazione dei dati.

Per verifica e per dare giusta consistenza ai risultati di ventosità riscontrati (seppur di fatto la serie è sufficientemente lunga) si è ritenuto necessario procedere ad una verifica del posizionamento storico dei dati raccolti mediante confronti con quelli di una stazione storica che Tecnogaia dispone nell’area di interesse. La metodologia applicata ed i risultati di questo processo fanno anch’essi parte di questa relazione.

2 LE STAZIONE ANEMOMETRICA “FERRIERA”

La stazione anemometrica denominata “Ferriera”, a cui è stato assegnato il codice T0721, è stata installata il 23/02/2011 ed è tutt’oggi funzionante. E’ costituita da un sostegno a traliccio strallato di altezza pari a 40 m, alla sommità del quale, mediante mensola, è collocato un sensore anemometrico di velocità; due altri sensori di velocità sono fissati con mensola, rispettivamente a 30e 20 m dal suolo. Completano la stazione di misura due sensori di direzione del vento posti a 40 e a 20 m da terra.

La disposizione e la lunghezza delle mensole è adeguata, rispettando appieno la Norma IEC61400-12, per la sua parte di applicabilità.

Alla base del sostegno è fissato un contenitore che ospita l’acquisitore dati, che è di tipo Nomad2, il quale pre-elabora i dati campionati e li registra su apposita memoria magnetica.

La stazione ben rappresenta una buona porzione di territorio collinare poiché risulta ben esposta e senza ostacolo alcuno verso ogni direzione.

Le coordinate dei punti di misura e le principali caratteristiche del sito che ospita la stazione sono le seguenti**:**

- ✓ Coordinate in metri nel sistema UTM ED50, Fuso 32:

  Longitudine: **455,014 E**

  Latitudine : **4,919,367 N**

- ✓ Coordinate in metri nel sistema UTM WGS84, Fuso 32:

  Longitudine: **454,932 E**

  Latitudine : **4,919,167 N**

- ✓ Coordinate in metri nel sistema Gauss-Boaga, Fuso Ovest:

  Longitudine: **4,919,187 E**

  Latitudine : **1,454,960 N**

- ✓ Altitudine (s.l.m.): **737 m**
- ✓ Orografia del punto di installazione: **Crinale**
- ✓ Orografia circostante: **Collinare**
- ✓ Utilizzo del terreno: **Incolto**
- ✓ Ostacoli nelle immediate vicinanze: **Nessuno**

La sua ubicazione è riportata in **Tavola 1**, su cartografia in scala 1:200,000, e con maggior dettaglio in **Tavola 2**, su cartografia 1:25,000.

La documentazione tecnica dei sensori e del sistema di acquisizione dati, fornita dalle ditte costruttrici, è resa disponibile nella raccolta riportata in **Allegato 1**. Nello stesso allegato sono contenuti:

- ✓ La scheda di installazione della stazione
- ✓ I certificati di calibrazione dei sensori di velocità
- ✓ La scheda di configurazione del data-logger
- ✓ Le riprese fotografiche

Ulteriori informazioni sulla stazione sono disponibili nella relazione di installazione TG015/2011 a suo tempo predisposta per il Committente.

2.1 Il sostegno

La solidità con il terreno è garantita da una base e da picchetti da 1.5 m infissi nel terreno mediante percussione. La disposizione dei picchetti dipende dalle pendenze del terreno interessato dall'installazione ed indicativamente occupa l'area di un quadrato con lato di lunghezza pari all'altezza.

Il sostegno ed il sistema di protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica (protezioni elettriche e parafulmine) sono elettricamente collegati a terra tramite dispersori a picchetto.

Il dimensionamento delle mensole ed il loro orientamento è riportato nella scheda di installazione A della stazione anemometrica.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

2.2 I sensori anemometrici

I sensori anemometrici impiegati per la misura della velocità del vento (NRG #40C Maximum Anemometer Calibrated) sono del tipo a coppe e calibrati, con valore di soglia di 1 m/s e fondo scala di oltre 60 m/s; essi forniscono, tramite un generatore di impulsi, un segnale proporzionale alla velocità del vento. Copia dei certificati di calibrazione è disponibile nel già citato Allegato 1. I sensori sono stati calibrati dalla Deutsche Wind Guard.

La misura della direzione del vento è affidata al sensore (NRG #200P Wind Vane), a banderuola, che è solidale con un potenziometro circolare che presenta un valore di resistenza elettrica variabile in funzione della posizione della banderuola, nell'arco dei 360 gradi, rispetto ad uno zero convenzionale (Nord).

I segnali di misura sono inviati alla centralina per l'acquisizione dei dati mediante cavi elettrici schermati costituiti da più conduttori.

2.3 L'acquisitore dati

La centralina per l'acquisizione dei dati anemometrici utilizzata nella campagna di misura (Second Wind NOMAD2) è governata da un microprocessore che effettua la misura delle grandezze in ingresso con un campionamento ogni secondo; esegue elaborazioni preliminari e registra ogni 10 minuti i risultati su memorie statiche asportabili.

L'apparecchiatura è alimentata con due batterie interne da 9 V alcaline e da una ulteriore batteria a 12 V per la trasmissione dei dati via GSM, che garantiscono un'autonomia superiore ai due mesi. Il sistema di trasmissione GSM consente di recuperare i dati in remoto, diminuendo la necessità di raggiungere la stazione.

Le dimensioni dell'acquisitore sono contenute ed il campo di temperatura di funzionamento è molto ampio, compreso tra -30 e +80 °C.

Le memorie statiche contengono oltre ai dati relativi alle grandezze rilevate, anche altre informazioni quali il codice della stazione, il periodo di registrazione, la data, l'ora e un codice di diagnostica che segnala le eventuali anomalie riscontrate durante il funzionamento.

Il data logger è dotato di un display a cristalli liquidi che permette la visualizzazione delle informazioni di cui sopra e dei valori delle grandezze istantanee acquisite. Mediante tasti è possibile programmare alcune funzioni ed impostare il codice della stazione, la data, l'ora ed i tempi di campionamento e di registrazione.

Al fine di proteggere il registratore da sovratensioni transitorie di origine esterna, ogni ingresso del registratore è dotato di una protezione composta da induttanze, scaricatori a gas, varistori e diodi soppressori.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

3 GESTIONE DELLE STAZIONI ANEMOMETRICHE IN SITO

La gestione delle stazioni anemometriche è di fondamentale importanza per la continuità e la qualità dei dati rilevati; essa deve essere condotta da personale appositamente addestrato che con cadenza almeno bimestrale effettua in sito le seguenti attività:

- Verifica e manutenzione ordinaria della stazione (apparecchiature e sostegno)
- Verifica della verosimiglianza dei segnali in ingresso
- Segnalazione immediata dei guasti rilevati
- Piccoli interventi di manutenzione straordinaria
- Compilazione di una scheda di controllo da inviare al centro di elaborazione dati
- Eventuale spedizione e ricevimento delle memorie

Fa parte della gestione della stazione anche la manutenzione straordinaria con l'effettuazione di interventi di riparazione/sostituzione delle apparecchiature non perfettamente funzionanti. Il prelievo dei dati via GSM ha frequenza quindicinale e la manutenzione ordinaria della stazione è avvenuta con regolarità. Le schede di manutenzione ordinaria sono stati verificati ed archiviati e saranno resi disponibili al Committente a fronte di necessità per verifiche e controlli.

Durante la fase di trascodifica e validazione dei dati sono stati eliminati alcuni brevi periodi di dati per blocco dei sensori a causa della formazione di ghiaccio e/o per brevi periodi di manutenzione. Come si evince dall'**Allegato 2**, denominato "disponibilità dei dati validi giorno per giorno", che riporta tale grandezza per ogni sensore, occorre sottolineare il periodo di interruzione di raccolta dati per il periodo dal 25/12/2013 al 28/03/2014 a causa di un malfunzionamento del data-logger, ripristinato al normale funzionamento in occasione della prima manutenzione ordinaria con condizioni di accessibilità possibile.

4 LETTURA, TRANSCODIFICA E VALIDAZIONE DEI DATI RACCOLTI IN SITO

I dati registrati dall'acquisitore e provvisoriamente immagazzinati nella sua memoria asportabile vengono inviati via GSM per essere letti ed archiviati in attesa della loro elaborazione. L'operazione di lettura delle cartucce e dei files trasmessi viene effettuata mediante un reader fornito dalla ditta costruttrice che permette la transcodifica dei dati registrati in un formato leggibile.

La stazione in oggetto, per il suo intero periodo di funzionamento, è equipaggiata di acquisitore NOMAD2 i cui dati dopo la transcodifica hanno il seguente aspetto:

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

Colonna 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col. 8	Col. 9
TimeStamp	C1-Maximum #40(m/s) @ 40m South-110 min Average	C1-Maximum #40(m/s) @ 40m South-10 min Max Value	C1-Maximum #40(m/s) @ 40m South-10 min Min Value	C1-Maximum #40(m/s) @ 40m South-10 min Std Dev	C2-Maximum #40(m/s) @ 30m South-10 min Average	C2-Maximum #40(m/s) @ 30m South-10 min Max Value	C2-Maximum #40(m/s) @ 30m South-10 min Min Value	C2-Maximum #40(m/s) @ 30m South-10 min Std Dev
24/02/2011 20:20	5.83	7.27	4.53	0.49	5.70	6.86	4.51	0.48
24/02/2011 20:30	5.55	6.88	4.13	0.55	5.46	6.86	4.51	0.48
24/02/2011 20:40	5.62	7.27	4.13	0.51	5.50	6.47	3.72	0.47
24/02/2011 20:50	4.99	6.49	3.74	0.48	4.91	6.86	3.72	0.52
24/02/2011 21:00	4.88	5.70	3.74	0.39	4.79	6.08	3.72	0.46

Col. 10	Col. 11	Col. 12	Col. 13	Col. 14	Col. 15	Col. 16	Col. 17
C3-Maximum #40(m/s) @ 20m South-10 min Average	C3-Maximum #40(m/s) @ 20m South-10 min Max Value	C3-Maximum #40(m/s) @ 20m South-10 min Min Value	C3-Maximum #40(m/s) @ 20m South-10 min Std Dev	A1-NRG 200P(°) @ 40m North-10 min Vec Average	A1-NRG 200P(°) @ 40m North-10 min Vec Std Dev	A3-NRG 200P(°) @ 20m North-10 min Vec Average	A3-NRG 200P(°) @ 20m North-10 min Vec Std Dev
5.00	6.42	3.30	0.58	314.86	4.01	307.62	6.02
4.31	6.03	2.52	0.72	316.95	4.09	311.06	7.96
4.22	6.03	2.52	0.71	317.72	4.70	314.69	8.03
3.88	5.25	2.52	0.45	326.05	6.23	324.05	8.47
3.98	5.25	2.52	0.54	335.82	4.53	336.11	6.66

Col. 18	Col. 19	Col.20	Col.21
TEMP-Inner Temp(°C)-10 min Average	BAT1-Battery 1(V)-10 min Min Value	BAT2-Battery 2(V)-10 min Min Value	XPwr-12V Power(V)-10 min Min Valu
13.69	9.42	9.35	12.58
13.21	9.42	9.35	12.58
12.82	9.42	9.35	12.58
12.62	9.42	9.35	12.58
12.38	9.42	9.35	12.58

Ne consegue che i dati registrati nelle colonne hanno il seguente significato:

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

POSIZIONE	GRANDEZZA	UNITA' DI MISURA	NOTE
1° colonna	Riferimento temporale dell'intervallo di misura	Giorno / Mese / Anno Ore.Minuti	Ogni 10 minuti
2° colonna	Velocità media	m/s	sensore a 40 m
3° colonna	Velocità massima	m/s	sensore a 40 m
4° colonna	Velocità minima	m/s	sensore a 40 m
5° colonna	Deviazione standard della velocità	m/s	sensore a 40 m
6° colonna	Velocità media	m/s	sensore a 30 m
7° colonna	Velocità massima	m/s	sensore a 30 m
8° colonna	Velocità minima	m/s	sensore a 30 m
9° colonna	Deviazione standard della velocità	m/s	sensore a 30 m
10° colonna	Velocità media	m/s	sensore a 20 m
11° colonna	Velocità massima	m/s	sensore a 20 m
12° colonna	Velocità minima	m/s	sensore a 20 m
13° colonna	Deviazione standard della velocità	m/s	sensore a 20 m
14° colonna	Direzione media vettoriale	Gradi sessagesimali	sensore a 40 m
15° colonna	Deviazione standard della direzione	Gradi sessagesimali	sensore a 40 m
16° colonna	Direzione media vettoriale	Gradi sessagesimali	sensore a 20 m
17° colonna	Deviazione standard della direzione	Gradi sessagesimali	sensore a 20 m
18° colonna	Temperature interna	Gradi centigradi	-
19° colonna	Batteria	Volt	-
20° colonna	Batteria	Volt	-
21° colonna	Batteria 12 Volt	Volt	-

Una successiva transcodifica, mediante programmi predisposti da Tecnogaia, consente di riprodurre, in un formato standard interno, i files che saranno poi validati ed archiviati.

In seguito un operatore qualificato procede alla loro validazione utilizzando programmi di grafica e controllo opportunamente predisposti. Tale operatore procede al controllo a vista del profilo delle grandezze nel tempo confrontando i risultati con quelli precedenti della stessa stazione o con dati contemporanei di altre stazioni ubicate nella stessa zona. Con tale controllo incrociato è possibile individuare presenze di anomalie dovute a malfunzionamento della stazione.

Sulla base delle indicazioni dell'operatore locale e delle conoscenze dei luoghi di provenienza dei dati è possibile anche identificare quei periodi di rilevazione non validi per guasti ai sensori e blocco degli stessi per formazione di ghiaccio.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

Le serie di dati relativi a tali periodi vengono eliminati dai files di archivio avendo cura di annotarne su apposita scheda di validazione il periodo e le motivazioni dell'eliminazione. I dati grezzi vengono comunque archiviati in vista di eventuali successivi controlli.

Nel caso specifico le eliminazioni di dati per validazione si riferiscono unicamente ai periodi descritti nel capitolo precedente.

I dati validi archiviati possono essere quindi elaborati con programmi opportunamente predisposti che forniscono i parametri statistici atti a caratterizzare il sito dal punto di vista anemologico.

Durante la validazione particolare attenzione è stata posta alla ventosità del sensore posto a 30 m dal suolo in quanto i suoi valori risultano mediamente inferiori a quelli del sensore situato a 20 m. In pratica, utilizzando i dati di detto sensore, si riscontra un gradiente negativo, nella fascia 20-30m ma positivo e particolarmente intenso tra 30 e 40m. Questa situazione in relazione alla variazione del gradiente al suolo potrebbe anche essere una caratteristica propria del sito di installazione, in funzione della rugosità e della morfologia del terreno circostante la stazione ma potrebbe anche derivare da un non evidente malfunzionamento del sensore a 30 m. Si suggerisce pertanto di non utilizzare questi dati al fine della determinazione dei parametri di interesse, almeno fin tanto che non verrà effettuata una ri-calibrazione del sensore.

5 ELABORAZIONE DEI DATI ARCHIVIATI

Con i dati elementari della velocità e direzione del vento, relativi ad intervalli di tempo di 10 minuti, vengono effettuate le elaborazioni che consentono di qualificare il sito dal punto di vista anemologico.

5.1 Curva di durata della velocità del vento

Viene innanzitutto costruita la curva di durata sperimentale, che esprime il tempo durante il quale un determinato valore della velocità del vento viene superato.

Tale curva è in generale ben rappresentata mediante una distribuzione di probabilità di Weibull, la cui cumulata è data dalla formula:

$$F(V) = 100 \cdot exp\left\{-\left(\frac{V}{Vc}\right)^k\right\}$$

dove $V=Vmed(10')$ è il valore della velocità media nei 10 minuti e $F(V)$ è la percentuale del tempo complessivo in cui tale velocità viene superata.

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

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

5.2 Turbolenza percentuale della velocità del vento

Un altro parametro significativo è l'intensità di turbolenza percentuale T della velocità del vento definita per ogni intervallo di 10 minuti come

$$T = 100 \cdot sigV(10') / Vmed(10')$$

dove *sigV(10')* è lo scarto quadratico medio relativo all'intervallo. Esso dà l'informazione sulla variabilità relativa della velocità entro l'intervallo.

5.3 Rapporto di raffica della velocità del vento

Un ulteriore parametro significativo è il rapporto di raffica *R* della velocità del vento definito per ogni intervallo di 10 minuti come

$$R = maxV(10')/Vmed(10')$$

dove *maxV(10')* è il valore massimo istantaneo campionato all'interno dei 10 minuti. Esso dà l'informazione sulla massima raffica istantanea della velocità entro l'intervallo.

5.4 Gradiente al suolo della velocità del vento

Qualora siano disponibili, sul medesimo sostegno, due misure di velocità (V_2 e V_1) a due differenti altezze (h_2 e h_1) dal suolo è possibile stimare il valore del gradiente della velocità al suolo (*alfa*). Tale indice permette di stimare la velocità del vento al mozzo dell'aerogeneratore, solitamente superiore all'altezza della stazione anemometrica, sulla base dei dati di vento misurati a due altezze diverse.

La relazione che permette di stimare tale velocità è del tipo esponenziale ed è riportata nella seguente formula:

$$V_2 / V_1 = \left(h_2 / h_1\right)^{alfa}$$

dove *alfa* è il gradiente della velocità del vento al suolo , V_2 e V_1 sono le velocità del vento rilevate alle corrispondenti altezze dal suolo h_2 e h_1 .

Avendo quindi a disposizione le rilevazioni della velocità del vento a due altezze dal suolo è possibile stimare il valore di alfa sperimentale, misurato nel punto di installazione della stazione. Tale valore si ottiene dall'applicazione della seguente formula:

$$alfa = \log\left(V_2 / V_1\right) / \log\left(h_2 / h_1\right)$$

5.5 Turbolenza della direzione del vento

Un altro parametro che viene acquisito e che è oggetto di analisi statistica è lo scarto quadratico medio della direzione *sqmD(10')* del vento calcolato ogni 10 minuti. Questa analisi permette di valutare la turbolenza in gradi sessagesimali della direzione del vento definita appunto come scarto quadratico medio delle variazioni di direzione del vento che si sono verificate all'interno dei 10 minuti.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

5.6 Contenuto energetico del vento

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

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

dove ρ è la densità dell'aria, che nelle elaborazioni si assume pari al valore che si verifica in condizioni standard di pressione e temperatura ($\rho = 1.225 \ kg/m^3$).

Integrando nel tempo il valore della potenza P_V si ottiene l'energia transitata attraverso l'unità di superficie perpendicolare al vento. L'energia così calcolata su base annuale è anche indicata come energia specifica del sito. Tale energia è esprimibile con la relazione:

$$E_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \overline{V}^3_{(3)} \cdot T$$

dove $\overline{V}^3_{(3)}$ è la velocità media cubica del sito e T è il periodo di un anno (8760 ore).

Moltiplicando E_V per la superficie S del rotore di una macchina eolica si ottiene l'energia cinetica che transita annualmente attraverso il disco rotorico.

5.7 Energia prodotta da un aerogeneratore

L'energia effettivamente producibile con un generatore eolico è tuttavia solo una frazione dell'energia sopra indicata. In particolare, la potenza generata Pg non segue, in funzione della velocità istantanea del vento V, un andamento cubico al pari di Pv, bensì un andamento modulato dal coefficiente di potenza Cp, pure dipendente dalla velocità e mai superiore al limite (di Betz) pari a 16/27:

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

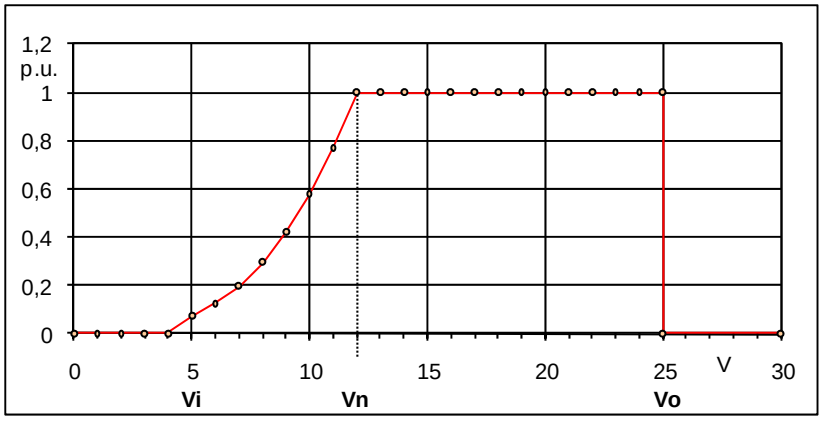
Il profilo che ne risulta (curva di potenza) differisce da macchina a macchina, anche se spesso si riscontrano strette analogie nell'andamento in funzione della velocità del vento. Si può infatti distinguere, in un profilo tipico, una velocità di cut-in, V_i , al di sotto della quale non si ha generazione ($P_g=0$). La potenza generata poi cresce con la velocità del vento fino alla velocità nominale, $V_{nominale}$, in corrispondenza della quale si raggiunge la potenza massima. Oltre tale velocità la potenza si mantiene nella maggioranza dei casi al valore massimo fino alla velocità di cut-out, V_o , oltre la quale non si ha generazione ($P_g=0$).

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato



Dato comunque il profilo della potenza P_g generabile dalla macchina prescelta alle diverse velocità del vento, il calcolo della producibilità annua E_p della macchina ubicata nel punto della stazione si esegue integrando rispetto alla velocità del vento il prodotto tra la potenza generabile e la densità di probabilità della velocità del vento nel sito considerato.

La valutazione della producibilità deve essere calcolata riportando la velocità del vento all'altezza del mozzo della macchina utilizzando il valore misurato del gradiente della velocità al suolo *alfa* . Un ulteriore affinamento del calcolo dovrebbe tener conto della quota del sito che determina variazioni proporzionali alla variazione della densità dell'aria ρ .

La producibilità è talvolta convenientemente espressa tramite il numero di ore equivalenti di generazione a piena potenza, dato dal rapporto $E_p / P_{nominale}$.

I risultati della elaborazione dei dati registrati dalla stazioni anemometrica di Ferriera per i tre sensori di velocità sono rappresentati nelle tabelle e nei grafici riportate nell'**Allegato 3**. Una guida all'interpretazione di tali prodotti è resa disponibile all'inizio dell'allegato stesso. Al dato di velocità rilevato a 30 m, per la redazione degli elaborati, è stato associato il valore di direzione rilevata a 40 m.

6 VERIFICA DEL POSIZIONAMENTO STORICO DELLE SERIE DISPONIBILI

La valutazione della distribuzione della velocità del vento di lungo periodo in un sito candidato all'installazione di un impianto eolico, o più semplicemente della sua velocità media stimata su più anni, è 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.

Nel nostro caso si dispongono dati per oltre tre anni, con una disponibilità molto prossima al 90%. Seppur con questa durata di rilevazioni, la velocità media può discostare da quella annua stabile nel tempo di pochissimi punti percentuali si è valutato di procedere comunque ad una verifica di questo parametro.

La verifica del posizionamento storico può esser effettuata utilizzando i dati di ventosità rilevati per diversi anni da una stazione anemometrica storica e mettendo in correlazione i dati rilevati contemporaneamente dalla stessa stazione storica con quelli rilevati nel sito in cui si vuole effettuare la

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

verifica. 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.

Nello specifico Tecnogaia dispone di una serie di dati di una stazione, situata a circa 15 km da quella di Ferriera, con la quale si potranno effettuare confronti e correlazioni e quindi valutare la ventosità di lungo periodo della stazione in oggetto.

La metodologia utilizzata nello studio ha seguito il seguente processo logico:

1. Confronto degli andamenti delle medie mensili e giornaliere delle due stazioni anemometriche in oggetto e delle loro rose dei venti (quella in sito e quella storica) per il loro periodo di contemporaneità.
2. Correlazioni tra detti dati contemporanei di velocità media mensile e di velocità media giornaliera;
3. Calcolo della ventosità di lungo periodo con l'utilizzo dei parametri delle correlazioni e del valore di media della stazione storica di riferimento.

6.1 La stazione anemometrica storica di "Bric Baraccone"

La stazione di "Bric Baraccone" fa parte della rete anemometrica di Tecnogaia, costituita da circa 50 unità sparse sul territorio nazionale. Di tale stazione si dispongono dati elementari a partire dal 2007 ed è ad oggi tutt'ora attiva. E' nota la sua ventosità di lungo periodo poiché è stata a più riprese storicizzata con altre stazioni storiche dell'ARPA. E' costituita da un sostegno tubolare di altezza pari a 30 m, alla sommità del quale sono collocati i sensori anemometrici di velocità e direzione. Alla base del sostegno, ad altezza d'uomo, è fissato un contenitore che ospita il sistema di protezione contro le sovratensioni e l'acquisitore dati. Il sostegno ed il sistema di protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica (protezioni elettriche e parafulmine) sono elettricamente collegati a terra tramite dispersore a picchetto.

La stazione di "Bric Baraccone" ha le seguenti principali caratteristiche:

Ubicazione:

Regione: **Piemonte**

Provincia: **Cuneo**

Comune: **Saliceto**

Coordinate in metri nel sistema UTM ED50, Fuso 32:

Longitudine: **436,850 E ;** Latitudine : **4,920,504 N**

Altitudine (s.l.m.): **750 m**

Orografia del punto di installazione: **Crinale**

Orografia circostante: **Collinare**

Utilizzo del terreno: **Pascolo**

Ostacoli nelle immediate vicinanze: **Nessuno**

Altezza sostegno: **30 m**

Tipo di sensore: **NRG #40C Maximum Anemometer Calibrated**

Tipo di acquisitore: **Second Wind NOMAD2**

6.1.1 Sensore anemometrico

Il sensore anemometrico utilizzato per la misura della velocità e direzione del vento della stazione storica di riferimento, nel periodo di contemporaneità, è del medesimo tipo NRG di quelli in uso per la stazione di Ferriera. Per i dettagli si veda il paragrafo *2.4* denominato */ sensori anemometrici*.

6.1.2 L'acquisitore dati

La centralina per l'acquisizione dei dati anemometrici utilizzata per la misura nella campagna di misura (SECOND WIND NOMAD2), nel periodo di contemporaneità, è del medesimo tipo di quelli in uso per la stazione di Ferriera. Per i dettagli si veda il paragrafo *2.5.* denominato *L'acquisitore dati*.

6.1.3 Dati disponibili della stazione storica

I dati disponibili della stazione storica di Bric Baraccone si riferiscono ad un periodo continuo di raccolta dati di circa 80 mesi con una disponibilità di dati validi del 98%. A seguito di verifiche interne con stazioni di maggior durata di rilevazioni la ventosità media rilevata è da considerarsi stabile nel tempo (oscillazioni di pochi decimi di punto percentuale).

La velocità media complessiva, come media aritmetica delle medie mensili del periodo contemporaneo, è pari a 4.17 m/s mentre nel suo periodo complessivo di funzionamento, come media delle singole registrazioni nei 10 min è pari a 4.12 m/s.

6.2 Confronto degli andamenti delle velocità medie contemporanee e delle rose dei venti

Se due o più stazioni sono sottoposte ai medesimi regimi di vento, gli andamenti delle velocità medie, con base temporale in funzione della distanza reciproca, devono risultare simili così come le loro rose dei venti, cioè la distribuzione dei venti in ragione delle direzioni di provenienza.

Il controllo degli andamenti, cioè la variazione nel tempo delle grandezze considerate, è stato effettuato per i valori di media mensile utilizzando i dati di velocità del sensore di sommità di "Bric Baraccone" e quelli di "Ferriera"; un estratto degli andamenti di tali valori è riportato in **Figura 1**.

Gli andamenti appaiono omogenei ed in sintonia a significare che le due stazioni sono sottoposte agli stessi regimi di vento.

Anche la verifica di similitudine tra le rose dei venti delle stazioni, delle quali si riportano le rappresentazioni grafiche in **Figura 2**, dà soddisfacenti conferme.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

6.2.1 Correlazioni tra i dati di velocità media delle due stazioni

Per confermare le ipotesi di cui sopra sono stati correlati i dati di media giornaliera e mensile della stazione in sito "Ferriera" cod.T0721, con quelli della stazione storica.

Di seguito si riportano i parametri caratteristici di dette correlazioni mettendo in evidenza il coefficiente di correlazione, che abbinato alla consistenza del numero di valori correlati, esprime la bontà/validità del processo e quindi che le stazioni sono interessate dagli stessi regimi di vento.

Stazione di "Bric Baraccone" a 30 m dal suolo - Cod. T0112							
Stazione di "Ferriera"	Tipo di correlazione	Numero di punti validi	Coeff. Di correlazione **ro**	Parametro **A**	Parametro **B**	Parametro **C**	Parametro **R**
Cod.T0721	Giornaliera	1062	0.834	1.172	0.470	1.271	1.285
	Mensile	37	0.830	0.841	1.849	1.274	1.284

Dove:

- **ro** = Coefficiente di correlazione
- **A, B** = parametri della retta di regressione senza la condizione del passaggio per lo zero
- **C** = coefficiente angolare della retta di regressione passante per lo zero
- **R =** rapporto tra le medie (dei soli valori contemporanei)

Come è possibile evincere osservando i coefficienti di correlazione, essi appaiono omogenei e di buona entità.

I grafici di dette correlazioni sono disponibili in allegato rispettivamente in **Figura 3** ed in **Figura 4**.

Nelle figure che riportano i grafici dei punti, oggetto delle correlazioni, sono indicate due rette ottenute dalla regressione lineare: la prima senza il 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 è quella che ha uno scarto quadratico medio dei residui inferiore e nel caso specifico, trattandosi di medie con base temporale sufficientemente ampia, non è necessaria la condizione di passaggio dall'origine. Nel grafico è anche indicato, con R, il rapporto tra le medie dei dati contemporanei, utilizzando per il calcolo rispettivamente l'insieme dei singoli valori di media mensile e di media giornaliera.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

6.3 Valutazione della ventosità di lungo periodo della stazione in sito

I parametri delle rette di regressione ottenute come sopra indicato 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.

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 la ventosità di lungo periodo del sito che ospita la stazione di cui si dispongono meno dati rispetto a quella ritenuta storica.

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

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

E per analogia che :

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

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

Stazione di "Bric Baraccone" a 30 m dal suolo- Cod. T0112									
Stazione di "Ferriera"	Tipo di correlazione	n° punti correlazione	Coeff. di correlazione **ro**	Parametro **A**	Parametro **B**	Misura di LP di **X**	Stima di LP in **Y**	Velocità in sito **Y**	**K_s**
Cod.T0721	Giornaliera	1062	0.834	1.172	0.470	**4.12**	5.296	5.378	**0.985**
	Mensile	37	0.830	0.841	1.849		5.313		**0.988**

Dove:

- **ro** = Coefficiente di correlazione
- **A, B** = parametri della retta di regressione
- **Misura LP in X** = Velocità media di lungo periodo della stazione storica
- **Stima LP in Y** = Stima della velocità media di lungo periodo nelle stazioni in sito
- **Velocità in sito Y =** Velocità media misurata nelle stazioni in sito
- **k storicizzazione =** Coefficiente di storicizzazione (rapporto tra la stima di velocità di lungo periodo e quella misurata)

Come si può evincere dai risultati della storicizzazione, utilizzando i parametri a e b frutto delle correlazioni dei dati di velocità media mensile e di media giornaliera, la velocità media di lungo periodo

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

della stazione di “Ferriera” come media delle due stime, si valuta sia ottenibile diminuendo dell’1.35% il valore di ventosità dati rilevati. Ritenendo detto correttivo non particolarmente influente e comunque dell’ordine di grandezza delle incertezze insite in questi processi di stima, si valuta di mantenere il valor medio di ventosità rilevata come valore storicizzato

D’ora in avanti comunque, al codice di detta stazioni verrà aggiunto un suffisso “_S” ad indicarne la verifica del suo posizionamento “storico”. Per cui:

T0721_S a 40 m dal suolo = 5.38 m/s

7 CONCLUSIONI

Nell’ambito del processo di progettazione di un impianto eolico e più in generale nelle fasi decisionali dello sviluppo del sito è necessario conoscere con una buona affidabilità la consistenza della risorsa eolica disponibile e quindi, con opportuni studi di modellazione, quella della produzione attesa. Ciò è garantito da idonee rilevazioni in sito delle grandezze di velocità e di direzione del vento per un periodo di alcuni anni. E’ possibile, in assenza di queste condizioni temporali, 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 alcuni anni.

Nel caso specifico si dispone di una serie di dati raccolti in sito e di una di dati contemporanei di una stazione storica.

Tali dati anemometrici appaiono, per confronti e con correlazioni, appartenenti agli stessi regimi di vento, sia per variazione di intensità che per direzioni.

L’analisi e l’elaborazione dei dati della stazione in sito non ha evidenziato particolari carenze o lacune, ad eccezione della nota sul sensore a 30m dal suolo di cui al capitolo 4; la qualità-quantità di informazioni disponibili appare equa ed idonea alla valutazione del sito, sia per la posizione sul territorio della stazione, sia per la tipologia delle apparecchiature utilizzate e per la buona disponibilità di dati validi.

Qualche perplessità deve essere espressa in merito all’altezza massima dei sensori di misura che, per le turbine di nuova generazione con mozzi a circa 100 m, appare non completamente sufficiente.

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, con direzione prevalente da Sud-Sud/Est e parzialmente da Nord-Nord/Ovest.

L’analisi dei dati della stazione storica, sia in termini di qualità che di quantità, ha permesso di considerarli validi per le successive attività di verifica del posizionamento storico della serie di dati del sito.

Lo scopo della verifica è stato quello di definire una distribuzione di ventosità stabile nel tempo. La metodologia utilizzata ha consentito di mantenere sotto controllo i processi di elaborazione dati e di storicizzazione degli stessi.

Sedi operative:
- Via S. Francesco d’Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

Nel proseguo delle attività di valutazione del sito in termini di producibilità, si suggerisce di utilizzare le distribuzioni della velocità del vento rilevata in sito a 40 m dal suolo e di porre attenzione nell'utilizzo dei dati del sensore a 30m per le verifiche del gradiente al suolo. A questo scopo, in prima battuta è da ritenersi verosimile e corretto il gradiente misurato tra i sensori a 40 e a 20 m dal suolo di cui in Tabella F dell'Allegato 3 del sensore a 20m.

Andrea Pollizzi

Milano, Luglio 2014

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

ALLEGATO TAVOLE

SITO EOLICO DI FERRIERA

Comune di PONTINVREA (SV)

Ubicazione geografica del sito



Cartina di base: Atlante stradale d'Italia, Volume NORD, 1:200.000, Ediz. TCI, Milano 2004.

N

Scala 1:200.000

Sito eolico



Regione: LIGURIA

TecnoGaia S.r.l.



SITO EOLICO DI FERRIERA

Comune di PONTINVREA (SV)

Ubicazione della stazione anemometrica e accessibilità

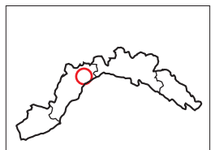
LEGENDA

- Viabilità principale
- Viabilità interna al sito
- Confini regionali
- Confini provinciali
- Confini comunali
- Stazione Anemometrica

Cartina di base IGMI, serie 25V:
MIOGLIA 81 II NE

Scala 1:25.000

N



TecnoGaia S.r.l.

Raccolta della

documentazione tecnica degli elementi

costituenti la stazione anemometrica

<u>Allegato 1</u>

QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda della stazione anemometrica

Sito: Ferriera		**Fornitore: Tecnogaia**	
Data	Codifica documento	Archivio	Compilato da

Sezione A) – Dati identificativi della stazione anemometrica

Nome stazione (max 16 car.): **Ferriera** Codice: **0721**
Comune di: **Pontinvrea** Provincia: **SV** Regione: **Liguria**
Tavoletta IGMI: **Mioglia** Foglio n°: **81 IINE**

Sezione B) – Dati identificativi delle apparecchiature

SENSORE VELOCITÀ	*h dal suolo(m)*	*Tipo*	*Modello*	*n° matricola*	*n° inventario*	*Posizione sensori*	
A	**40**	**NRG**	**MAX40C**	**09-4102**	**TG09/1566**	**65°**	
B	**30**	**NRG**	**MAX40C**	**07-1340**	**TG07/816**	**65°**	
C	**20**	**NRG**	**MAX40C**	**09-5259**	**TG09/1601**	**65°**	
D							
SENSORE DIREZIONE	*h dal suolo(m)*	*Tipo*	*Modello*	*n° matricola*	*n° inventario*	*ZERO*	*Rotazione Positiva verso il settore*
A	**40**	**NRG**	**200P**		**TG10/1824**	**245°**	**Ovest**
B	**20**	**NRG**	**200P**		**TG10/1825**	**245°**	**Ovest**
C							
ACQUISITORE		**SECONDWIND**	**NOMAD2**	**#3536**	**TG07/1073**	ACCESSORI: **KIT GSM**	
SOSTEGNO	**40**	**NRG**					
Contenitore delle apparecchiature							

Verifica in uscita effettuata da: **Bonsi** Data: **30/11/10**

Sezione C) – Dati relativi alla localizzazione della stazione anemometrica ed al sito

Coordinate chilometriche UTM ED50: long. **455 014** - latit. **4 919 367** - Fuso **32**
Altitudine in metri s.l.m.: **737**
Caratteristiche orografiche: **CRINALE** Utilizzo del terreno: **INCOLTO**
Dimensioni dell'area interessata: **1** (kmq) Accessibilità: **SCARSA**
Presenza linee elettriche:

Note :

Sezione D) – Procedura di gestione della stazione e cambio cartuccia

Sarà effettuata da: **Tecnogaia**

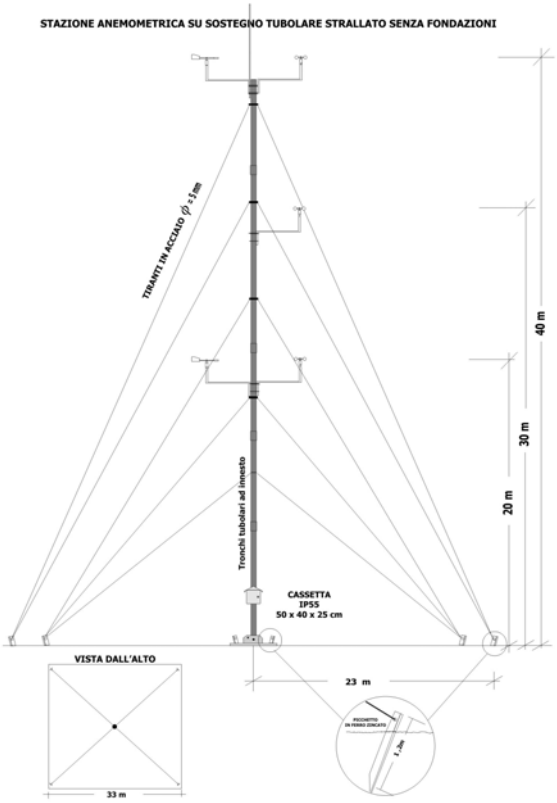
QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Scheda della stazione anemometrica

TecnoGaia S.r.l.

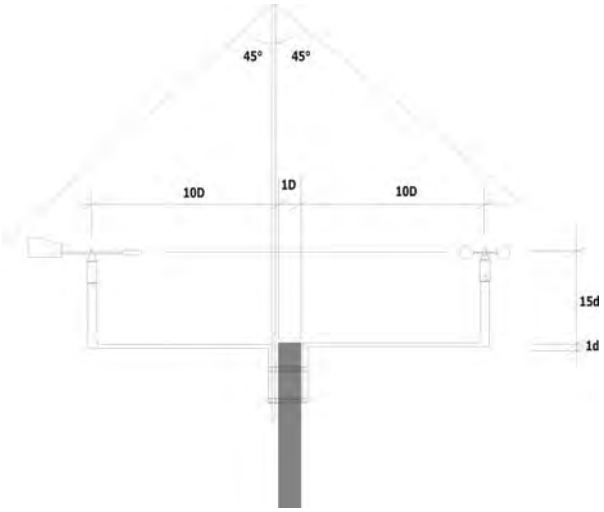
Sito: Ferriera	**Stazione: Ferriera**

Sezione E) – Caratteristiche del sostegno e disposizione dei sensori

STAZIONE ANEMOMETRICA

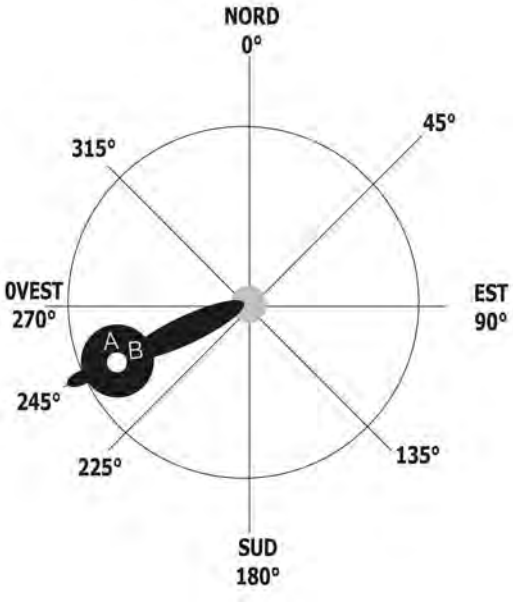


MENSOLE ANEMOMETRI E PARAFULMINE

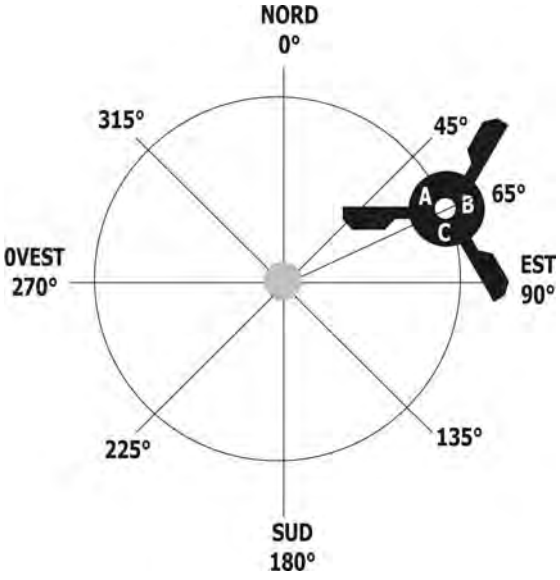


ORIENTAMENTO MENSOLE:

SENSORI DI DIREZIONE A e B



SENSORI DI VELOCITA' A, B e C

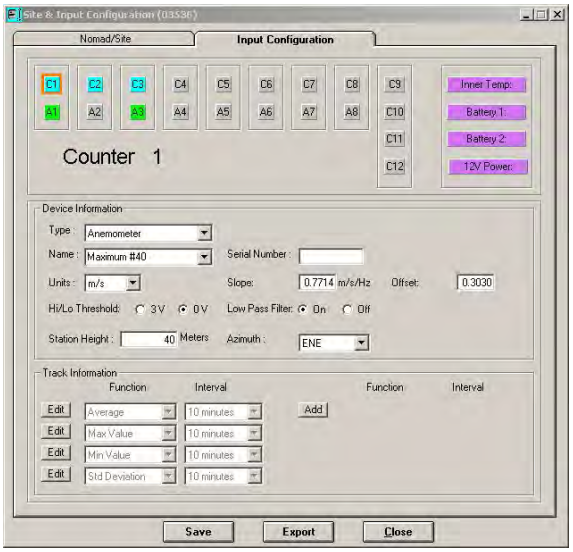


Stazione anemometrica installata da: **Bonsi** data: **23/02/2011**

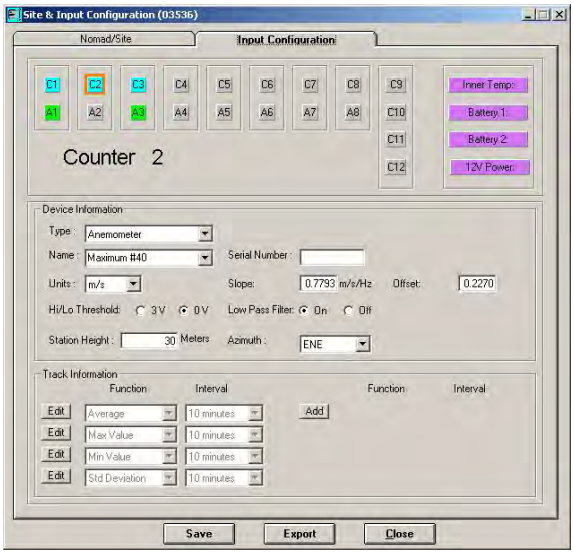
QUALIFICAZIONE DEI DATI ANEMOLOGICI DI UN SITO
Configurazione acquisitore dati dei canali di velocità

Sito: Ferriera	**Fornitore: Tecnogaia**

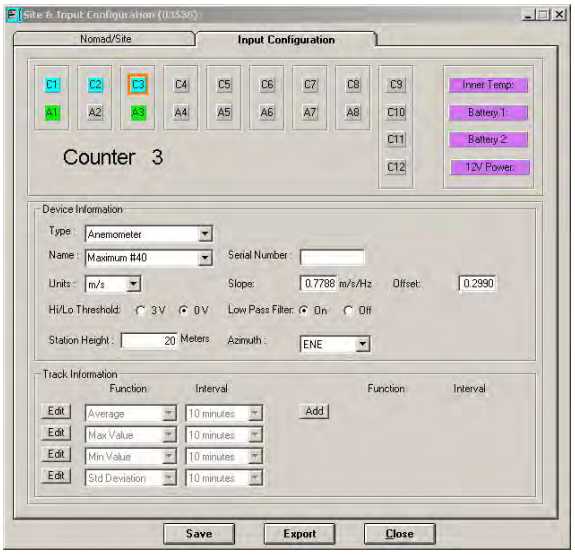
Sezione A – Configurazione acquisitore (canali velocità)



Configurazione acquisitore sensore velocità a 40 m



Configurazione acquisitore sensore velocità a 30 m



Configurazione acquisitore sensore velocità a 20 m

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory
Akkreditiert durch die / *accredited by the*
Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DKD-K- 36801

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen / *Calibration label*: 09/4102 | DKD-K-36801 | 07/2009

Gegenstand *Object*	Cup Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	NRG Systems USA Hinesburg
Typ *Type*	#40(S)
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: TG09-1566 Cup: TG09-1566
Auftraggeber *Customer*	TecnoGaia S.r.l. I-20099 Sesto San Giovanni
Auftragsnummer *Order No.*	VT09408
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	14.07.2009

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Der DKD ist Unterzeichner der multi- lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher DKD-K- 36801 Kalibrierdienst	14.07.2009	Dipl. Phys. D. Westermann	Dipl.-Ing. (FH) M. Meyer zu Himmern

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

09/4102
DKD-K-36801
07/2009

Kalibriergegenstand
Object Anemometer

Kalibrierverfahren
Calibration procedure
IEC 61400 12 1 - Wind Turbine Power Performance Testing 12 2005
MEASNET - Cup Anemometer Calibration Procedure – 09 1997
ISO 3966 – Measurement of fluid in closed conduits - 1977

Ort der Kalibrierung
Place of calibration Windtunnel of Deutsche WindGuard, Varel

Messbedingungen
Test Conditions

wind tunnel area [1]	10000 cm²	
anemometer frontal area [2]	185 cm²	
diameter of mounting pipe [3]	13 mm	
blockage ratio [4]	0.019 [-]	
blockage correction [5]	1.000 [-]	
average WindGuard reference [6]	12.6 1/s (NRG #40)	
present WindGuard reference [7]	12.5 1/s	

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	25.0 °C	± 1.0 K
air pressure	1010.9 hPa	± 1.0 hPa
relative air humidity	52.1 %	± 2.5 %

Dateiinformation
File info

Anmerkungen
Remarks -

Auswertesoftware
Software version 4.0

[1] Querschnittsfläche der Auslassdüse des Windkanals
[2] Vereinfachte Querschnittsfläche (Schattenwurf) des Prüflings inkl. Montagerohr
[3] Durchmesser des Montagerohrs
[4] Verhältnis von 2) zu 1)
[5] Korrekturfaktor durch die Verdrängung der Strömung durch den Prüfling
[6] Referenzwert des Referenzanemometers bei 10 m/s (Mittelwert)
[7] Aktueller Wert des Referenzanemometers

Dieser Kalibrierschein wurde elektronisch erzeugt
This calibration certificate has been generated electronically

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

09/4102
DKD-K-36801
07/2009

Kalibrierergebnis:
Result:

Test Item (1/s)	Tunnel Speed (m/s)	Uncertainty (k=2) (m/s)
5.060	4.162	0.10
7.589	6.141	0.10
10.062	8.078	0.10
12.443	9.922	0.10
15.022	11.905	0.10
17.611	13.892	0.10
20.234	15.864	0.11
18.819	14.804	0.10
16.338	12.904	0.10
13.665	10.894	0.10
11.165	8.952	0.10
8.712	7.031	0.10
6.259	5.118	0.10

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k=2 ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Wertintervall.

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The expanded uncertainty assigned to the mea-surement results is obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k = 2. It has been determined in accordance with DKD-3. The value of the measurand lies within the assigned range of values with a probability of 95%.

The DKD is signatory to the multilateral agree-ments of the European co-operation for Accredita-tion (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

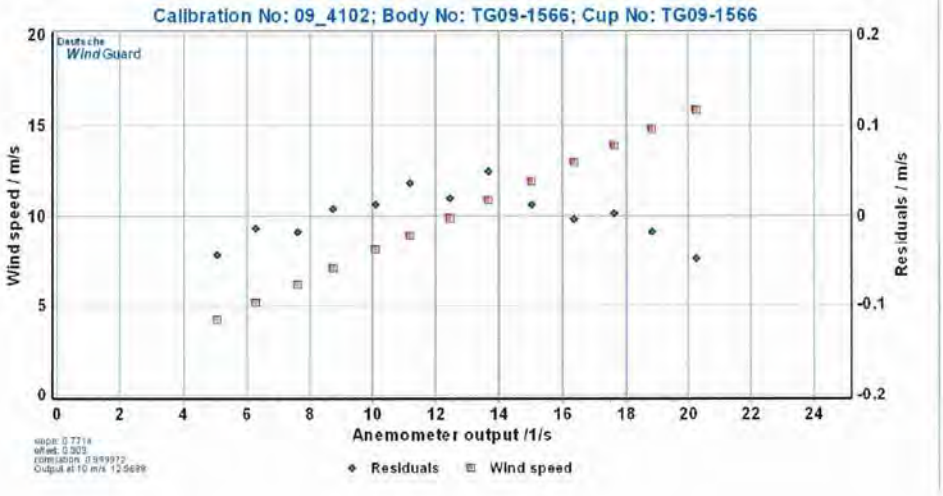
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	09/4102
Body no.	TG09-1566
Cup no.	TG09-1566
Date	14.07.2009
Air temperature	25.0 °C
Air pressure	1010.9 hPa
Humidity	52.1 %

Linear regression analysis

Slope	0.77143 (m/s)/(1/s) ±0.00173 (m/s)/(1/s)
Offset	0.303 m/s ±0.023 m/s
St.err(Y)	0.030 m/s
Correlation coefficient	0.999972

Remarks no



[1]) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997.
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service). Registration: DKD – K – 36801

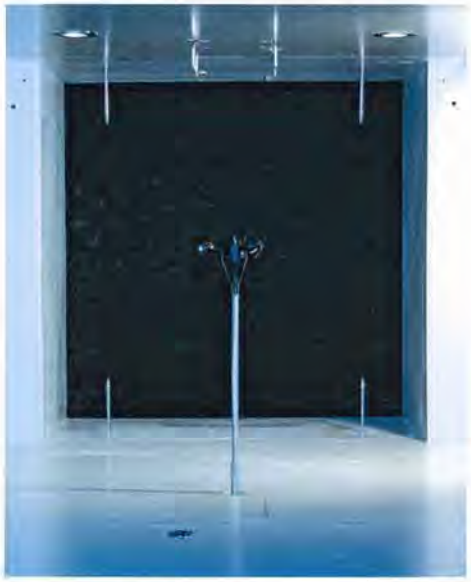
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

2 Instrumentation

Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year	Calibration
1	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000142	02	06/02
2	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000143	02	06/02
3	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000144	02	06/02
4	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000145	02	06/02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02	DWG12/07
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02	DWG12/07
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02	03/07
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02	03/05
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. X2010004	02	DWG12/07
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/6-ME	02	DWG12/07
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/6-ME	02	DWG12/07
12	Wind tunnel control	-	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04	05/04
14	Anemometer		-		
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 58285/8198430	05	01/06

Table 1 Description of the data acquisition system

3 Photo of the calibration set-up





Calibration set-up of the anemometer calibration in the wind tunnel of Deutsche WindGuard, Varel.
The anemometer shown is of the same type as the calibrated one.
Remark: The proportion of the set-up are not true to scale due to imaging geometry.

4 Deviation to MEASNET procedure

The calibration procedure is in all aspects in accordance with the IEC 61400-12-1 Procedure

5 References

[1] J. Mander, D. Westermann, 12/2007 - Verfahrensanweisung DKD-Kalibrierung von Windgeschwindigkeitssensoren
[2] IEC 61400-12-1 12/2005 - Wind Turbine Power Performance Testing
[3] ISO 3966 1977 - Measurement of fluid flow in closed conduits
[4] MEASNET 09 1997 - Cup Anemometer Calibration Procedure

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

Kalibrierlaboratorium für Strömungsgeschwindigkeit von Luft
Calibration laboratory for velocity of air flow
Akkreditiert durch die */ accredited by the*
Akkreditierungsstelle des DKD bei der
PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB)

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DKD-K- 36801

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen
Calibration label

DKD-K-36801
07_1340

Gegenstand *Object*	Cup Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	NRG Systems USA Hinesburg
Typ *Type*	#40(S)
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: TG07-816 Cup: TG07-816
Auftraggeber *Customer*	TecnoGaia S.r.l. I-20099 Sesto San Giovanni
Auftragsnummer *Order No.*	VT07183
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	23.04.2007

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Der DKD ist Unterzeichner der multi- lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher Kalibrierdienst DKD-K-36801	23.04.2007	Dipl. Phys. D. Westermann	Tech. Ass. Inf. H. Westermann

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

DKD-K-36801
07_1340

Kalibriergegenstand *Object*	Cup Anemometer		
Kalibrierverfahren *Calibration procedure*	MEASNET - Cup Anemometer Calibration Procedure – 09 1997 ISO 3966 – Measurement of fluid in closed conduits - 1977		
Ort der Kalibrierung *Place of calibration*	Windtunnel of Deutsche WindGuard, Varel		
Messbedingungen *Test Conditions*	wind tunnel area [1]	10000 cm²	
	anemometer frontal area [2]	185 cm²	
	diameter of mounting pipe [3]	16 mm	
	blockage ratio [4]	0.019 [-]	
	blockage correction [5]	0.998 [-]	
	average WindGuard reference [6]	12.6 1/s (NRG #40)	
	present WindGuard reference [7]	12.49 1/s	
Umgebungsbedingungen *Test conditions*	air temperature	17.9 deg	± 1.0 K
	air pressure	1019.4 hPa	± 1.0 hPa
	relative air humidity	43.4 %	± 2.5 %
Dateiinformation *File info*		C:\ak\aktuell\07_1340.kor	
Anmerkungen *Remarks*		-	
Auswertesoftware *Software version*		2.0	

[1] Querschnittsfläche der Auslassdüse des Windkanals
[2] Vereinfachte Querschnittsfläche (Schattenwurf) des Prüflings inkl. Montagerohr
[3] Durchmesser des Montagerohrs
[4] Verhältnis von 2) zu 1)
[5] Korrekturfaktor durch die Verdrängung der Strömung durch den Prüfling
[6] Referenzwert des Referenzanemometers bei 10 m/s (Mittelwert)
[7] Aktueller Wert des Referenzanemometers

Dieser Kalibrierschein wurde elektronisch erzeugt
This calibration certificate has been generated electronically

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

DKD-K-36801
07_1340

Kalibrierergebnis:
Result:

Anzeige Pruefling	Stroemungs-geschwindigkeit	Erweiterte Messunsicherheit
1/s	m/s	m/s
5.145	4.221	0.10
7.564	6.117	0.10
9.970	8.010	0.10
12.374	9.931	0.10
15.026	11.926	0.10
17.574	13.886	0.10
20.008	15.815	0.11
18.729	14.839	0.10
16.170	12.810	0.10
13.633	10.850	0.10
11.091	8.887	0.10
8.736	7.031	0.10
6.399	5.194	0.10

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k=2 ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Wertintervall.

The expanded measurement uncertainty which results from the multiplication of the standard measurement uncertainty and the coverage factor K= 2 is given. It is determined in conformity with DKD-3. (German Calibration Body) The magnitude lies in an interval with a 95% level of confidence.

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die anderen Unterzeichner aus Europa sind zur Zeit die Akkreditierungsstellen in Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Irland, Italien, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich. Außerhalb Europas sind zur Zeit Akkreditierungsstellen der Länder Australien, Brasilien, China, Indien, Japan, Kanada, Neuseeland, Singapur, Südafrika, Taiwan, Vereinigte Staaten von Amerika und Vietnam Mitunterzeichner der Übereinkommen.

The German Calibration Service is signatory of the multilateral agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual acceptance of calibration certificates. The other European signatories are currently the accreditation offices in Belgium, Denmark, Finland, France, Ireland, Italy, The Netherlands, Norway, Austria, Portugal, Sweden, Switzerland, Slovakia, Spain, Czech Republic and the United Kingdom. Outside Europe, the accreditation offices are found in Australia, Brazil, China, India, Japan, Canada, New Zealand, Singapore, South Africa, Taiwan, United States of America and Vietnam as cosignatory of the agreement.

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

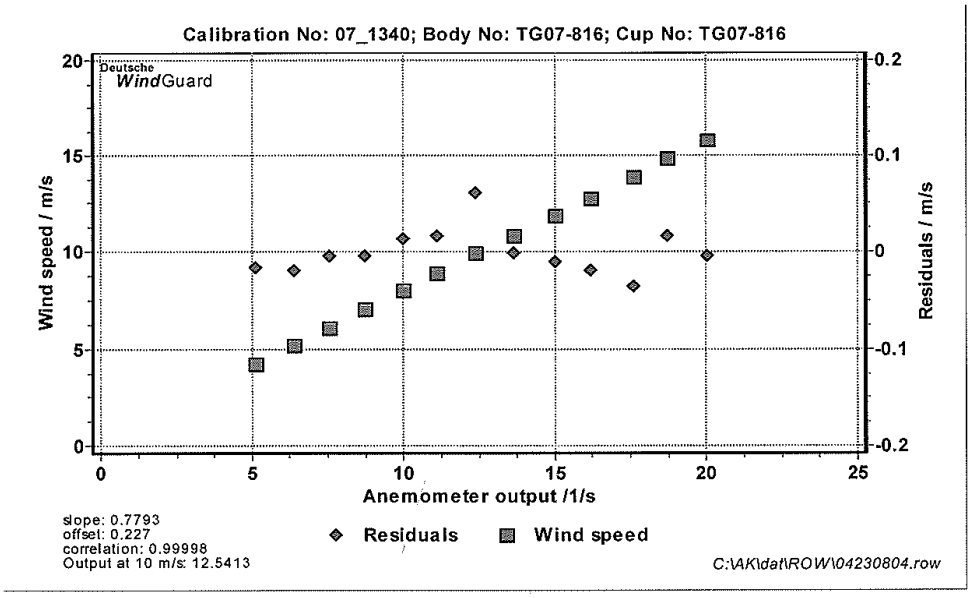
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	07_1340
Body no.	TG07-816
Cup no.	TG07-816
Date	23.04.2007
Air temperature	17.9 deg
Air pressure	1019.4 hPa
Humidity	43.4 %

Linear regression analysis

Slope	0.77929 (m/s)/(1/s) ±0.00149 (m/s)/(1/s)
Offset	0.227 m/s ±0.020 m/s
St.err(Y)	0.026 m/s
Correlation coefficient	0.999980

Remarks no



[1]) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997.
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service) and Physikalisch Technische Bundesanstalt – PTB (Federal Office for Physics and Technique). Registration: DKD – K – 36801

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

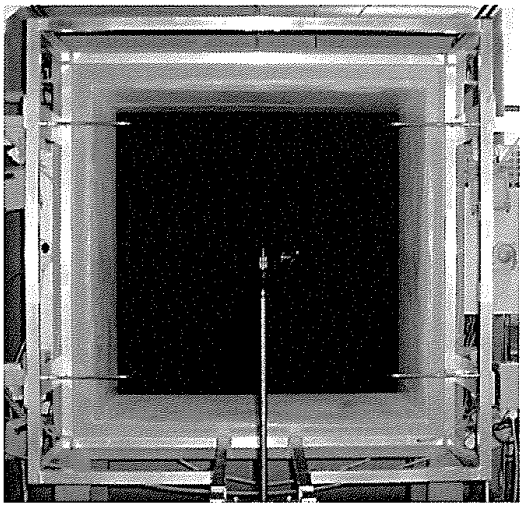
2 Instrumentation

Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year	Calibration
1	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000142	02	06/02
2	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000143	02	06/02
3	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000144	02	06/02
4	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000145	02	06/02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02	12/04
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02	12/04
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02	12/04
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02	12/04
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. X2010004	02	12/04
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/6-ME	02	12/04
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/6-ME	02	12/04
12	Wind tunnel control	-	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04	05/04
14	Anemometer		-		
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 58285/8198430	05	01/06

Table 1 Description of the data acquisition system

3 Photo of the calibration set-up





Calibration set-up of the anemometer calibration in the wind tunnel of Deutsche WindGuard, Varel.
The anemometer shown is of the same type as the calibrated one.
Remark: The proportion of the set-up are not true to scale due to imaging geometry.

4 Deviation to MEASNET procedure

The calibration procedure is in all aspects in accordance with the IEC 61400-12-1 Procedure

5 References

[1] J. Mander, D. Westermann, 08 2005 - Verfahrensanweisung DKD-Kalibrierung von Windgeschwindigkeitssensoren
[2] IEC 61400-12-1 12/2005 - Wind Turbine Power Performance Testing
[3] ISO 3966 1977 - Measurement of fluid flow in closed conduits
[4] MEASNET 09 1997 - Cup Anemometer Calibration Procedure

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD

Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory
Akkreditiert durch die / *accredited by the*
Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH
Varel

Deutscher Akkreditierungs Rat
DAR
DKD-K- 36801

	09/5259
Kalibrierzeichen *Calibration label*	DKD-K-36801
	09/2009

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Gegenstand *Object*	Cup Anemometer
Hersteller *Manufacturer*	NRG Systems USA Hinesburg
Typ *Type*	#40(S)
Fabrikat/Serien-Nr. *Serial number*	Body: TG09-1601 Cup: TG09-1601
Auftraggeber *Customer*	TecnoGaia S.r.l. I-20099 Sesto San Giovanni
Auftragsnummer *Order No.*	VT09474
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines *Number of pages of the certificate*	3
Datum der Kalibrierung *Date of calibration*	04.09.2009

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).
Der DKD ist Unterzeichner der multi- lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.
Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.
The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Stempel *Seal*	Datum *Date*	Leiter des Kalibrierlaboratoriums *Head of the calibration laboratory*	Bearbeiter *Person in charge*
Deutscher Kalibrierdienst DKD-K- 36801	04.09.2009	Dipl. Phys. D. Westermann	Dipl.-Ing. (FH) M. Meyer zu Himmern

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

Deutsche WindGuard
Wind Tunnel Services GmbH

09/5259
DKD-K-36801
09/2009

Kalibriergegenstand
Object

Anemometer

Kalibrierverfahren
Calibration procedure

IEC 61400 12 1 - Wind Turbine Power Performance Testing 12 2005
MEASNET - Cup Anemometer Calibration Procedure – 09 1997
ISO 3966 – Measurement of fluid in closed conduits - 1977

Ort der Kalibrierung
Place of calibration

Windtunnel of Deutsche WindGuard, Varel

Messbedingungen
Test Conditions

wind tunnel area [1]	10000 cm²	
anemometer frontal area [2]	185 cm²	
diameter of mounting pipe [3]	13 mm	
blockage ratio [4]	0.019 [-]	
blockage correction [5]	1.000 [-]	
average WindGuard reference [6]	12.6 1/s (NRG #40)	
present WindGuard reference [7]	12.46 1/s	

Umgebungsbedingungen
Test conditions

air temperature	23.9 °C	± 1.0 K
air pressure	999.1 hPa	± 1.0 hPa
relative air humidity	46.8 %	± 2.5 %

Dateiinformation
File info

Anmerkungen
Remarks

-

Auswertesoftware
Software version

4.0

[1] Querschnittsfläche der Auslassdüse des Windkanals
[2] Vereinfachte Querschnittsfläche (Schattenwurf) des Prüflings inkl. Montagerohr
[3] Durchmesser des Montagerohrs
[4] Verhältnis von 2) zu 1)
[5] Korrekturfaktor durch die Verdrängung der Strömung durch den Prüfling
[6] Referenzwert des Referenzanemometers bei 10 m/s (Mittelwert)
[7] Aktueller Wert des Referenzanemometers

Dieser Kalibrierschein wurde elektronisch erzeugt
This calibration certificate has been generated electronically

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

09/5259
DKD-K-36801
09/2009

Kalibrierergebnis:
Result:

Test Item (1/s)	Tunnel Speed (m/s)	Uncertainty (k=2) (m/s)
5.023	4.173	0.10
7.563	6.154	0.10
9.995	8.088	0.10
12.289	9.940	0.10
14.879	11.909	0.10
17.505	13.910	0.10
20.053	15.868	0.11
18.661	14.818	0.10
16.177	12.902	0.10
13.577	10.901	0.10
11.056	8.968	0.10
8.627	7.016	0.10
6.334	5.213	0.10

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k=2 ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Wertintervall.

Der Deutsche Kalibrierdienst ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die weiteren Unterzeichner innerhalb und außerhalb Europas sind den Internetseiten von EA (www.european-accreditation.org) und ILAC (www.ilac.org) zu entnehmen.

The expanded uncertainty assigned to the mea-surement results is obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k = 2. It has been determined in accordance with DKD-3. The value of the measurand lies within the assigned range of values with a probability of 95%.

The DKD is signatory to the multilateral agree-ments of the European co-operation for Accredita-tion (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

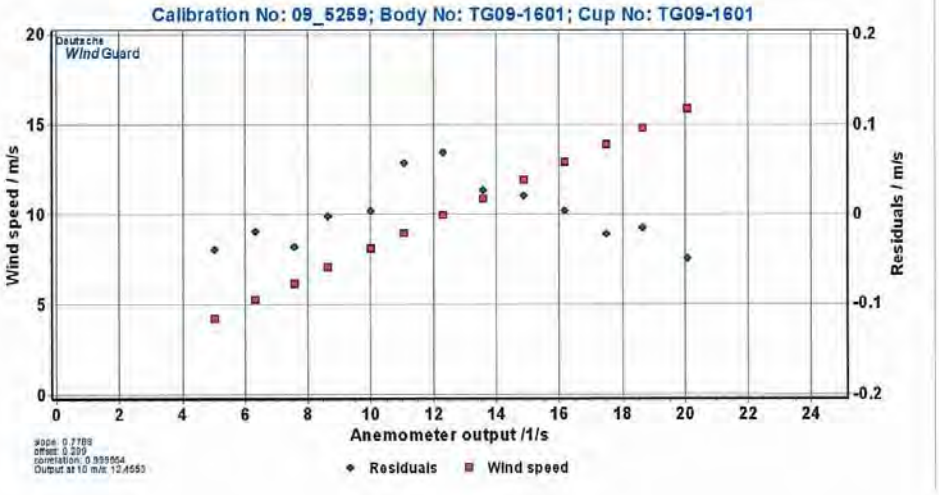
1 Detailed MEASNET[1] Calibration Results

DKD calibration no.	09/5259
Body no.	TG09-1601
Cup no.	TG09-1601
Date	04.09.2009
Air temperature	23.9 °C
Air pressure	999.1 hPa
Humidity	46.8 %

Linear regression analysis

Slope	0.77884 (m/s)/(1/s) ±0.00225 (m/s)/(1/s)
Offset	0.299 m/s ±0.030 m/s
St.err(Y)	0.039 m/s
Correlation coefficient	0.999954

Remarks no



[1]) According to MEASNET Cup Anemometer Calibration Procedure 09/1997.
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services is accredited by MEASNET and by the Deutscher Kalibrierdienst – DKD (German Calibration Service). Registration: DKD – K – 36801

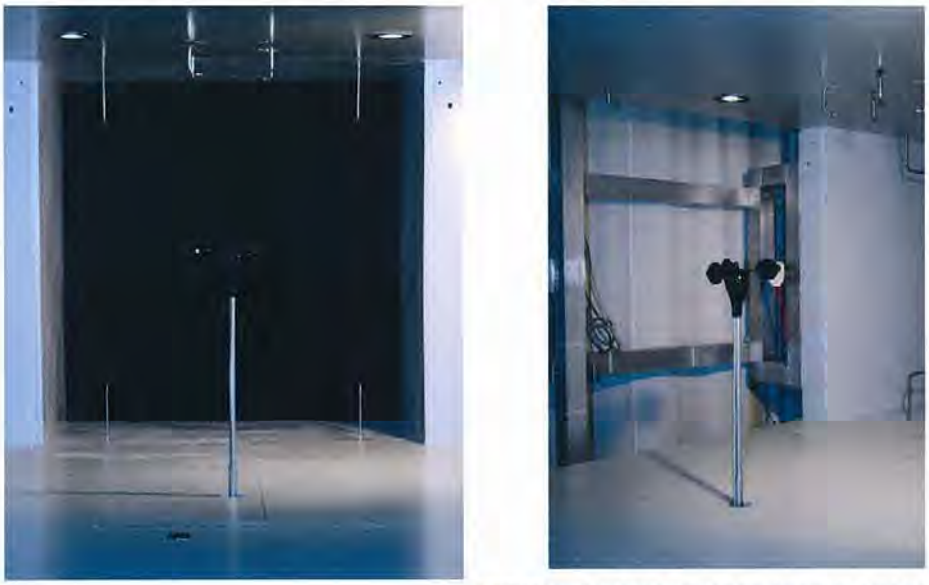
Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

2 Instrumentation

Pos.	Sensor	Manufa.	Identification	Year	Calibration
1	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000142	02	06/02
2	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000143	02	06/02
3	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000144	02	06/02
4	Pitot static tube	Airflow	483/8 Nr. 000145	02	06/02
5	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688081	02	DWG12/07
6	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688082	02	DWG12/07
7	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688083	02	03/07
8	Pressure transducer	Setra	C 239 Nr. 1688084	02	03/05
9	El. Barometer	Vaisala	100 A Nr. X2010004	02	DWG12/07
10	El. Thermometer	Galltec	KPK 1/6-ME	02	DWG12/07
11	El. Humidity sensor	Galltec	KPK 1/6-ME	02	DWG12/07
12	Wind tunnel control	-	-	-	-
13	CAN-BUS / PC	esd	-	04	05/04
14	Anemometer		-		
15	Universal Isolator	Knick	P2700 - 58285/8198430	05	01/06

Table 1 Description of the data acquisition system

3 Photo of the calibration set-up



Calibration set-up of the anemometer calibration in the wind tunnel of Deutsche WindGuard, Varel.
The anemometer shown is of the same type as the calibrated one.
Remark: The proportion of the set-up are not true to scale due to imaging geometry.

4 Deviation to MEASNET procedure

The calibration procedure is in all aspects in accordance with the IEC 61400-12-1 Procedure

5 References

[1] J. Mander, D. Westermann, 12/2007 - Verfahrensanweisung DKD-Kalibrierung von Windgeschwindigkeitssensoren
[2] IEC 61400-12-1 12/2005 - Wind Turbine Power Performance Testing
[3] ISO 3966 1977 - Measurement of fluid flow in closed conduits
[4] MEASNET 09 1997 - Cup Anemometer Calibration Procedure

Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH
Oldenburger Str. 65
26316 Varel ; Tel. ++49 (0)4451 9515 0

NRG #40C Anemometer

FEATURES

- The standard anemometer used in the wind energy industry
- Short distance constant
- Simple, durable design



The NRG #40C anemometer is the industry standard anemometer used worldwide. NRG #40 anemometers have recorded wind speeds of 96 m/s (214 mph). Their low moment of inertia and unique bearings permit very rapid response to gusts and lulls. Because of their output linearity, these sensors are ideal for use with various data retrieval systems. A four pole magnet induces a sine wave voltage into a coil producing an output signal with a frequency proportional to wind speed. The #40C is constructed of rugged Lexan cups molded in one piece for repeatable performance. A protective rubber terminal boot is included.

SPECIFICATIONS

Description	Sensor type	3-cup anemometer
	Applications	• wind resource assessment • meteorological studies • environmental monitoring
	Sensor range	1 m/s to 96 m/s (2.2 mph to 214 mph) (highest recorded)
	Instrument compatibility	all NRG loggers
Output signal	Signal type	low level AC sine wave, frequency linearly proportional to windspeed
	Transfer function	m/s = (Hz x 0.765) + 0.35 [miles per hour = (Hz x 1.711) + 0.78]
	Accuracy	within 0.1 m/s (0.2 mph) for the range 5 m/s to 25 m/s (11 mph to 55 mph)
	Calibration	each anemometer individually calibrated, calibration reports provided via electronic download
	Output signal range	0 Hz to 125 Hz (highest recorded)

SPECIFICATIONS

Response characteristics	Threshold	0.78 m/s (1.75 miles per hour)
	Distance constant (63% recovery)	3.0 m (10 feet)
	Moment of inertia	68 x 10^{-6} S-ft^2
	Swept diameter of rotor	190 mm (7.5 inches)
Installation	Mounting	onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw
	Tools required	0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape
Environmental	Operating temperature range	-55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)
	Operating humidity range	0 to 100% RH
Physical	Connections	4-40 brass hex nut/post terminals
	Weight	0.14 kg (0.3 pounds)
	Dimensions	• 3 cups of conical cross-section, 51 mm (2 inches) dia. • 81 mm (3.2 inches) overall assembly height
Materials	Cups	one piece injection-molded black polycarbonate
	Body	housing is black ABS plastic
	Shaft	beryllium copper, fully hardened
	Bearing	modified Teflon, self-lubricating
	Magnet	Indox 1, 25 mm (1 inch) diameter, 13 mm (0.5 inch) long, 4 poles
	Coil	single coil, bobbin wound, 4100 turns of #40 wire, shielded for ESD protection
	Boot	protective PVC sensor terminal boot included
	Terminals	brass

SPECIFICATIONS

NRG #200P Wind Direction Vane

FEATURES

- The standard wind direction vane used in the wind energy industry
- Simple, durable design
- Corrosion-resistant materials



The NRG #200P wind direction vane is the industry standard wind direction vane used worldwide. The thermoplastic and stainless steel components resist corrosion and contribute to a high strength-to-weight ratio. The vane is directly connected to a precision conductive plastic potentiometer located in the main body. An analog voltage output directly proportional to the wind direction is produced when a constant DC excitation voltage is applied to the potentiometer. A rubber terminal boot is included.

SPECIFICATIONS

Description	Sensor type	continuous rotation potentiometric wind direction vane
	Applications	• wind resource assessment • meteorological studies • environmental monitoring
	Sensor range	360° mechanical, continuous rotation
	Instrument compatibility	all NRG loggers
Output signal	Signal type	Analog DC voltage from conductive plastic potentiometer, 10K ohms
	Transfer function	Output signal is a ratiometric voltage
	Accuracy	potentiometer linearity within 1%
	Dead band	8° Maximum, 4° Typical
	Output signal range	0 V to excitation voltage (excluding deadband)
Power requirements	Supply voltage	Regulated potentiometer excitation of 1 V to 15 V DC
Response characteristics	Threshold	1 m/s (2.2 miles per hour)
Installation	Mounting	onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw
	Tools required	0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape
Environmental	Operating temperature range	-55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)

SPECIFICATIONS

	Operating humidity range	0 to 100% RH
	Lifespan	50 million revolutions (2-6 years normal operation)
Physical	Connections	4-40 brass hex nut/post terminals
	Weight	0.14 kg (0.3 pounds)
	Dimensions	• 21 cm (8.3 inches) length x 12 cm (4.3 inches) height • 27 cm (10.5 inches) swept diameter
Materials	Body	black UV stabilized static-dissipating plastic
	Shaft	stainless steel
	Bearing	stainless steel
	Wing	black UV stabilized injection molded plastic
	Boot	protective PVC sensor terminal boot included
	Terminals	brass

110 Riggs Road · Hinesburg · VT 05461 USA · TEL (802) 482-2255 · FAX (802) 482-2272 · EMAIL sales@nrgsystems.com

NOMAD 2 Data Logger for Wind Resource Assessment



The NOMAD 2 data logger offers advanced functionality and simplified installation while reducing system costs. With its advanced low-power circuitry, real-time operating system, and Windows™-compatible Compact Flash Cards, NOMAD 2 collects and secures the data you need.

Field Friendly

We know field visits have to be made in the cold, wind, and snow. NOMAD 2's vacuum fluorescent display (VFD) option gives a clear bright readout in temperatures down to -40°C and in full sunshine. The LED "heartbeat" provides assurance of normal operation independent of the display. The breakthrough integrated shelter box design uses innovative mini-rack mounting for power and communications components, so installations are easy to maintain. Field-proven lightning protection circuitry is built in, reducing the number of connections to wire. Larger, color-coded cage-clamp terminals make wiring faster and easier, even with gloves on. A built-in serial port lets you use NOMAD Desktop on site. No laptop? NOMAD 2's easy-to-use front panel and menuing system tells you everything you need to know. Reprogram the logger in seconds by uploading a configuration from your Compact Flash card.

Smart Power Management

NOMAD 2 will run on two standard 9V alkaline batteries for six months. If that isn't enough, add internal 12V batteries to run longer, even with your preferred transducers and remote communications gear. NOMAD 2 manages transducer power and sensor excitation to get the most out of whatever batteries you use. Add a solar package for perpetual operation. A built-in relay provides control for your needs, including sensor heating for icing conditions.

More Sensor Inputs

Connect up to 12 anemometers or other frequency or state devices to the NOMAD 2, including rain gauges, energy meters, and relays. Another 8 analog inputs connect directly to wind vanes, thermistors, and transducers measuring air pressure, electric power, sound level, or anything else that concerns you at your wind site. Get remarkable ±0.02% accuracy on counter inputs and ±0.2% accuracy on analog inputs. Connect most transducers and sensors with no need for extra modules.

Get Your Data Your Way

NOMAD 2 makes it easier than ever to get your data. Whether your connection is GSM, CDMA, AMPS, satellite, or landline, NOMAD 2 will answer your call and send you e-mail. Robust Compact Flash cards provide solid-state storage and can be read by any PC using off-the-shelf readers. NOMAD 2 comes with NOMAD Desktop™ software to check in on your logger and see real time values with the Zoom feature. Refine study parameters by uploading a new configuration to NOMAD 2 remotely - NOMAD Desktop's advanced database system will keep all your data organized and labeled.

Weatherproof

The NOMAD 2 data logger is designed to withstand the harshest of climates in its lockable steel shelter box. The wide-temperature display, batteries, and data cards allow the data logger to operate fully from -40° to 185°F (-40° to 85°C).

From Second Wind

Second Wind has over 20 years experience making equipment for wind prospectors. From the award winning AL-2000 data logger to the trend setting NOMAD data logger, Second Wind products have a track record of reliability and versatility. NOMAD 2 draws on Second Wind's experience at wind prospecting sites from Antarctica to Sub-Saharan Africa. NOMAD Desktop software brings the power and flexibility of Second Wind's Advanced Distributed Monitoring System (ADMS) for windfarms to your desktop, providing powerful analytical tools previously unavailable without customer programming. Count on Second Wind to make it easy for you.

SECONDWIND

Second Wind Inc. 366 Summer Street, Somerville MA 02144 USA
Tel. 617 776-8520 • Fax 617 776-0391 • www.secondwind.com

NOMAD 2 Specifications

Sensor Inputs

12 Counter Inputs:
- Configurable for AC & pulse anemometers, other frequency-output devices, and high/low digital or relay state signaling
- Frequency range DC to 2 kHz
- High display resolution with low frequency anemometers
- Input high/low threshold configurable for 0V or 3V
- Configurable filtering for low frequency devices
- 1-second count integration, ±0.02% accuracy

8 Analog Inputs:
- Configurable range of 0 to 2.5V or 5V
- 12-bit analog to digital conversion
- 1-second sampling, ±0.2% accuracy
- Direct interface to potentiometer wind vanes, 10k thermistors, and analog-output transducers

Fault Detection:
- Feedback input from 2.5V+ excitation output for wiring and device fault detection

Internal Temperature:
- 1-second sampling, ±2°C accuracy

Power Supplies:
- Measurement of two 9V batteries and 12V power
- 1-second sampling, ±0.1V accuracy

Outputs

2.5V+ Excitation:
- 2.5V+ smart-switched excitation distributed to all input terminal blocks for energy-conserving measurement of potentiometers and thermistors
- Calibrated to ±5mV, 25 ppm/°C, 250 mA max

12V Transducer Power:
- 12V+ smart-switched transducer power output distributed to all input terminal blocks for energy-conserving operation of electronic transducers
- 1 Amp maximum

12V Modem Power:
- 12V+ configurable switched modem power output for energy-conserving operation of cellular & other modems
- 1 Amp maximum

Relay Output:
- For de-icing or other control applications
- SPST dry contact, 1 Amp maximum, AC or DC
- Modbus-controlled

Power Supply

9 Volt Batteries:
- 2 parallel standard 9V batteries in sliding receptacles
- Up to 6 months operation with alkaline, up to one year with lithium (-40°C) batteries that have no shipping restrictions

12 Volt Power:
- 12V (10-18V DC) input for internal primary or rechargeable batteries, external DC power supply, or regulated solar panel
- Two-screw removable internal mounting for lead-acid batteries for higher power transducer, controls, and communication gear, standard sizes up to 20 AH, extreme environment sizes up to 8 AH

Solar:
- Optional on-board solar charging regulator/controller

Serial Ports

- 3 independent RS232C serial ports, up to 115 kBaud

Local Port:
- Direct straight-cable connection to laptop or PC
- Standard pinout DB9, DCE

Remote Port:
- Connects to modem, radio, or asynch network adapter
- Auto-wakeup Rx input
- Internally connected for SWI-supplied modem options
- Field-wireable terminals for customer-installed devices

Device Port:
- Connects to and logs from communicating transducers including multifunction Phaser® power transducers & ultrasonic anemometers
- Pollable Modbus RTU for SCADA and other general applications

ESD Protection

- All inputs, outputs, and serial port signaling transient and fault protected
- No additional lightning protection needed

User Interface

Local Display:
- 4 x 20 alphanumeric character display, LCD or VFD
- Configurable smart-switched power
- Automatic temperature-compensating LCD contrast

Keypad:
- 7-key sealed membrane keypad

Remote Interface:
- Full display, configuration, data transfer, & firmware upgradability by local port or modem connection to any PC via NOMAD Desktop™

Status Light:
- Heartbeat LED indicates operational status independent of display

Input and Data Processing

Wind Speed:
- Slope & offset scaling, auto-zeroing for counter inputs

Wind Direction:
- Modulo 360° and true vector processing
- Deadband location correction

Temperature:
- Thermistor linearization to device accuracy (±0.1°C)

Math Functions:
- Average, standard deviation, maximum, time of maximum, minimum, time of minimum, total, cycles, sample value

Recording Intervals:
- 1 minute, 10 minutes, hourly, or daily in any combination for all inputs and math functions

Data Storage

Media:
- Industry/consumer standard Compact Flash, up to 256MB
- Read/write-able by any notebook or desktop PC via PCMCIA adapter or any USB-type Compact Flash adapter
- Full -40° to 85°C operation rated devices available

Formats:
- Card directory & file formats are fully Windows™ compatible
- Any FAT (PC) formatted Compact Flash card fully usable
- Data written to daily files in named monthly subdirectories
- Each datum in standard IEEE floating point format, indexed for positive database ID independent of file name/location
- Each datum time-stamped in Universal Time (UT/GMT), configurable for time zone & daylight savings offsets

Transfer:
- Files transferable by card removal, local serial connection, remote dial-up connection, or as e-mail attachments

Physical

Operating Temp:
- -40° to 85°C all specifications (Vacuum Fluorescent Display)

LCD Temperature:
- LCD operates from -20° to 70°C, storage -30° to 80°C

Internal RT Clock:
- ±1 minute/month accuracy, internet time-server adjustable
- Backed up by socketed 2032 Lithium coin cell (10 year life)

Wire & Cabling:
- 12 six-screw, 0.2" (5mm) cage clamp style terminal blocks
- Signal, ground, excitation, switched & unswitched 12V power distributed to each of 8 terminal blocks
- Standard SMA-F bulkhead connector for external antennas
- Four 3/4" npt/pg21 knockouts for cable & conduit installation

Enclosure:
- Integrated waterproof instrument enclosure, wire and cable junction box, and lockable rain shed
- Upper section NEMA4/IP66 (watertight), lower section NEMA3R (rain tight) or NEMA4 with cable glands
- 16 ga. steel, 14 ga. mounting flanges, TGIC powdercoated
- 14 x 12 x 5.5 inches (350 x 300 x 140mm), 20 lbs. (9 kg)
- Mini-rack mounting for internal modem options
- Swing-out panels for modem and 12V battery access
- Surface, truss-tower, or tube-tower mounting
- Single no-tools padlockable hasp closure

Available Options

- Vacuum Fluorescent Display
- GSM/GPRS, CDMA, and AMPS cellular modems
- Satellite modem (Iridium)
- Landline telephone (POTS) modem
- Integrated solar charging systems, including charge regulator, panel, mounting brackets, and lead-acid batteries

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELLA STAZIONE ANEMOMETRICA
FERRIERA
PONTINVREA (SV)



La Stazione vista da Nord

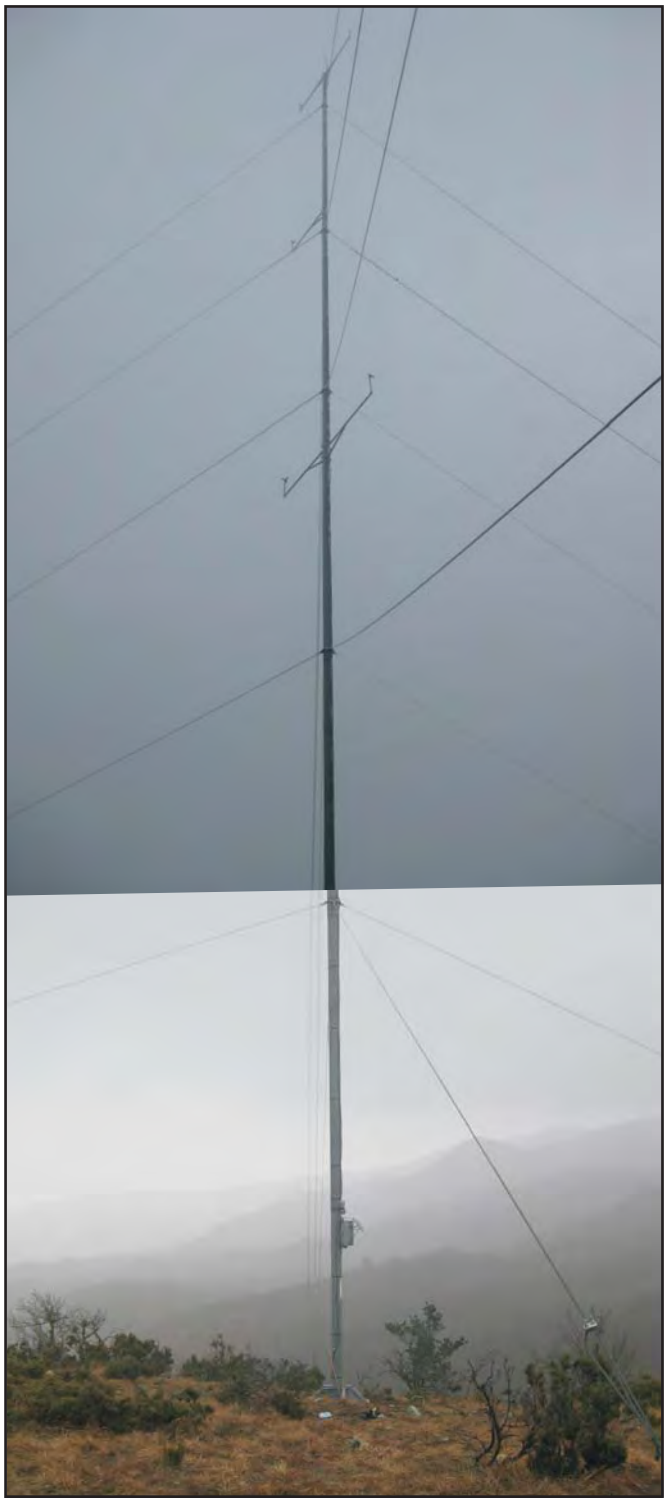


La Stazione vista da Est

RIPRESE FOTOGRAFICHE DELLA STAZIONE ANEMOMETRICA
FERRIERA
PONTINVREA (SV)



La Stazione vista da Sud



La Stazione vista da Ovest

RIPRESE FOTOGRAFICHE DALLA STAZIONE ANEMOMETRICA
FERRIERA
PONTINVREA (SV)



Dal punto di misura verso Nord



Dal punto di misura verso Est

RIPRESE FOTOGRAFICHE DALLA STAZIONE ANEMOMETRICA
FERRIERA
PONTINVREA (SV)



Dal punto di misura verso Sud



Dal punto di misura verso Ovest

Stazione anemometrica di

✓ ***Ferriera T0721***

Disponibilità dei dati elementari

<u>Allegato 2</u>

STAZIONE ANEMOMETRICA DI FERRIERA
- Regione Liguria - Cod. T0721
DISPONIBILITÀ DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 23/02/2011 - 30/04/2014

FEBBRAIO 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
VELOCITÀ 40																							+	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40																							+	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30																							+	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20																							+	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20																							+	X	X	X	X	X

MARZO 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

APRILE 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

MAGGIO 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

GIUGNO 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

LUGLIO 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

AGOSTO 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

SETTEMBRE 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

OTTOBRE 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

STAZIONE ANEMOMETRICA DI FERRIERA
- Regione Liguria - Cod. T0721
DISPONIBILITÀ DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 23/02/2011 - 30/04/2014

NOVEMBRE 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	X	X	X	+	+	X	+
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	X	X	X	+	+	X	+
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	X	+	-	+	+	+	-
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	X	X	X	+	+	X	+
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	X	X	X	+	+	X	+

DICEMBRE 2011	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	+	-	-	+	X	X	X	X	+	-	+	+	+	-	+	X	+	+	X	X	+	+	+	X	X	X	X	+	X	+	+
DIREZIONE 40	+	-	-	+	X	X	X	X	+	-	+	+	+	-	+	X	+	+	X	X	+	+	+	X	X	X	X	+	X	+	+
VELOCITÀ 30	-	-	-	+	X	X	X	X	+	-	+	+	+	-	+	X	+	+	X	X	+	+	+	X	X	X	X	+	X	+	+
VELOCITÀ 20	+	-	-	+	X	X	X	X	+	-	+	+	+	-	+	X	+	+	X	X	+	+	+	X	X	X	X	+	X	+	+
DIREZIONE 20	+	-	-	+	X	X	X	X	+	-	+	+	+	-	+	X	+	+	X	X	+	+	+	X	X	X	X	+	X	+	+

GENNAIO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

FEBBRAIO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	+	X	+	+	X	X	+	+	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	+	X	+	+	X	X	+	+	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	+	X	+	+	X	X	+	+	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	+	X	+	+	X	X	+	+	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	+	X	+	+	X	X	+	+	X

MARZO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	+	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	+	+	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	+	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	+	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	+	+	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

APRILE 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

MAGGIO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

GIUGNO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

LUGLIO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

STAZIONE ANEMOMETRICA DI FERRIERA
- Regione Liguria - Cod. T0721
DISPONIBILITÀ DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 23/02/2011 - 30/04/2014

AGOSTO 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

SETTEMBRE 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

OTTOBRE 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+

NOVEMBRE 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

DICEMBRE 2012	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	+	+	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

GENNAIO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	+	-	+	X	X	X	X	+	X	+	X	+	-	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X
DIREZIONE 40	+	-	+	X	X	X	X	+	X	+	X	+	-	+	+	X	X	X	+	-	+	X	X	+	X	X	X	+	+	X	X
VELOCITÀ 30	+	-	+	X	X	X	X	+	X	+	X	+	-	+	+	X	X	X	X	X	+	X	X	+	X	X	+	+	+	X	X
VELOCITÀ 20	+	X	X	X	X	X	X	+	X	+	X	+	-	+	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X
DIREZIONE 20	+	+	X	X	X	X	X	+	X	+	X	+	-	+	+	+	X	X	+	-	+	X	X	+	+	-	+	-	+	X	X

FEBBRAIO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
VELOCITÀ 40	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	-	+	X	X
DIREZIONE 40	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	+	-	-	-	-	+	X	X
VELOCITÀ 30	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	-	-	+	X	X
VELOCITÀ 20	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	+	-	+	X	X
DIREZIONE 20	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	-	-	+	X	X

MARZO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	+	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	-	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	+	+	+	+	+	+	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	+	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	+	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	-	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	+	+	+	X	+	+	X	X

APRILE 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

STAZIONE ANEMOMETRICA DI FERRIERA
- Regione Liguria - Cod. T0721
DISPONIBILITÀ DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 23/02/2011 - 30/04/2014

MAGGIO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

GIUGNO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

LUGLIO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

AGOSTO 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

SETTEMBRE 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

OTTOBRE 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

NOVEMBRE 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	+	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	+	X	X	X	X	X	X	X

DICEMBRE 2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	+	-	-	-	-	-	-
DIREZIONE 40	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	+	-	-	-	-	-	-
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	+	-	-	-	-	-	-
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	+	-	-	-	-	-	-
DIREZIONE 20	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	+	-	+	X	X	X	+	-	-	-	-	-	-

GENNAIO 2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIREZIONE 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VELOCITÀ 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VELOCITÀ 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIREZIONE 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Rel. TG232/2014-VPE – Rif. Rabbia Susanna – Accettazione ns. Offerta n° 161BS_2014 del 18/06/2014

STAZIONE ANEMOMETRICA DI FERRIERA
- Regione Liguria - Cod. T0721
DISPONIBILITÀ DEI DATI RELATIVA AL PERIODO: 23/02/2011 - 30/04/2014

FEBBRAIO 2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
VELOCITÀ 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIREZIONE 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VELOCITÀ 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VELOCITÀ 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIREZIONE 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MARZO 2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
VELOCITÀ 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	X	X	X
DIREZIONE 40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	X	X	X
VELOCITÀ 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	X	X	X
VELOCITÀ 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	X	X	X
DIREZIONE 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	X	X	X

APRILE 2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VELOCITÀ 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCITÀ 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIREZIONE 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

G	GIORNO
x	DISPONIBILITÀ DATO (100%)

G	GIORNO
+	DISPONIBILITÀ DATO (parziale)

G	GIORNO
-	DATI NON DISPONIBILI

	40 m		30 m		20 m	
n°dati	167382		167382		167382	
n°dati VELOCITÀ validi	149312	89.20%	148462	88.70%	149595	89.37%
n°dati DIREZIONE validi	147376	88.05%			147205	87.95%

Risultati delle elaborazioni effettuate
con i dati della stazione di

- ✓ ***Ferriera cod.T0721***

<u>Allegato 3</u>

GUIDA ALL' INTERPRETAZIONE DELLE TABELLE E DEI GRAFICI

TABELLA A : Tabulazione della curva di durata della velocità del vento ottenuta dai dati sperimentali.

Al variare della velocità (valore medio nei 10 minuti) con passo di 0.5 m/s, sono riportati il numero di ore in cui tale velocità è superata e la relativa percentuale del tempo totale riferito ad un anno.

Sono inoltre stimati i parametri della distribuzione di Weibull, velocità caratteristica V_C e fattore di forma *k*, e sulla base di tale distribuzione sono riportati i valori calcolati della velocità media *Vmed*, dello scarto quadratico medio *sqmV*, della velocità media cubica *Vcub* e della potenza specifica P_V.

GRAFICO 1 : Riporta quattro curve:

- curva di durata sperimentale (curva con contrassegno -□-) i cui valori in ordinata riportano la percentuale del tempo totale (dell'anno) in cui la velocità del vento è superata;

- curva di durata di Weibull (curva nera continua) ottenuta da quella sperimentale linearizzata applicando il metodo di interpolazione coi minimi quadrati, essa è definita dai due parametri *Vc* e *k* indicati;

- istogramma che riporta in ordinata, in unità arbitrarie, un valore proporzionale alla frequenza della velocità del vento compresa tra i diversi intervalli di velocità di ampiezza 0.5 m/s;

- distribuzione di frequenza della corrispondente distribuzione di Weibull (curva nera continua che interpola l'istogramma).

GRAFICO 2 : Riporta la distribuzione polare delle frequenze delle direzioni del vento (rosa dei venti).

TABELLA B : Sono riportati i parametri della velocità del vento per ciascun settore di direzione e per quelle non definite (indicate in tabella con NoDir quando mancano i dati di direzione), la percentuale dei valori di calma (con velocità del vento minore od uguale a 0.5 m/s) e gli stessi parametri calcolati indipendentemente dalla direzione (riga Totale).

Più precisamente in tabella sono riportate le seguenti informazioni, avendo indicato con V_i l'i-esimo valor medio nei 10 minuti della velocità del vento nella sequenza totale di *n* valori:

- colonna 1 : numero d'ordine del settore di direzione secondo frequenze crescenti;
- colonna 2 : nome del settore da Nord a NNO in senso orario;
- colonna 3 : frequenza percentuale della direzione del vento nei diversi settori;
- colonna 4 : numero di rilievi registrati *n*;

- colonna 5 : media aritmetica delle velocità : $Vmed = \sum_i \frac{1}{n} \cdot V_i$
- colonna 6 : scarto quadratico medio delle velocità : $sigV = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_i (V_i - Vmed)^2}$
- colonna 7 : media cubica delle velocità : $Vcub = \sqrt[3]{\frac{1}{n} \cdot \sum_i V_i^3}$
- colonna 8 : valore massimo della velocità : $Vmax = max_i \{V_i\}$
- colonna 9 : potenza specifica media P_V.

TABELLA C : Sono riportati i parametri caratteristici della velocità del vento rilevati in ciascun mese dell'anno; con i dati medi mensili sono poi ottenuti i parametri stagionali (in realtà riferiti a trimestri praticamente coincidenti con le stagioni) e quelli annuali. Più precisamente in tabella sono riportate per ogni mese le seguenti informazioni:

- colonna 1 : nome del mese;
- colonna 2 : numero di mesi equivalenti di acquisizione, pari al rapporto tra il numero totale di dati acquisiti entro quel mese (anche in anni diversi), ed il numero totale di dati attesi nel periodo di quel dato mese dell'anno;
- colonna 3 : velocità media nel mese (in m/s);
- colonna 4 : scarto quadratico medio della velocità nel mese (in m/s);
- colonna 5 : velocità media cubica nel mese (in m/s);
- colonna 6 : velocità massima nel mese (in m/s);
- colonna 7 : potenza specifica media della vena fluida nel mese (in W/m^2);
- colonna 8 : energia specifica media del vento nel mese (in kWh/m^2).

Dai dati medi mensili sono poi calcolati i valori medi stagionali delle stesse grandezze in colonna e quindi i valori medi totali annuali. Questi ultimi valori stimano i parametri della velocità del vento medio annuale dando lo stesso peso alle componenti stagionali indipendentemente dalla numerosità dei dati acquisiti nei diversi mesi dell'anno.

Il calcolo assume significato solo se per ogni mese dell'anno è disponibile un minimo di dati acquisiti Meq maggiore di almeno il 20%.

GRAFICO 3 : Riporta gli andamenti della velocità massima, della velocità media (-□-) e dello scarto quadratico medio della velocità del vento nelle diverse direzioni. L'angolo giro è stato suddiviso in 72 settori di 5° ciascuno. All'angolo 0° corrisponde il Nord e si deve considerare positivo il senso di rotazione orario (all'angolo 90° corrisponde l'Est, ecc.).

GRAFICO 4 : Indica la distribuzione dell'energia specifica della vena fluida in kWh/m^2 nelle diverse direzioni. L'angolo giro è stato suddiviso in 72 settori di 5° ciascuno. All'angolo 0° corrisponde il Nord e si deve considerare positivo il senso di rotazione orario (all'angolo 90° corrisponde l'Est, ecc.).

Il grafico tiene conto per ciascuna direzione sia della frequenza del vento che della sua intensità, esso infatti evidenzia i settori di direzione del vento con maggior contenuto energetico.

GRAFICO 5 : Riporta l'istogramma delle velocità massime, medie e dello scarto quadratico medio della velocità nei 12 mesi dell'anno.

GRAFICO 6 : Riporta mese per mese l'andamento dell'energia specifica intrinseca alla vena fluida in kWh/m^2. Il grafico mette in evidenza le componenti stagionali della risorsa eolica.

GRAFICO 7 : Riporta gli andamenti della velocità massima, media e dello scarto quadratico medio della velocità nell'arco delle 24 ore del giorno; per ogni intervallo di 10 minuti della giornata è riportata la media dei valori registrati, nei diversi giorni dell'anno, nell'intervallo corrispondente.

GRAFICO 8 : Riporta l'istogramma della potenza specifica media della vena fluida in W/m^2 nell'arco delle 24 ore del giorno; per ogni intervallo di 10 minuti della giornata è riportata la media delle potenze rilevate, nei diversi giorni dell'anno, nell'intervallo corrispondente. Il grafico mette in evidenza la componente giornaliera della risorsa eolica.

TABELLA D : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori ottenuti per la turbolenza *T* del vento definita come rapporto percentuale tra il valore dello scarto quadratico medio della velocità del vento rilevato nei 10 minuti ed il corrispondente valore medio:

$$T = 100 \cdot sigV(10')/Vmed(10')$$

Il valore di turbolenza viene calcolato solo per velocità medie nei 10 minuti superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile *T* sono classificati separatamente per settori di direzione e per classi di velocità. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : settore di direzione o classe di velocità;
- colonna 2 : percentuale di occorrenze (nel settore o nella classe);
- colonna 3 : numero di occorrenze *n* (nel settore o nella classe);
- colonna 4 : turbolenza media *Tmed* (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio della turbolenza *sigT* (nel settore o nella classe);

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B – 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

- colonna 6 : valore percentile al 5%, *T_5%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo di turbolenza che è superato con una probabilità del 95%;
- colonna 7 : valore percentile al 95%, *T_95%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo di turbolenza che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione della turbolenza per tutte le velocità del vento superiori al valore di calma di 0.5 m/s, mentre la seconda riga Totale* (contrassegnata da *) rappresenta i parametri della distribuzione della turbolenza solo per velocità del vento superiori a 4 m/s.

In questo Totale* non vengono quindi considerate le classi di velocità minori di 4 m/s, quelle in cui l'aerogeneratore non produce, e pertanto in esso sono riportati i parametri della distribuzione della turbolenza che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 9 : Riporta l'istogramma della distribuzione dell'intensità di turbolenza *T* della velocità del vento nell'intervallo di dieci minuti e la corrispondente curva di durata sperimentale.

Nel grafico sono riportate altre due curve (tratto continuo blu) che rappresentano la distribuzione di frequenza e la curva di durata dei valori di turbolenza calcolati con le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

TABELLA E : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori ottenuti per il rapporto di raffica *R* della velocità del vento definito come rapporto tra il valore massimo della velocità del vento rilevato nei 10 minuti ed il corrispondente valore medio:

$$R = maxV(10')/Vmed(10')$$

Il valore del rapporto di raffica viene calcolato solo per velocità medie nei 10 minuti superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile *R* sono classificati separatamente per settori di direzione e per classi di velocità. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : settore di direzione o classe di velocità;
- colonna 2 : percentuale di occorrenze (nel settore o nella classe);
- colonna 3 : numero di occorrenze *n* (nel settore o nella classe);
- colonna 4 : rapporto di raffica medio *Rmed* (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio del rapporto di raffica *sigR* (nel settore o nella classe);
- colonna 6 : valore percentile al 5%, *R_5%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo del rapporto di raffica che è superato con una probabilità del 95%;

Sedi operative:
- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B – 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:
Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700

N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

- colonna 7 : valore percentile al 95%, *R_95%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo del rapporto di raffica che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione del rapporto di raffica per tutte le velocità del vento superiori al valore di calma di 0.5 m/s, mentre la seconda riga Totale* (contrassegnata da *) rappresenta i parametri della distribuzione del rapporto di raffica solo per velocità del vento superiori a 4 m/s.

In questo Totale* non vengono quindi considerate le classi di velocità minori di 4 m/s, quelle in cui l'aerogeneratore non produce, e pertanto in esso sono riportati i parametri della distribuzione del rapporto di raffica che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 10 : Riporta l'istogramma della distribuzione del rapporto di raffica *R* della velocità del vento nell'intervallo di dieci minuti e la corrispondente curva di durata sperimentale.

Nel grafico sono riportate altre due curve (tratto continuo blu) che rappresentano la distribuzione di frequenza e la curva di durata dei valori di rapporto di raffica calcolati con le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

TABELLA F : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori ottenuti per il gradiente al suolo *alfa* della velocità del vento calcolato per ogni 10 minuti con la seguente formula:

$$alfa = log\left(V_2 med(10') / V_1 med(10')\right) / log\left(h_2 / h_1\right)$$

dove *alfa* è il gradiente della velocità del vento al suolo, $V_2 med(10')$ e $V_1 med(10')$ sono le velocità medie del vento rilevate nei 10 minuti alle corrispondenti altezze dal suolo h_2 e h_1. Tale indice permette di stimare la velocità del vento al mozzo dell'aerogeneratore, solitamente superiore all'altezza delle misure, sulla base dei dati di vento misurati alle due altezza dal suolo h_2 e h_1.

Una relazione che permette di stimare tale velocità è del tipo esponenziale ed è riportata nella seguente formula:

$$V_{mozzo} = V_{misura} \bullet (h_{mozzo} / h_{misura})^{\alpha lfa}$$

Il valore del gradiente *alfa*, indicato in tabella con *A*, viene calcolato solo per velocità medie nei 10 minuti entrambe superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile *A* sono classificati separatamente per settori di direzione e per classi di velocità. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : settore di direzione o classe di velocità;
- colonna 2 : percentuale di occorrenze (nel settore o nella classe);
- colonna 3 : numero di occorrenze *n* (nel settore o nella classe);

- colonna 4 : gradiente medio *Amed* (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio del gradiente *sigA* (nel settore o nella classe);
- colonna 6 : valore percentile al 5%, *A_5%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo del gradiente che è superato con una probabilità del 95%;
- colonna 7 : valore percentile al 95%, *A_95%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo del gradiente che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione del gradiente della velocità del vento al suolo per tutte le velocità del vento superiori al valore di calma di 0.5 m/s, mentre la seconda riga Totale* (contrassegnata da *) rappresenta i parametri della distribuzione del gradiente solo per velocità del vento superiori a 4 m/s.

In questo Totale* non vengono quindi considerate le classi di velocità minori di 4 m/s, quelle in cui l'aerogeneratore non produce, e pertanto in esso sono riportati i parametri della distribuzione del gradiente della velocità del vento al suolo che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 11 : Riporta l'istogramma della distribuzione del gradiente della velocità del vento al suolo *A* calcolato per ogni intervallo di dieci minuti e la corrispondente curva di durata sperimentale.

Nel grafico sono riportate altre due curve (tratto continuo blu) che rappresentano la distribuzione di frequenza e la curva di durata dei valori del gradiente calcolati per le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

TABELLA G : Sono riportati parametri statistici relativi ai valori dello scarto quadratico medio della direzione del vento misurati per ciascuno dei 10 minuti. Tale grandezza rappresenta la turbolenza della direzione del vento.
Il valore dello scarto quadratico medio della direzione, indicato in tabella con *D*, viene considerato solo per velocità medie nei 10 minuti superiori a 0.5 m/s, in tabella i parametri statistici della variabile *D* sono classificati separatamente per settori di direzione e per classi di velocità. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : settore di direzione o classe di velocità;
- colonna 2 : percentuale di occorrenze (nel settore o nella classe);
- colonna 3 : numero di occorrenze *n* (nel settore o nella classe);
- colonna 4 : media della variabile scarto direzione *Dmed* (nel settore o nella classe);
- colonna 5 : scarto quadratico medio della variabile scarto direzione *sigD* (nel settore o nella classe);

- colonna 6 : valore percentile al 5%, *D_5%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore minimo di scarto della direzione che è superato con una probabilità del 95%;
- colonna 7 : valore percentile al 95%, *D_95%* (nel settore o nella classe), esso rappresenta un valore massimo di scarto della direzione che è superato con una probabilità del 5%.

La prima riga Totale rappresenta i parametri della distribuzione dello scarto quadratico medio della direzione per tutte le velocità del vento superiori al valore di calma di 0.5 m/s, mentre la seconda riga Totale* (contrassegnata da *) rappresenta i parametri della distribuzione della variabile scarto direzione solo per velocità del vento superiori a 4 m/s.

In questo Totale* non vengono quindi considerate le classi di velocità minori di 4 m/s, quelle in cui l'aerogeneratore non produce, e pertanto in esso sono riportati i parametri della distribuzione dello scarto quadratico medio della direzione, turbolenza della direzione, che andrebbe ad interessare l'aerogeneratore.

GRAFICO 12 : Riporta l'istogramma della distribuzione dello scarto quadratico medio della direzione del vento, o turbolenza della direzione, *D* nell'intervallo di dieci minuti e la corrispondente curva di durata sperimentale.

Nel grafico sono riportate altre due curve (tratto continuo blu) che rappresentano la distribuzione di frequenza e la curva di durata dei valori di scarto direzione calcolati con le sole velocità del vento superiori a 4 m/s, quelle di interesse per l'aerogeneratore.

TABELLA H : Sono riportati i parametri statistici ed i valori delle misure di temperatura rilevati in ciascuno dei mesi dell'anno. In particolare sono riportati:

- colonna 1 : nome del mese;
- colonna 2 : numero di mesi equivalenti di acquisizione, pari al rapporto tra il numero totale di dati acquisiti entro quel mese (anche in anni diversi), ed il numero totale di dati attesi nel periodo di quel dato mese dell'anno;
- colonna 3 : numero di rilievi registrati
- colonna 4 : temperatura minima *Tmin* (in °C)
- colonna 5 : temperatura media *Tmed* (in °C)
- colonna 6 : temperatura massima *Tmax* (°C)

Dai dati medi mensili sono poi calcolati i valori medi totali annuali delle stesse grandezze in colonna.

GRAFICI 13/14 : Riportano gli andamenti della temperatura minima, massima e media nell'arco dei mesi dell'anno e nell'arco delle 24 ore del giorno.

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8759.6	100.00	0.5	8573.7	97.87
1.0	8384.2	95.71	1.5	8126.1	92.76
2.0	7773.7	88.74	2.5	7322.1	83.59
3.0	6799.3	77.62	3.5	6205.5	70.84
4.0	5569.2	63.58	4.5	4903.3	55.97
5.0	4265.5	48.69	5.5	3665.0	41.84
6.0	3117.3	35.59	6.5	2620.6	29.92
7.0	2199.4	25.11	7.5	1835.2	20.95
8.0	1533.5	17.51	8.5	1277.2	14.58
9.0	1063.6	12.14	9.5	884.7	10.10
10.0	728.6	8.32	10.5	599.6	6.84
11.0	487.1	5.56	11.5	391.1	4.47
12.0	313.4	3.58	12.5	249.5	2.85
13.0	195.6	2.23	13.5	152.4	1.74
14.0	117.2	1.34	14.5	90.1	1.03
15.0	65.1	0.74	15.5	44.9	0.51
16.0	26.9	0.31	16.5	15.6	0.18
17.0	8.7	0.10	17.5	4.0	0.05
18.0	2.1	0.02	18.5	0.9	0.01
19.0	0.4	0.00	19.5	0.2	0.00
20.0	0.1	0.00	20.5	0.1	0.00
21.0	0.1	0.00	21.5	0.0	0.00
22.0	0.0	0.00	22.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	**Vc = 6.02**	**k = 1.74**

Parametri della velocità del vento calcolati con la distribuzione di Weibull:		
Vmed = 5.36 m/s	sqmV = 3.18 m/s	Vcub = 7.01 m/s
Potenza specifica della vena fluida		Pv = 211 W/m2

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 1 : CURVE DI DURATA E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

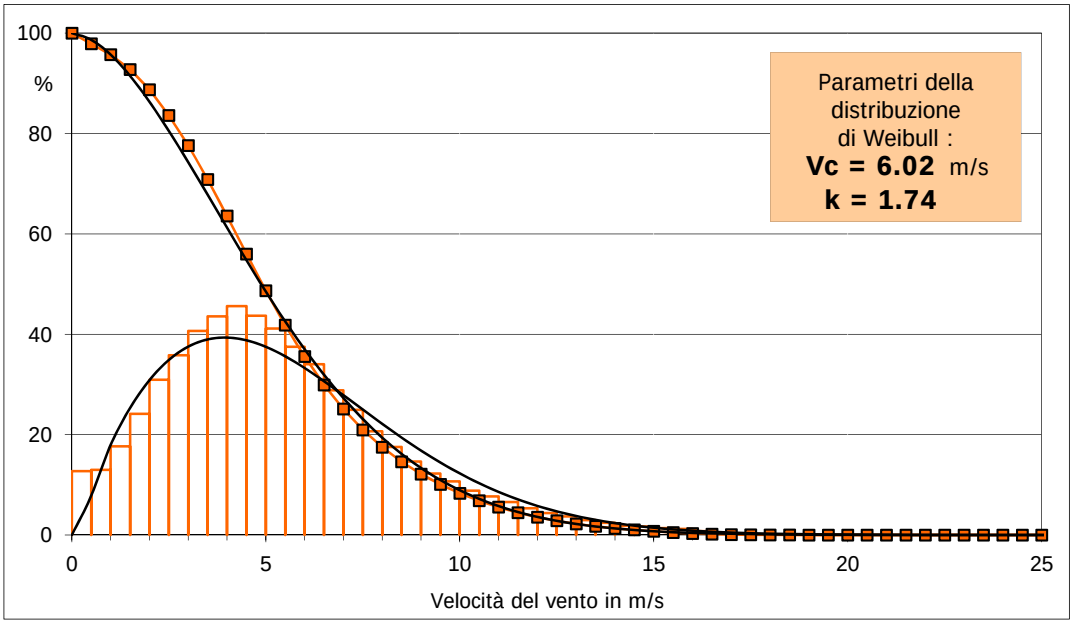
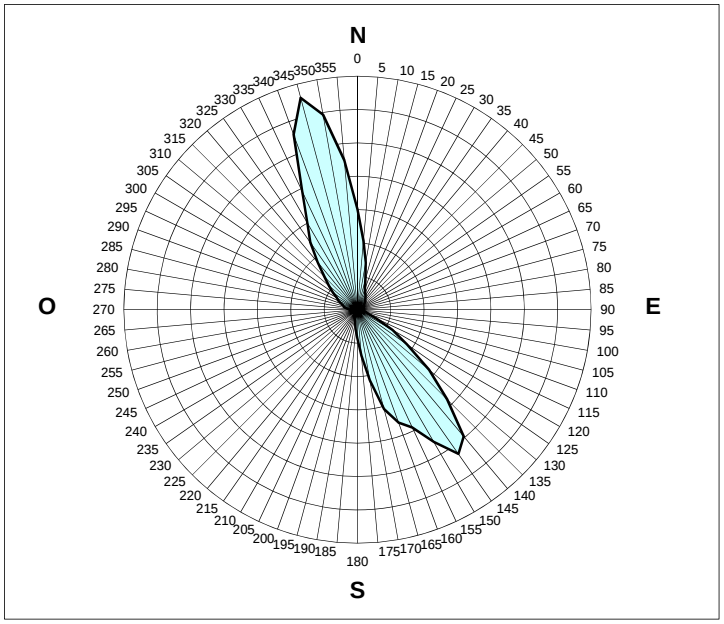


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella B : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

	Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)
2°	N	21.4	31978	4.96	2.29	5.97	18.1	130
7°	NNE	3.1	4696	3.50	1.77	4.32	13.2	50
9°	ENE	1.3	1876	2.72	1.68	3.70	11.1	31
11°	E	0.9	1390	2.39	1.71	3.57	11.6	28
4°	ESE	8.4	12516	6.95	3.24	8.27	18.6	347
1°	SSE	26.0	38846	7.26	3.12	8.50	19.8	376
5°	S	7.3	10910	5.38	3.00	6.93	21.1	204
10°	SSO	1.1	1594	2.77	1.74	3.83	13.4	35
12°	OSO	0.6	968	2.39	1.61	3.51	15.1	26
8°	O	1.5	2307	3.54	2.50	5.07	12.9	80
6°	ONO	4.6	6915	3.59	2.09	4.74	17.0	65
3°	NNO	20.2	30210	4.64	2.34	5.75	18.4	116
	NoDir	1.3	1931	5.49	1.99	6.15	11.0	143
	Calme	2.1	3175	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		**149312**	**5.38**	**3.05**	**6.91**	**21.1**	**202**

Tabella C : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Dic	2.33	5.14	3.01	6.68	16.9	182	136
Gen	1.81	5.70	3.33	7.42	18.5	250	186
Feb	1.98	6.07	2.95	7.37	18.1	245	165
Mar	3.06	5.57	2.89	6.87	16.5	199	148
Apr	4.00	5.00	2.95	6.51	17.1	169	122
Mag	3.00	5.56	3.10	7.05	18.0	215	160
Giu	3.00	5.57	3.22	7.23	19.8	231	166
Lug	3.00	6.14	3.54	7.92	19.6	304	226
Ago	3.00	5.19	2.99	6.74	17.8	187	139
Set	3.00	5.26	2.89	6.70	21.1	184	132
Ott	3.00	4.91	2.86	6.40	18.4	160	119
Nov	2.88	4.86	2.49	6.01	17.5	133	96

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Inverno (Dic - Feb)	5.62	3.13	7.16	18.5	225	486
Primavera (Mar - Mag)	5.38	2.99	6.82	18.0	195	430
Estate (Giu - Ago)	5.63	3.28	7.33	19.8	241	532
Autunno (Set - Nov)	5.01	2.76	6.38	21.1	159	348

Anno	5.41	3.06	6.94	21.1	205	1796

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 3 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' PER SETTORE DI DIREZIONE

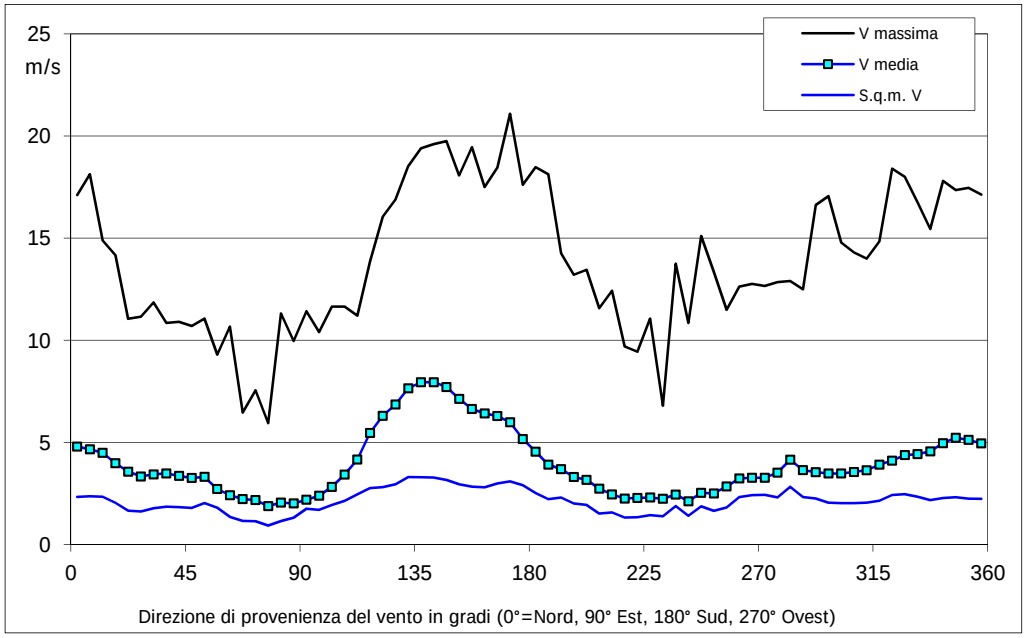
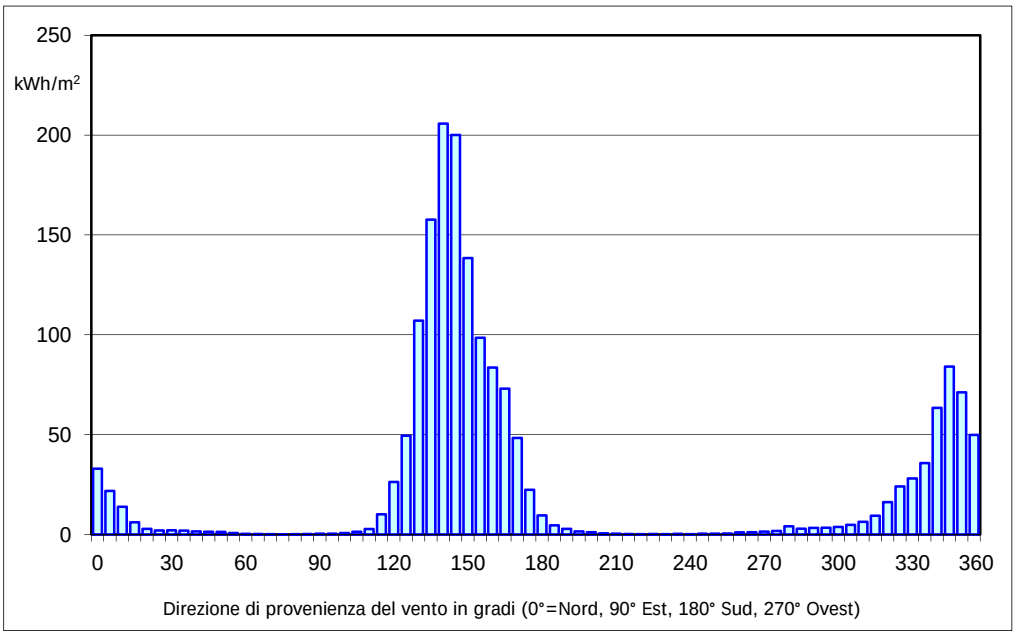


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m^2 PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 5 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NEI 12 MESI DELL'ANNO

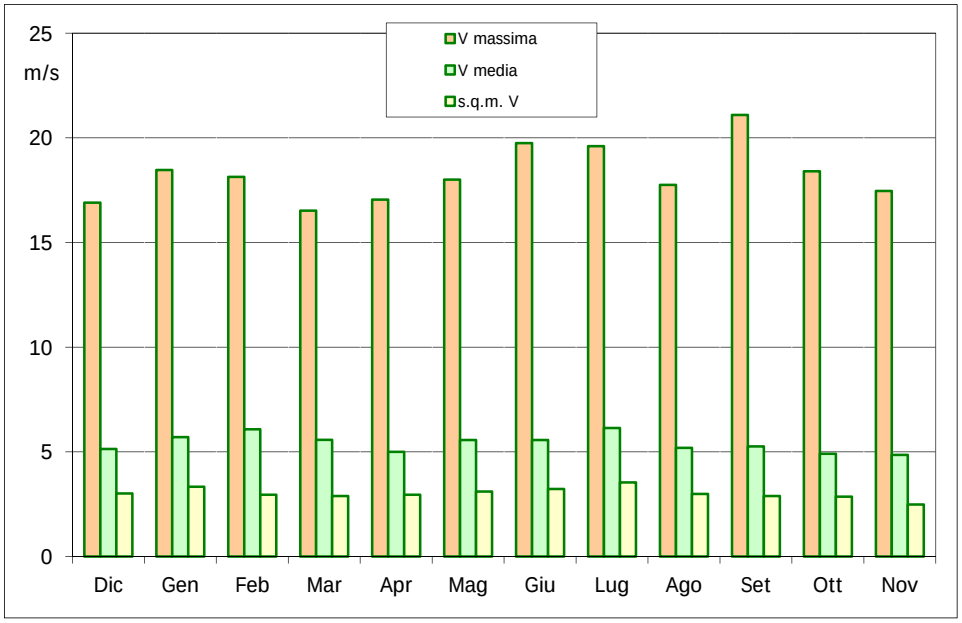
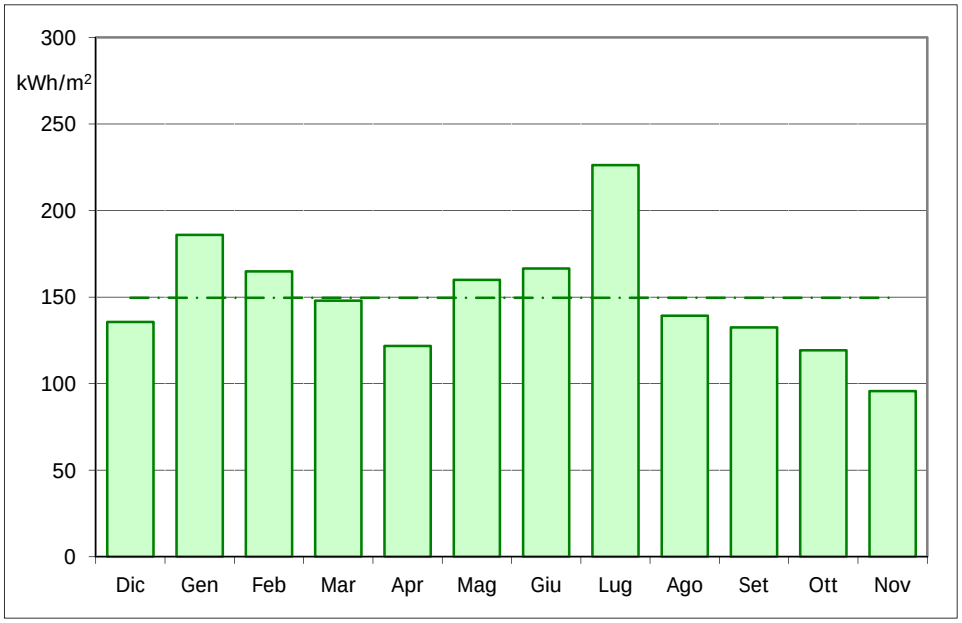


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 7 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NELLE 24 ORE DEL GIORNO

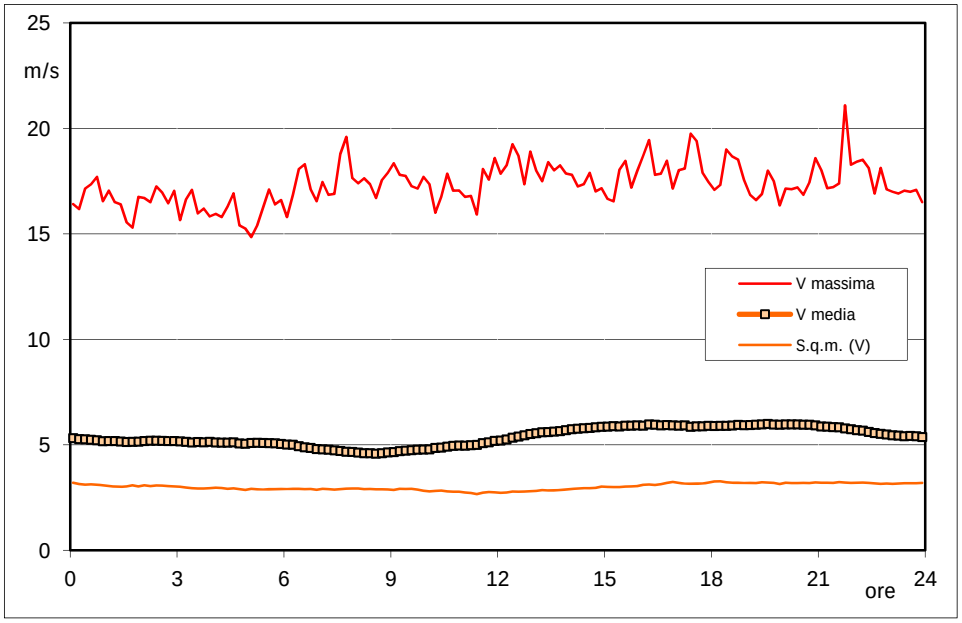
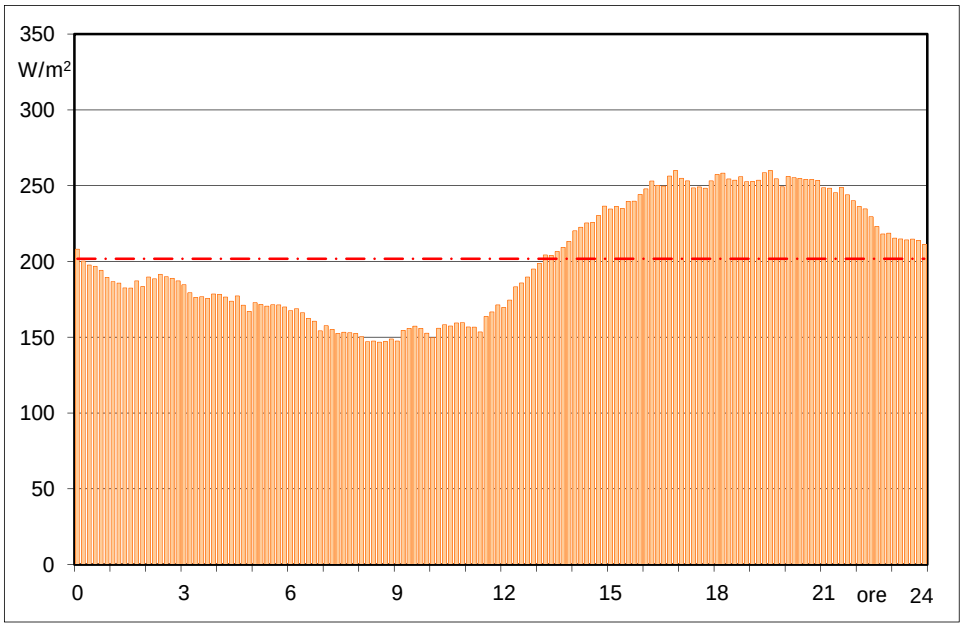


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m^2 NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella D : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DI TURBOLENZA VELOCITA' DEL VENTO

Turbolenza : T = 100 * sigV(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	21.9	31978	17.2	10.9	5.7	36.8
Nord-NordEst	3.2	4696	23.0	16.7	5.7	60.4
Est-NordEst	1.3	1876	30.5	20.0	7.7	70.2
Est	1.0	1390	36.3	19.7	11.4	74.4
Est-SudEst	8.6	12516	21.0	11.3	10.1	43.5
Sud-SudEst	26.6	38846	19.6	9.0	9.7	33.5
Sud	7.5	10910	18.2	12.9	6.7	45.8
Sud-SudOvest	1.1	1594	27.5	21.1	7.6	73.0
Ovest-SudOvest	0.7	968	30.2	20.4	10.3	73.3
Ovest	1.6	2307	23.1	18.4	7.1	64.4
Ovest-NordOvest	4.7	6915	18.5	15.5	5.7	56.1
Nord-NordOvest	20.7	30210	15.9	11.2	6.0	38.3
Nessuna Direzione	1.3	1931	14.7	9.4	7.5	25.0
Totale =	**97.9**	**146137**	**18.8**	**12.3**	**6.6**	**44.1**

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	35.0	51211	25.1	17.3	7.2	63.1
4 < V < 8	47.1	68788	15.3	6.5	5.8	26.5
8 < V < 12	14.2	20796	16.1	4.9	8.4	24.4
12 < V < 16	3.3	4884	14.8	3.5	9.5	21.0
16 < V < 20	0.3	457	12.6	3.1	8.5	17.7
V > 20	0.0	1	18.1	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**63.6**	**94926**	**15.4**	**6.1**	**6.2**	**25.8**

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO

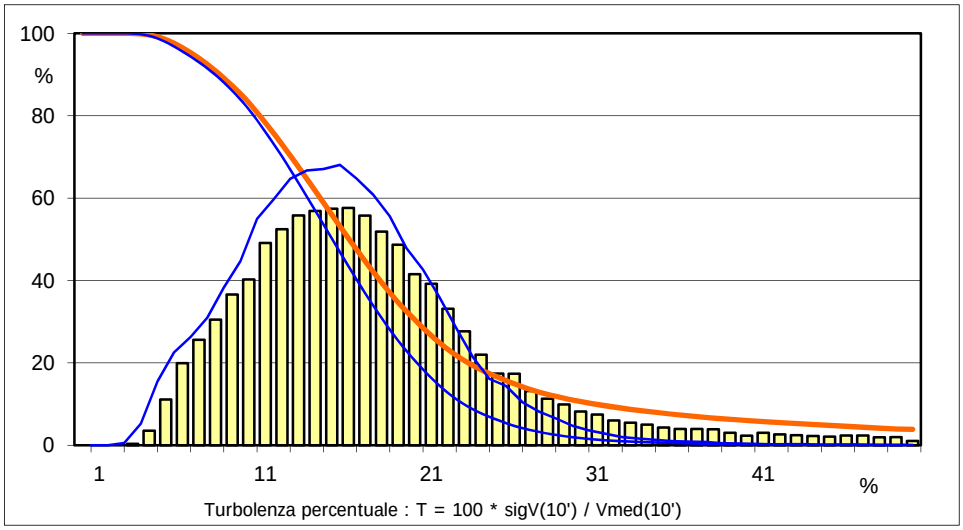


Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella E : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO VELOCITA' VENTO MAX / MED

Rapporto di raffica : R = Vmax(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
Nord	21.9	31978	1.46	0.31	1.11	1.95
Nord-NordEst	3.2	4696	1.60	0.49	1.10	2.58
Est-NordEst	1.3	1876	1.81	0.62	1.16	2.96
Est	1.0	1390	1.98	0.64	1.27	3.25
Est-SudEst	8.6	12516	1.55	0.34	1.21	2.09
Sud-SudEst	26.6	38846	1.52	0.27	1.21	1.92
Sud	7.5	10910	1.48	0.37	1.15	2.12
Sud-SudOvest	1.1	1594	1.73	0.67	1.17	3.07
Ovest-SudOvest	0.7	968	1.79	0.61	1.22	3.18
Ovest	1.6	2307	1.58	0.53	1.14	2.69
Ovest-NordOvest	4.7	6915	1.45	0.41	1.11	2.26
Nord-NordOvest	20.7	30210	1.42	0.30	1.12	1.92
Nessuna Direzione	1.3	1931	1.37	0.27	1.15	1.60
Totale =	**97.9**	**146137**	**1.50**	**0.35**	**1.14**	**2.07**

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	35.0	51211	1.65	0.51	1.14	2.64
4 < V < 8	47.1	68788	1.42	0.20	1.12	1.75
8 < V < 12	14.2	20796	1.42	0.15	1.19	1.66
12 < V < 16	3.3	4884	1.37	0.10	1.20	1.53
16 < V < 20	0.3	457	1.32	0.09	1.18	1.46
V > 20	0.0	1	1.53	0.00	0.00	0.00
Totale* =	**63.6**	**94926**	**1.41**	**0.18**	**1.14**	**1.73**

Grafico 10 : DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO DI RAFFICA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

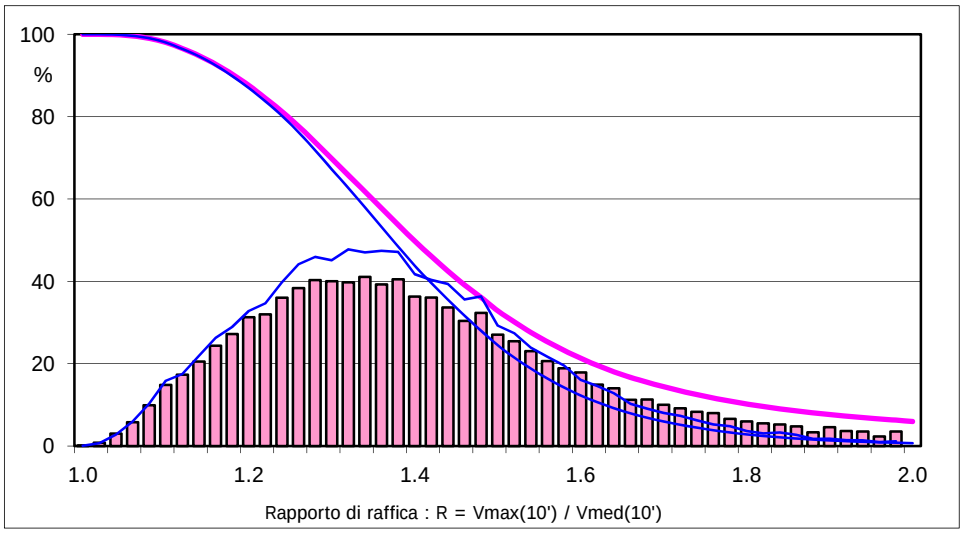


Tabella E e Grafico 10

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A

Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)

Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella F : PARAMETRI DISTRIBUZIONE DEL GRADIENTE AL SUOLO DELLA VELOCITA' VENTO

alfa = Gradiente al suolo della velocità del vento rilevato tra 40 e 30 m dal suolo

Settore direzione	%	n	Amed	sigA	A_5%	A_95%
Nord	22.2	30389	0.767	0.827	0.076	1.886
Nord-NordEst	3.0	4058	1.170	0.970	0.242	1.893
Est-NordEst	1.1	1480	1.108	0.973	0.084	1.893
Est	0.8	1045	1.154	1.009	0.026	1.894
Est-SudEst	8.9	12157	0.334	0.533	-0.033	1.347
Sud-SudEst	28.0	38351	0.234	0.445	-0.100	0.837
Sud	7.7	10489	0.370	0.652	-0.142	1.778
Sud-SudOvest	0.9	1250	0.987	1.053	-0.069	1.893
Ovest-SudOvest	0.5	680	1.515	1.135	0.129	1.896
Ovest	1.3	1822	1.083	1.070	-0.091	1.894
Ovest-NordOvest	4.3	5889	0.984	1.009	0.030	1.892
Nord-NordOvest	20.4	27962	0.777	0.944	-0.024	1.889
Nessuna Direzione	1.1	1505	0.532	0.870	-0.313	1.879
Totale =	**91.8**	**137077**	**0.586**	**0.816**	**-0.060**	**1.884**

Classe velocità m/s	%	n	Amed	sigA	A_5%	A_95%
V < 4	30.9	42425	1.335	1.081	0.114	1.895
4 < V < 8	50.0	68531	0.302	0.300	-0.083	0.828
8 < V < 12	15.2	20779	0.122	0.121	-0.074	0.307
12 < V < 16	3.6	4884	0.096	0.087	-0.055	0.224
16 < V < 20	0.3	457	0.078	0.069	-0.046	0.187
V > 20	0.0	1	0.041	0.000	0.000	0.000
Totale* =	**63.4**	**94652**	**0.251**	**0.276**	**-0.077**	**0.743**

Grafico 11 : DISTRIBUZIONE DEL GRADIENTE "alfa" DELLA VELOCITA' DEL VENTO AL SUOLO

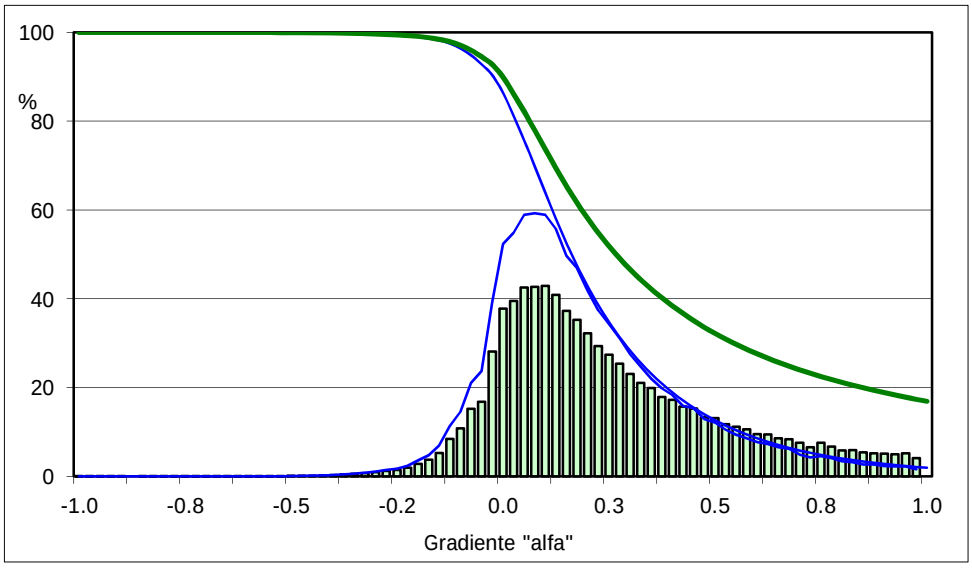


Tabella F e Grafico 11

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella G : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO Q. M. DELLA DIREZIONE VENTO

D = Scarto quadratico medio della direzione vento in ° nei 10 minuti

Settore direzione	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
Nord	22.2	31978	9.4	6.6	1.4	20.0
Nord-NordEst	3.3	4696	13.1	11.4	1.1	36.2
Est-NordEst	1.3	1876	15.8	13.3	1.4	42.8
Est	1.0	1390	18.8	13.9	2.5	46.2
Est-SudEst	8.7	12516	12.9	7.3	4.6	24.5
Sud-SudEst	26.9	38846	12.4	5.6	5.2	20.8
Sud	7.6	10910	9.9	7.6	2.7	21.6
Sud-SudOvest	1.1	1594	14.4	14.2	1.5	47.0
Ovest-SudOvest	0.7	968	16.0	15.2	1.2	50.2
Ovest	1.6	2307	10.7	12.0	0.8	37.6
Ovest-NordOvest	4.8	6915	8.1	8.2	0.7	21.2
Nord-NordOvest	20.9	30210	7.6	5.5	1.1	16.0
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	**96.6**	**144206**	**10.5**	**7.5**	**1.8**	**22.0**

Classe velocità m/s	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
V < 4	35.2	50743	12.0	10.7	1.0	33.0
4 < V < 8	46.9	67565	9.6	5.2	2.0	18.2
8 < V < 12	14.3	20556	10.2	3.5	4.5	15.3
12 < V < 16	3.4	4884	9.4	2.3	5.5	12.9
16 < V < 20	0.3	457	8.2	2.0	5.0	11.5
V > 20	0.0	1	12.0	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**62.6**	**93463**	**9.7**	**4.8**	**2.3**	**17.4**

Grafico 12 : DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO QUADRATICO MEDIO DELLA DIREZIONE VENTO

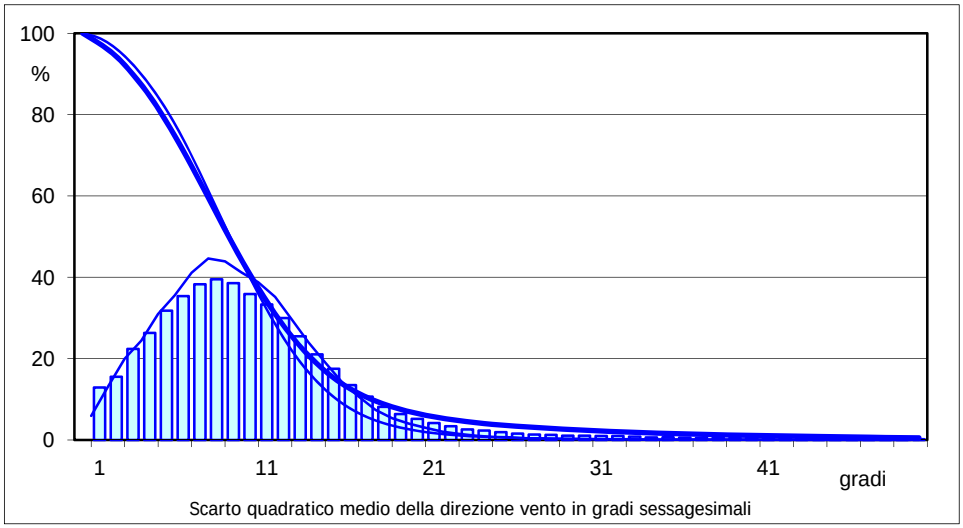


Tabella G e Grafico 12

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) A
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.2 % (149312 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella H : TEMPERATURE MINIME MEDIE E MASSIME NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	n° misure	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)
Gen	1.97	8784	-8.9	2.5	25.5
Feb	2.19	8838	-14.8	-0.1	24.0
Mar	3.11	13873	-7.3	6.4	29.6
Apr	4.00	17280	-1.5	11.4	35.8
Mag	3.00	13392	0.6	15.3	39.2
Giu	3.00	12960	0.5	19.5	41.1
Lug	3.00	13392	8.1	21.7	40.5
Ago	3.00	13392	0.0	23.3	42.9
Set	3.00	12960	4.3	18.3	38.7
Ott	3.00	12960	-1.5	11.8	34.9
Nov	2.97	12816	-8.5	6.3	26.2
Dic	2.61	11670	-8.7	3.4	23.9
Anno		**152317**	**-14.8**	**12.3**	**42.9**

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Grafico 13 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NEI 12 MESI DELL'ANNO

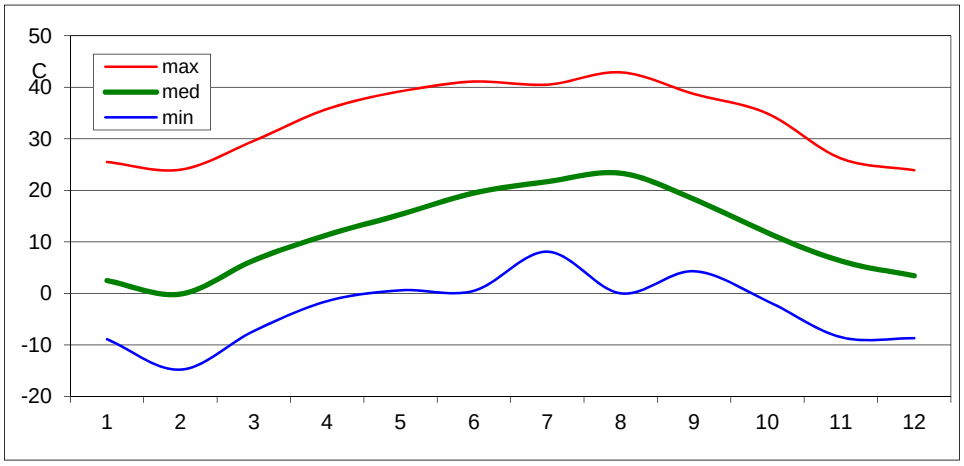


Grafico 14 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NELLE 24 ORE DEL GIORNO MEDIO

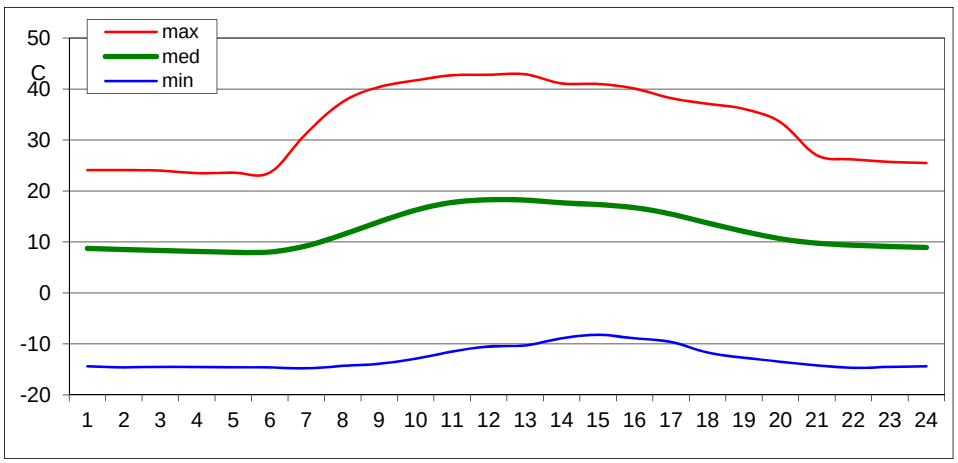


Tabella H e Grafici 13 e 14

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8759.6	100.00	0.5	8109.0	92.57
1.0	7747.9	88.45	1.5	7375.4	84.19
2.0	6958.2	79.43	2.5	6503.8	74.24
3.0	6016.5	68.68	3.5	5481.3	62.57
4.0	4916.9	56.13	4.5	4354.5	49.71
5.0	3807.2	43.46	5.5	3285.5	37.51
6.0	2793.1	31.88	6.5	2359.4	26.93
7.0	1983.6	22.64	7.5	1666.5	19.02
8.0	1386.6	15.83	8.5	1157.1	13.21
9.0	960.4	10.96	9.5	794.8	9.07
10.0	651.2	7.43	10.5	530.5	6.06
11.0	426.3	4.87	11.5	339.2	3.87
12.0	269.5	3.08	12.5	213.3	2.43
13.0	165.9	1.89	13.5	129.9	1.48
14.0	98.6	1.13	14.5	72.9	0.83
15.0	50.5	0.58	15.5	32.4	0.37
16.0	18.8	0.21	16.5	10.8	0.12
17.0	5.8	0.07	17.5	3.0	0.03
18.0	1.4	0.02	18.5	0.7	0.01
19.0	0.2	0.00	19.5	0.1	0.00
20.0	0.1	0.00	20.5	0.1	0.00
21.0	0.0	0.00	21.5	0.0	0.00
22.0	0.0	0.00	22.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	**Vc = 5.16**	**k = 1.38**

Parametri della velocità del vento calcolati con la distribuzione di Weibull:		
Vmed = 4.71 m/s	sqmV = 3.45 m/s	Vcub = 6.86 m/s
Potenza specifica della vena fluida		Pv = 198 W/m2

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Grafico 1 : CURVE DI DURATA E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

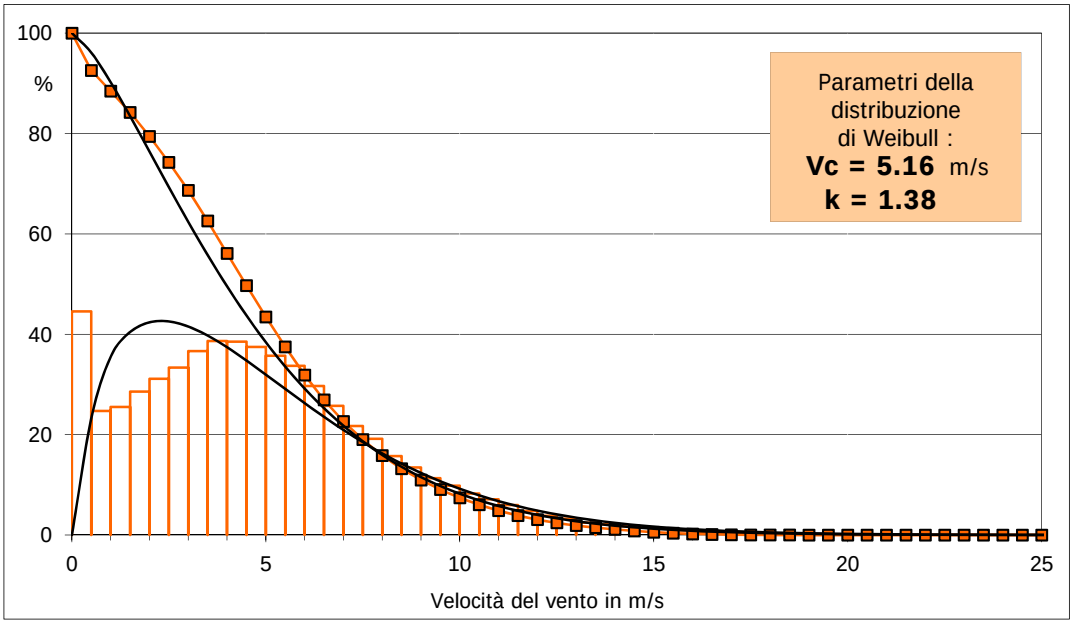
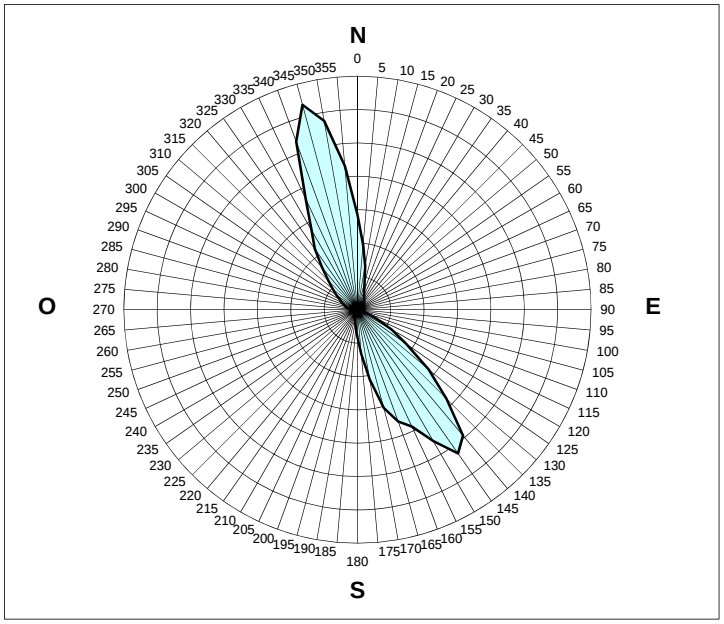


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella B : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

	Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)
2°	N	20.5	30426	4.41	2.33	5.53	16.9	103
7°	NNE	2.7	4061	2.98	1.71	3.88	11.7	36
9°	ENE	1.0	1480	2.52	1.80	3.71	10.3	31
11°	E	0.7	1045	2.27	1.85	3.64	11.6	30
4°	ESE	8.2	12158	6.72	3.18	8.03	18.1	317
1°	SSE	25.8	38353	7.03	3.12	8.29	19.6	349
5°	S	7.1	10490	5.26	3.08	6.90	20.8	201
10°	SSO	0.8	1250	2.68	1.84	3.89	13.2	36
12°	OSO	0.5	682	2.12	1.67	3.43	14.3	25
8°	O	1.2	1832	3.50	2.67	5.18	12.8	85
6°	ONO	4.0	5896	3.32	2.20	4.64	16.7	61
3°	NNO	18.9	28013	4.28	2.50	5.59	18.3	107
	NoDir	1.2	1743	5.55	2.29	6.39	12.1	159
	Calme	7.4	11033	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		**148462**	**4.87**	**3.22**	**6.64**	**20.8**	**179**

Tabella C : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Dic	2.29	4.52	3.17	6.31	16.7	154	115
Gen	1.79	5.00	3.59	7.07	18.0	216	161
Feb	1.98	5.62	3.04	7.04	16.6	213	143
Mar	3.05	5.02	3.05	6.53	16.5	171	127
Apr	4.00	4.44	3.16	6.25	17.1	150	108
Mag	3.00	5.19	3.22	6.84	17.6	196	146
Giu	3.00	5.13	3.36	6.97	19.4	208	149
Lug	3.00	5.82	3.62	7.71	19.6	281	209
Ago	3.00	4.83	3.10	6.53	17.4	171	127
Set	3.00	4.78	3.07	6.45	20.8	165	119
Ott	3.00	4.22	3.12	6.10	18.3	139	103
Nov	2.76	4.17	2.70	5.63	16.9	109	79

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Inverno (Dic - Feb)	5.03	3.31	6.81	18.0	194	419
Primavera (Mar - Mag)	4.89	3.16	6.55	17.6	172	381
Estate (Giu - Ago)	5.26	3.39	7.11	19.6	220	485
Autunno (Set - Nov)	4.39	2.98	6.08	20.8	138	300

Anno	4.89	3.23	6.66	20.8	181	1585

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Grafico 3 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' PER SETTORE DI DIREZIONE

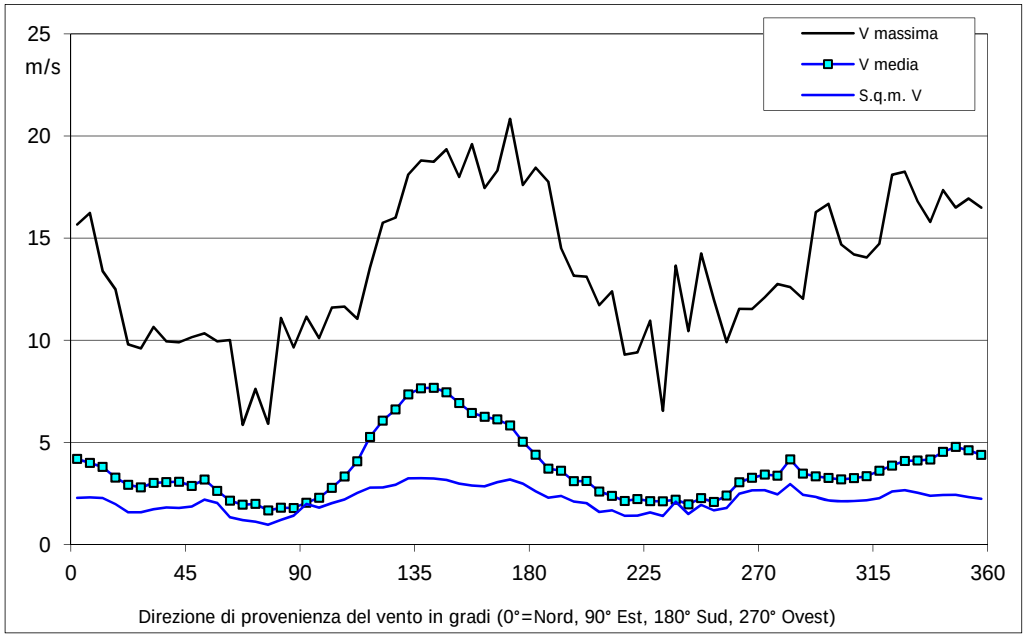
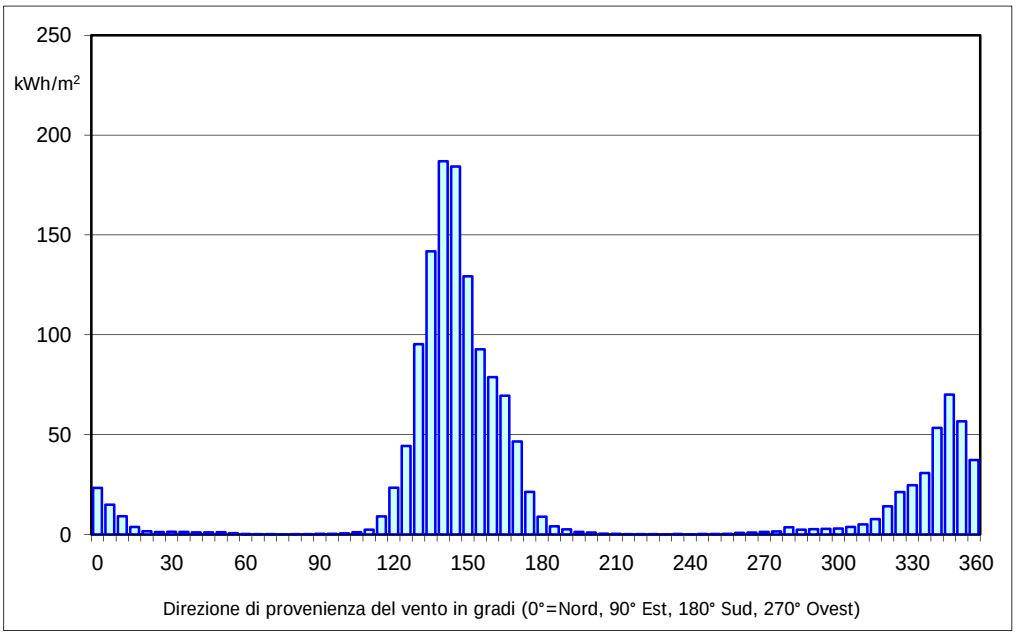


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m^2 PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Grafico 5 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NEI 12 MESI DELL'ANNO

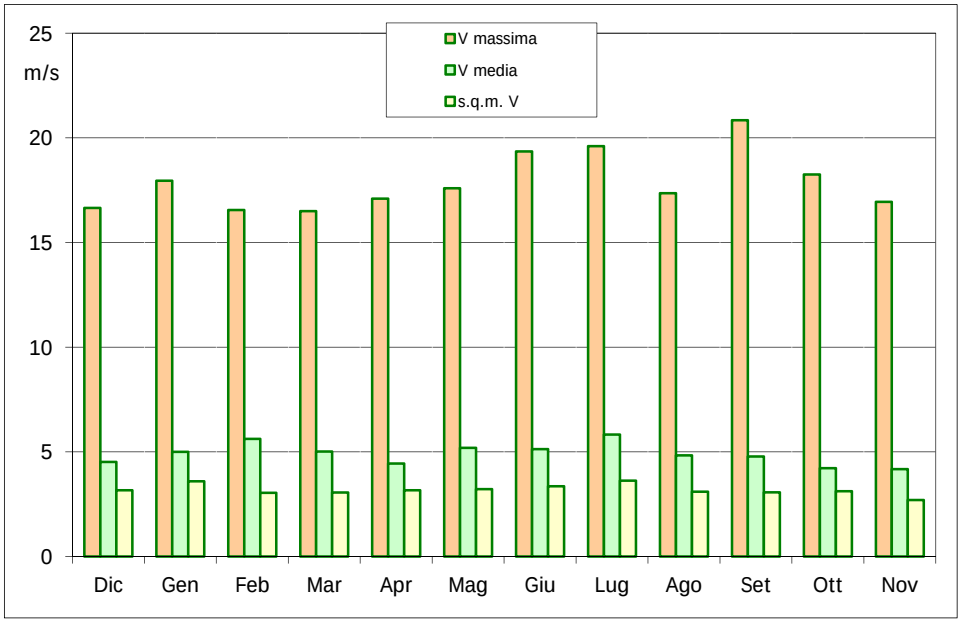
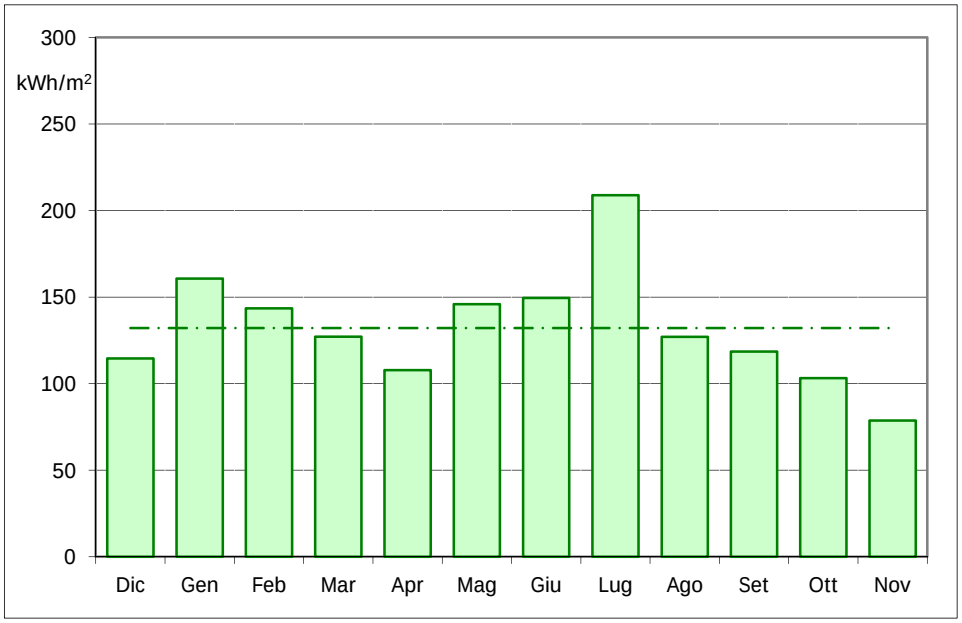


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Grafico 7 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NELLE 24 ORE DEL GIORNO

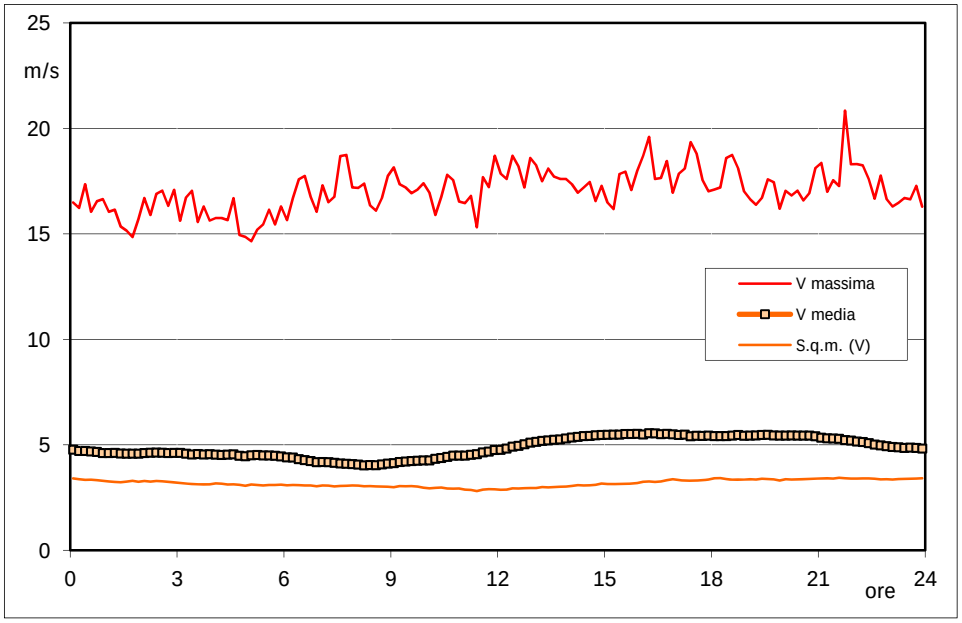
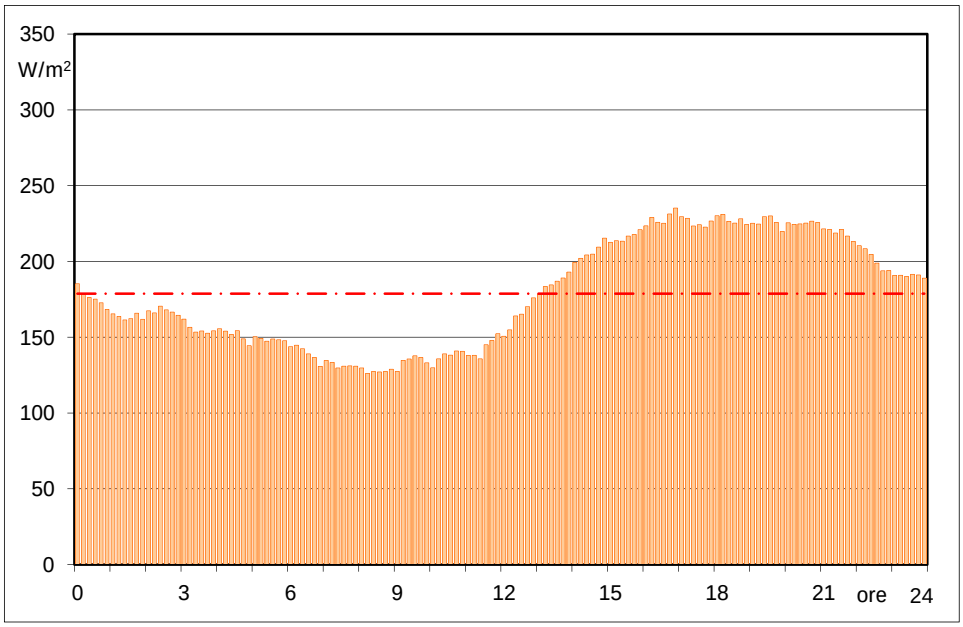


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m^2 NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella D : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DI TURBOLENZA VELOCITA' DEL VENTO

Turbolenza : T = 100 * sigV(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	22.1	30426	25.1	17.2	8.8	63.9
Nord-NordEst	3.0	4061	33.8	24.0	7.8	84.8
Est-NordEst	1.1	1480	41.3	26.2	10.3	91.4
Est	0.8	1045	49.8	26.4	15.0	99.0
Est-SudEst	8.8	12158	24.5	15.6	12.1	58.4
Sud-SudEst	27.9	38353	22.6	12.9	11.4	45.1
Sud	7.6	10490	22.8	18.0	8.1	64.6
Sud-SudOvest	0.9	1250	34.8	26.5	9.0	90.5
Ovest-SudOvest	0.5	682	42.9	25.8	13.3	92.7
Ovest	1.3	1832	31.4	23.5	8.9	81.9
Ovest-NordOvest	4.3	5896	26.7	21.6	7.3	75.1
Nord-NordOvest	20.4	28013	23.6	18.2	8.2	66.0
Nessuna Direzione	1.3	1743	19.6	14.9	10.1	43.7
Totale =	**92.6**	**137429**	**24.7**	**17.6**	**9.1**	**65.5**

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	39.4	54099	35.7	23.0	10.2	83.4
4 < V < 8	43.5	59831	17.9	6.7	8.1	29.5
8 < V < 12	13.8	18932	17.2	4.5	10.2	24.9
12 < V < 16	3.1	4248	15.4	3.2	10.8	21.3
16 < V < 20	0.2	318	13.7	3.1	10.1	18.8
V > 20	0.0	1	19.7	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**56.1**	**83330**	**17.6**	**6.2**	**8.6**	**28.3**

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO

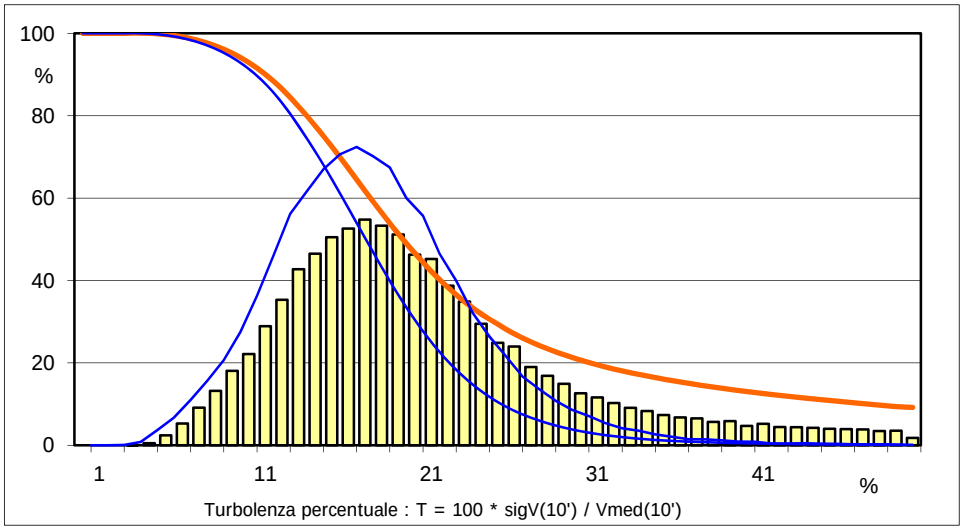


Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella E : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO VELOCITA' VENTO MAX / MED

Rapporto di raffica : R = Vmax(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
Nord	22.1	30426	1.67	0.52	1.18	2.64
Nord-NordEst	3.0	4061	1.91	0.77	1.15	3.53
Est-NordEst	1.1	1480	2.12	0.87	1.21	3.91
Est	0.8	1045	2.40	0.96	1.35	4.01
Est-SudEst	8.8	12158	1.66	0.49	1.26	2.49
Sud-SudEst	27.9	38353	1.61	0.40	1.25	2.17
Sud	7.6	10490	1.60	0.55	1.18	2.63
Sud-SudOvest	0.9	1250	1.95	0.89	1.20	3.86
Ovest-SudOvest	0.5	682	2.19	0.95	1.29	4.00
Ovest	1.3	1832	1.79	0.71	1.19	3.27
Ovest-NordOvest	4.3	5896	1.65	0.61	1.14	2.93
Nord-NordOvest	20.4	28013	1.61	0.51	1.17	2.63
Nessuna Direzione	1.3	1743	1.52	0.41	1.23	1.96
Totale =	**92.6**	**137429**	**1.66**	**0.53**	**1.19**	**2.66**

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	39.4	54099	1.93	0.73	1.21	3.43
4 < V < 8	43.5	59831	1.49	0.21	1.17	1.84
8 < V < 12	13.8	18932	1.46	0.15	1.23	1.70
12 < V < 16	3.1	4248	1.40	0.10	1.24	1.56
16 < V < 20	0.2	318	1.35	0.09	1.21	1.52
V > 20	0.0	1	1.45	0.00	0.00	0.00
Totale* =	**56.1**	**83330**	**1.48**	**0.19**	**1.19**	**1.80**

Grafico 10 : DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO DI RAFFICA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

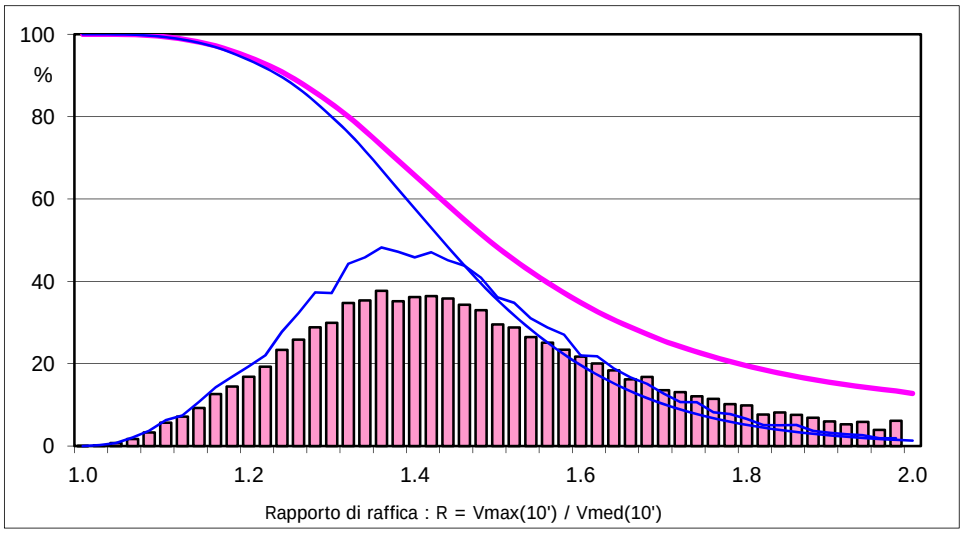


Tabella E e Grafico 10

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B

Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)

Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella F : PARAMETRI DISTRIBUZIONE DEL GRADIENTE AL SUOLO DELLA VELOCITA' VENTO

alfa = Gradiente al suolo della velocità del vento rilevato tra 30 e 20 m dal suolo

Settore direzione	%	n	Amed	sigA	A_5%	A_95%
Nord	22.2	30411	-0.152	0.526	-1.310	0.253
Nord-NordEst	3.0	4050	-0.340	0.647	-1.744	0.290
Est-NordEst	1.1	1476	-0.608	0.689	-1.858	0.098
Est	0.8	1044	-0.847	0.754	-1.864	-0.027
Est-SudEst	8.9	12155	-0.174	0.372	-0.913	0.067
Sud-SudEst	28.0	38352	-0.147	0.304	-0.610	0.048
Sud	7.6	10488	-0.273	0.457	-1.202	0.039
Sud-SudOvest	0.9	1249	-0.664	0.760	-1.862	0.047
Ovest-SudOvest	0.5	682	-0.972	0.851	-1.868	0.053
Ovest	1.3	1832	-0.602	0.796	-1.862	0.119
Ovest-NordOvest	4.3	5890	-0.579	0.765	-1.861	0.120
Nord-NordOvest	20.4	27961	-0.275	0.644	-1.747	0.244
Nessuna Direzione	1.2	1617	-0.258	0.486	-1.009	0.153
Totale =	**92.4**	**137207**	**-0.237**	**0.536**	**-1.436**	**0.191**

Classe velocità m/s	%	n	Amed	sigA	A_5%	A_95%
V < 4	39.4	54021	-0.590	0.702	-1.858	0.145
4 < V < 8	43.5	59688	-0.024	0.154	-0.285	0.207
8 < V < 12	13.8	18931	0.031	0.098	-0.126	0.198
12 < V < 16	3.1	4248	0.041	0.065	-0.069	0.152
16 < V < 20	0.2	318	0.048	0.062	-0.042	0.172
V > 20	0.0	1	0.018	0.000	0.000	0.000
Totale* =	**56.0**	**83186**	**-0.008**	**0.142**	**-0.261**	**0.202**

Grafico 11 : DISTRIBUZIONE DEL GRADIENTE "alfa" DELLA VELOCITA' DEL VENTO AL SUOLO

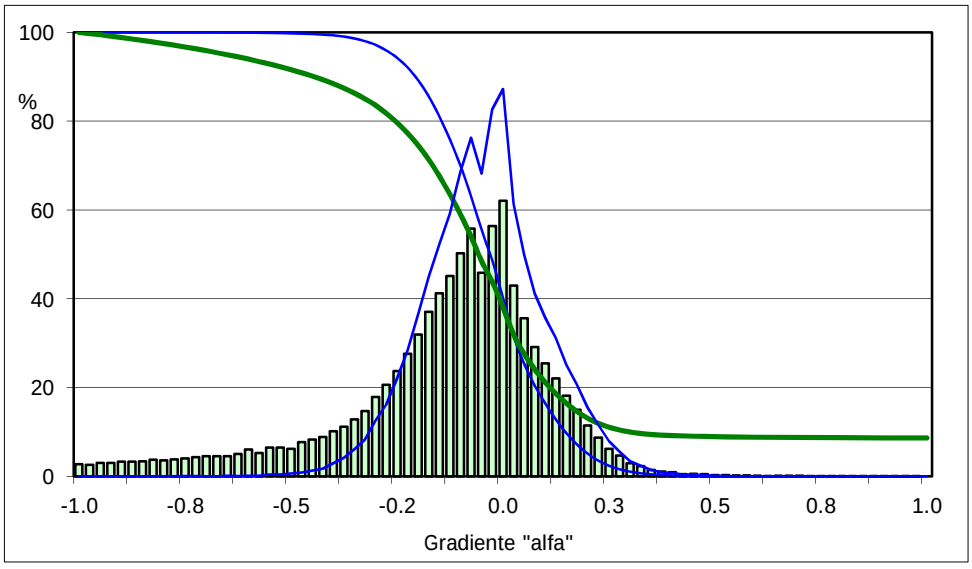


Tabella F e Grafico 11

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella G : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO Q. M. DELLA DIREZIONE VENTO

D = Scarto quadratico medio della direzione vento in ° nei 10 minuti

Settore direzione	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
Nord	22.4	30426	9.3	6.3	1.4	19.3
Nord-NordEst	3.0	4061	12.7	10.6	1.4	33.7
Est-NordEst	1.1	1480	15.4	12.6	1.8	40.7
Est	0.8	1045	18.9	13.4	3.2	45.2
Est-SudEst	9.0	12158	12.8	6.8	4.7	23.4
Sud-SudEst	28.3	38353	12.3	5.4	5.2	20.6
Sud	7.7	10490	9.7	6.9	2.8	20.1
Sud-SudOvest	0.9	1250	12.9	12.2	2.3	39.7
Ovest-SudOvest	0.5	682	14.7	13.6	3.0	48.7
Ovest	1.4	1832	9.8	10.4	1.6	30.5
Ovest-NordOvest	4.3	5896	7.6	7.5	0.8	18.7
Nord-NordOvest	20.6	28013	7.5	5.2	1.2	15.3
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	**91.4**	**135686**	**10.3**	**6.9**	**2.0**	**20.9**

Classe velocità m/s	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
V < 4	39.5	53607	11.1	9.4	1.3	28.9
4 < V < 8	43.4	58849	9.8	5.0	2.2	17.9
8 < V < 12	13.8	18664	10.2	3.4	4.7	15.0
12 < V < 16	3.1	4247	9.3	2.2	5.4	12.7
16 < V < 20	0.2	318	8.3	2.0	5.0	11.5
V > 20	0.0	1	12.0	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**55.3**	**82079**	**9.9**	**4.6**	**2.6**	**17.1**

Grafico 12 : DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO QUADRATICO MEDIO DELLA DIREZIONE VENTO

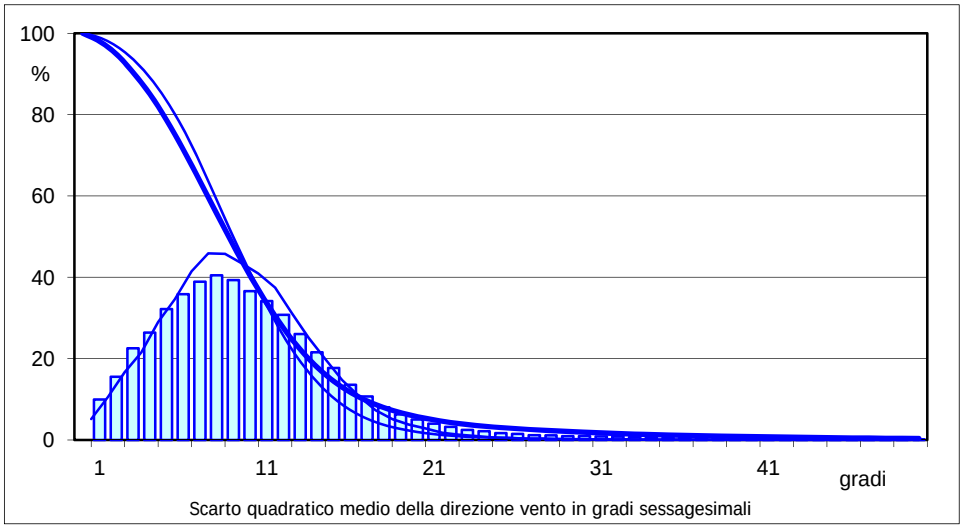


Tabella G e Grafico 12

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) B
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 88.7 % (148462 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 30 m dal suolo

Tabella H : TEMPERATURE MINIME MEDIE E MASSIME NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	n° misure	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)
Gen	1.97	8784	-8.9	2.5	25.5
Feb	2.19	8838	-14.8	-0.1	24.0
Mar	3.11	13873	-7.3	6.4	29.6
Apr	4.00	17280	-1.5	11.4	35.8
Mag	3.00	13392	0.6	15.3	39.2
Giu	3.00	12960	0.0	19.5	41.1
Lug	3.00	13392	8.1	21.7	40.5
Ago	3.00	13392	0.0	23.3	42.9
Set	3.00	12960	4.3	18.3	38.7
Ott	3.00	12960	-1.5	11.8	34.9
Nov	2.97	12816	-8.5	6.3	26.2
Dic	2.61	11670	-8.7	3.4	23.9
Anno		**152317**	**-14.8**	**12.3**	**42.9**

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Grafico 13 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NEI 12 MESI DELL'ANNO

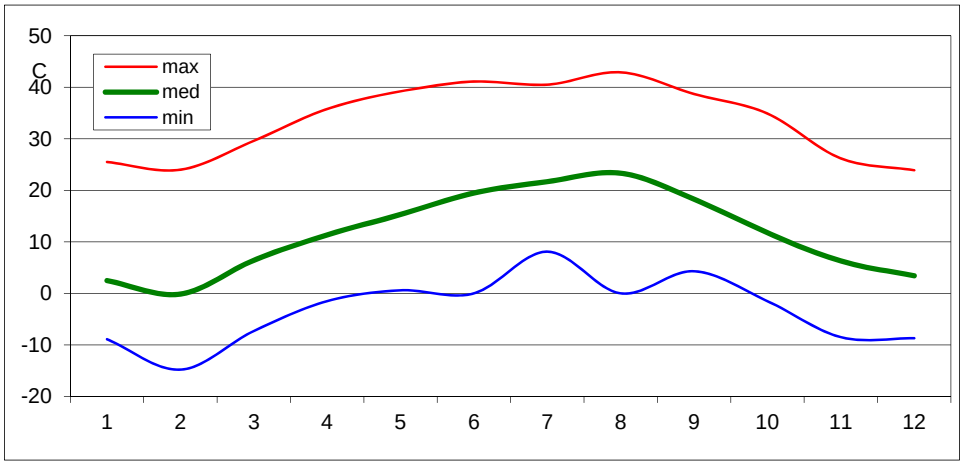


Grafico 14 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NELLE 24 ORE DEL GIORNO MEDIO

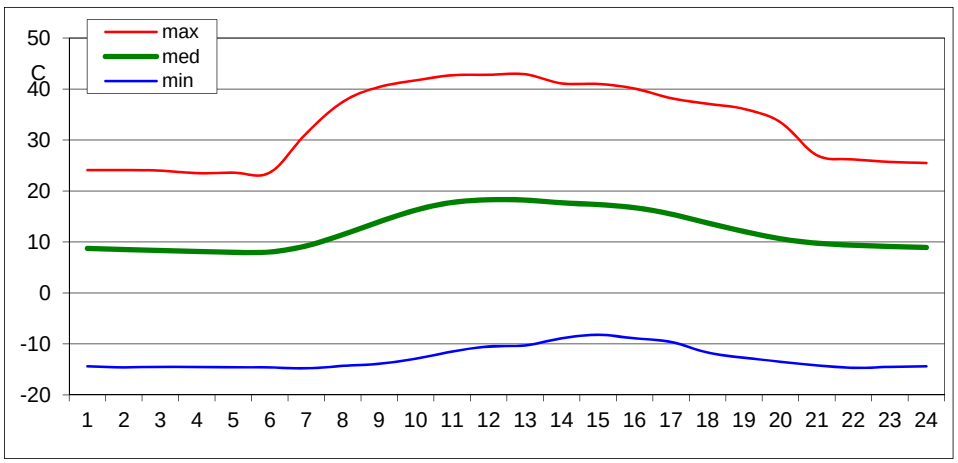


Tabella H e Grafici 13 e 14

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8759.6	100.00	0.5	8550.2	97.61
1.0	8324.4	95.03	1.5	8011.9	91.46
2.0	7570.4	86.42	2.5	7008.2	80.00
3.0	6370.0	72.72	3.5	5707.7	65.16
4.0	5073.5	57.92	4.5	4468.2	51.01
5.0	3878.8	44.28	5.5	3337.2	38.10
6.0	2825.4	32.25	6.5	2364.0	26.99
7.0	1973.2	22.53	7.5	1647.9	18.81
8.0	1360.1	15.53	8.5	1121.7	12.81
9.0	923.7	10.54	9.5	761.3	8.69
10.0	619.7	7.07	10.5	499.7	5.70
11.0	397.5	4.54	11.5	315.3	3.60
12.0	249.6	2.85	12.5	195.2	2.23
13.0	151.4	1.73	13.5	114.8	1.31
14.0	85.3	0.97	14.5	60.0	0.69
15.0	40.5	0.46	15.5	24.7	0.28
16.0	14.6	0.17	16.5	8.1	0.09
17.0	4.3	0.05	17.5	1.7	0.02
18.0	0.9	0.01	18.5	0.5	0.01
19.0	0.2	0.00	19.5	0.1	0.00
20.0	0.1	0.00	20.5	0.1	0.00
21.0	0.0	0.00	21.5	0.0	0.00
22.0	0.0	0.00	22.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	Vc = 5.66	k = 1.69

Parametri della velocità del vento calcolati con la distribuzione di Weibull:		
Vmed = 5.05 m/s	sqmV = 3.08 m/s	Vcub = 6.68 m/s
Potenza specifica della vena fluida		Pv = 182 W/m2

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Grafico 1 : CURVE DI DURATA E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

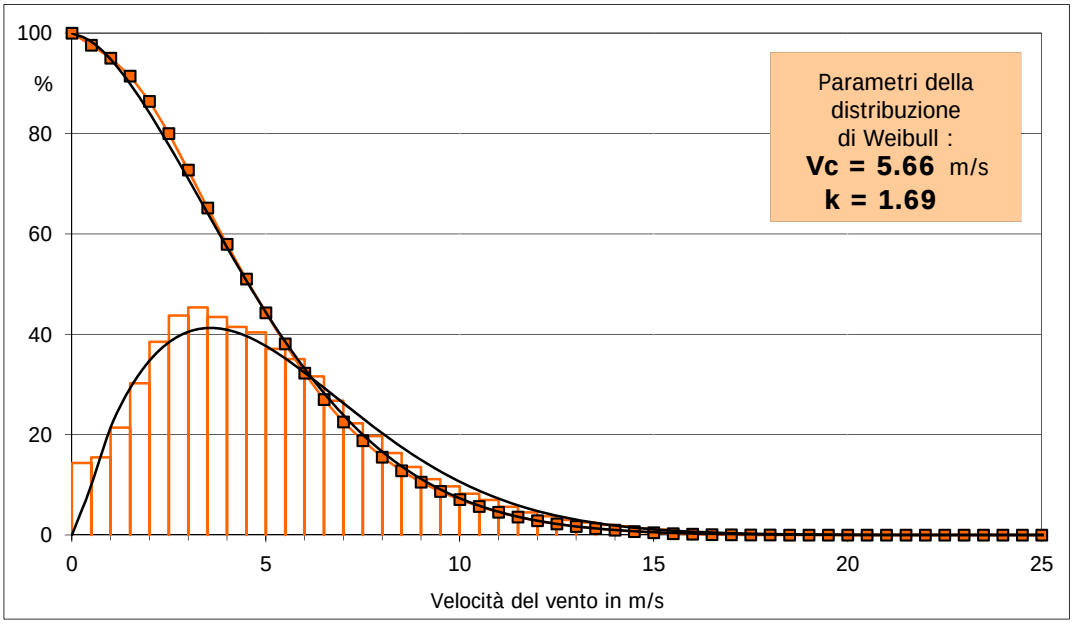
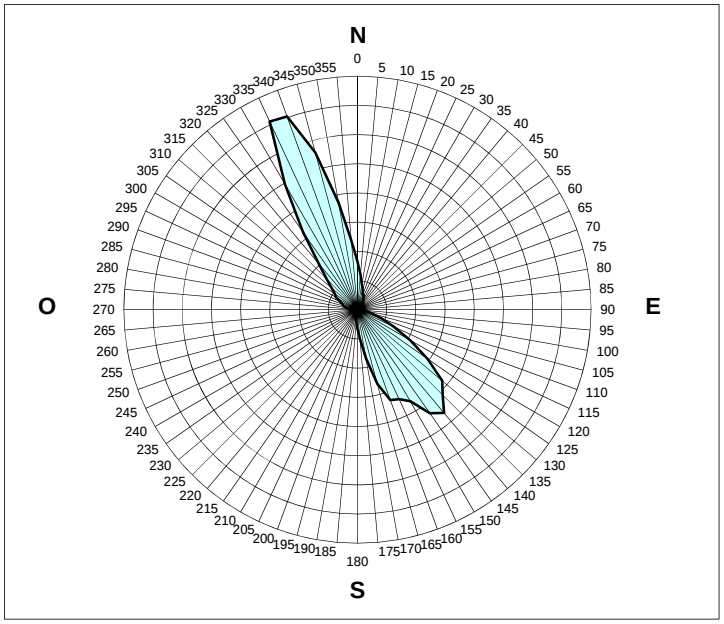


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella B : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

	Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)
3°	N	13.2	19792	3.98	1.89	4.83	15.4	69
7°	NNE	2.7	3998	3.01	1.47	3.68	10.1	30
10°	ENE	1.3	1940	2.51	1.56	3.43	10.2	25
9°	E	1.4	2090	2.93	2.17	4.38	13.9	51
4°	ESE	13.0	19505	7.13	3.11	8.33	18.6	354
2°	SSE	22.9	34276	7.00	2.95	8.15	19.4	332
5°	S	5.7	8490	5.02	2.88	6.57	20.7	173
11°	SSO	0.7	1105	2.48	1.69	3.64	14.0	30
12°	OSO	0.7	999	2.17	1.45	3.16	13.8	19
8°	O	1.5	2307	2.91	1.95	4.12	12.8	43
6°	ONO	5.0	7429	3.15	1.83	4.18	15.5	45
1°	NNO	27.9	41710	4.43	2.22	5.46	17.0	100
	NoDir	1.6	2372	5.39	2.07	6.11	12.1	140
	Calme	2.4	3582	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		**149595**	**5.06**	**2.98**	**6.60**	**20.7**	**176**

Tabella C : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Dic	2.35	4.75	2.81	6.21	16.4	146	109
Gen	1.85	5.18	3.24	6.92	17.4	203	151
Feb	2.01	5.68	2.75	6.87	15.4	198	133
Mar	3.04	5.18	2.82	6.49	16.3	167	125
Apr	4.00	4.71	2.96	6.30	17.0	153	110
Mag	3.00	5.38	3.06	6.88	17.3	200	149
Giu	3.00	5.38	3.16	7.01	19.3	211	152
Lug	3.00	5.97	3.44	7.69	19.4	278	207
Ago	3.00	5.00	2.94	6.55	17.4	172	128
Set	3.00	4.91	2.90	6.44	20.7	163	118
Ott	3.00	4.47	2.81	6.04	18.0	135	101
Nov	2.88	4.39	2.33	5.52	16.7	103	74

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Inverno (Dic - Feb)	5.19	2.97	6.67	17.4	182	393
Primavera (Mar - Mag)	5.09	2.96	6.57	17.3	174	383
Estate (Giu - Ago)	5.45	3.21	7.11	19.4	221	487
Autunno (Set - Nov)	4.59	2.70	6.02	20.7	134	292

Anno	5.08	2.98	6.62	20.7	178	1556

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Grafico 3 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' PER SETTORE DI DIREZIONE

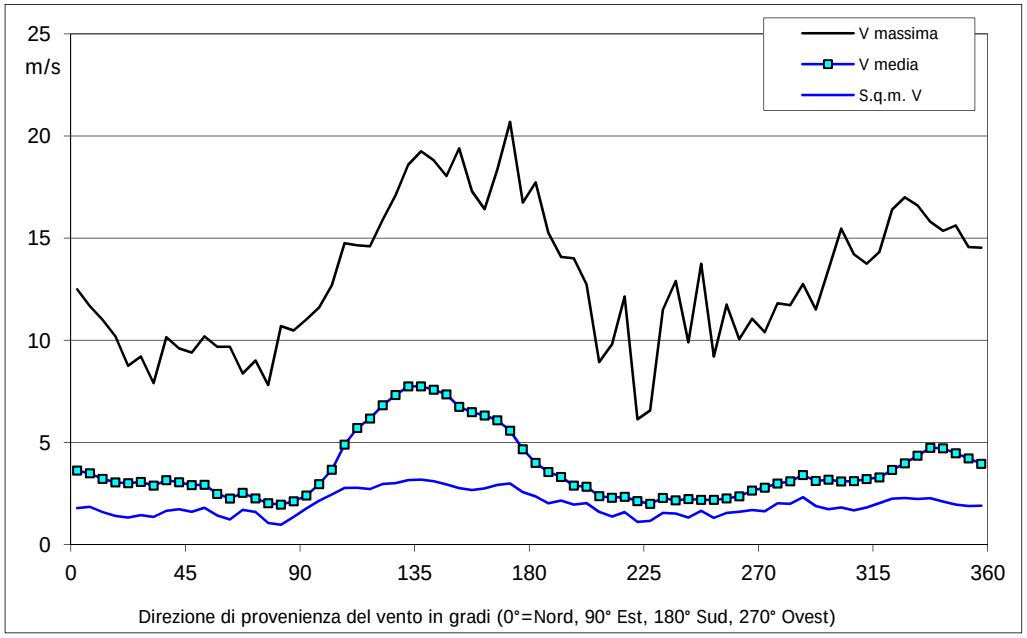
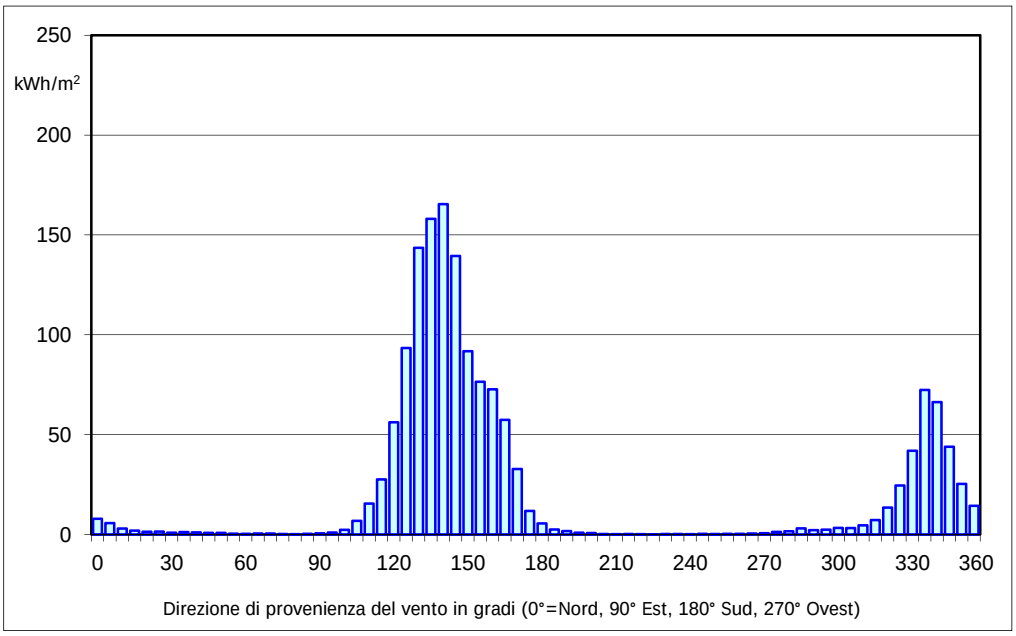


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m^2 PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Grafico 5 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NEI 12 MESI DELL'ANNO

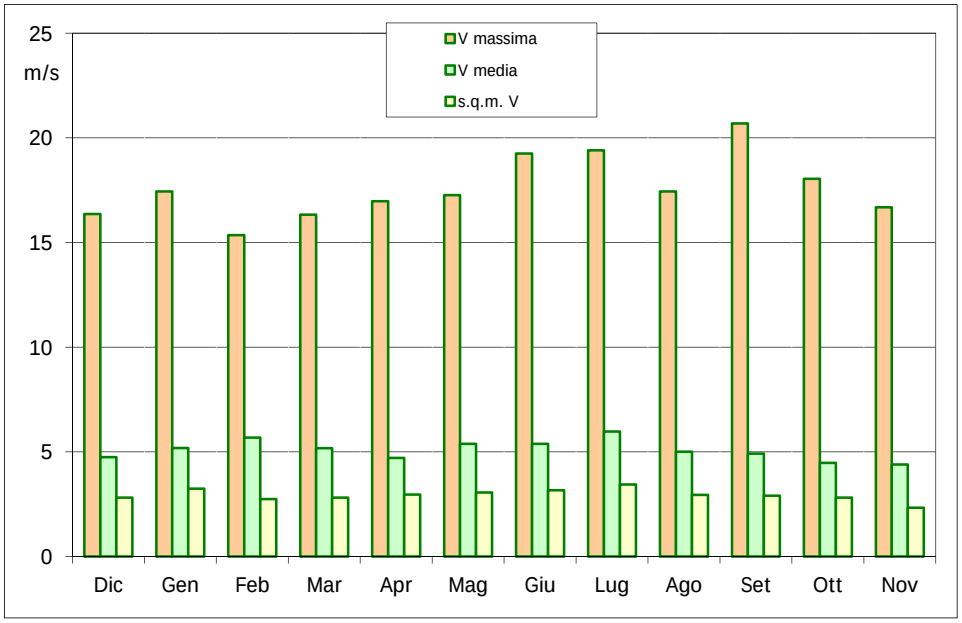
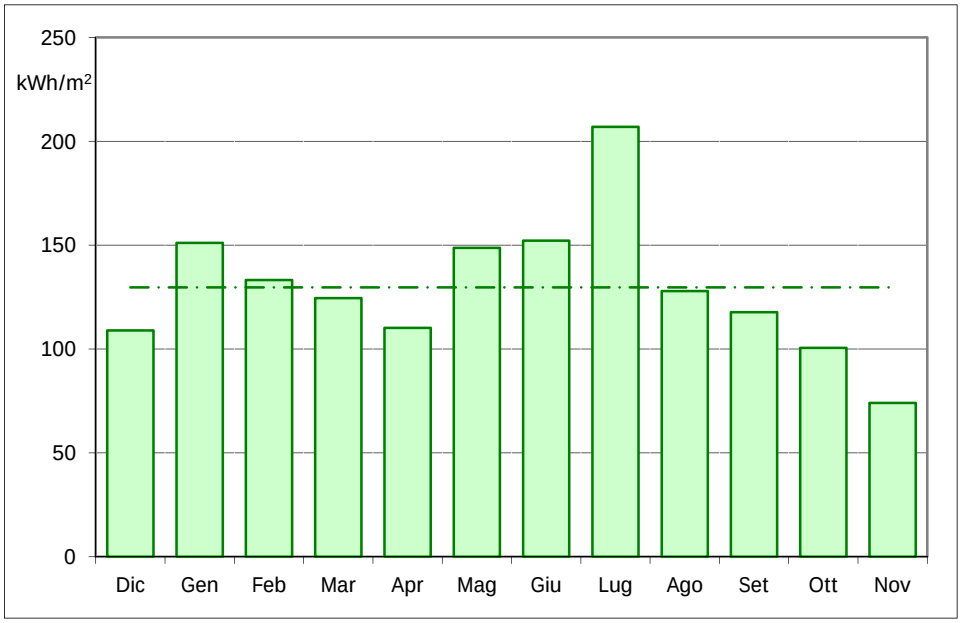


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Grafico 7 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NELLE 24 ORE DEL GIORNO

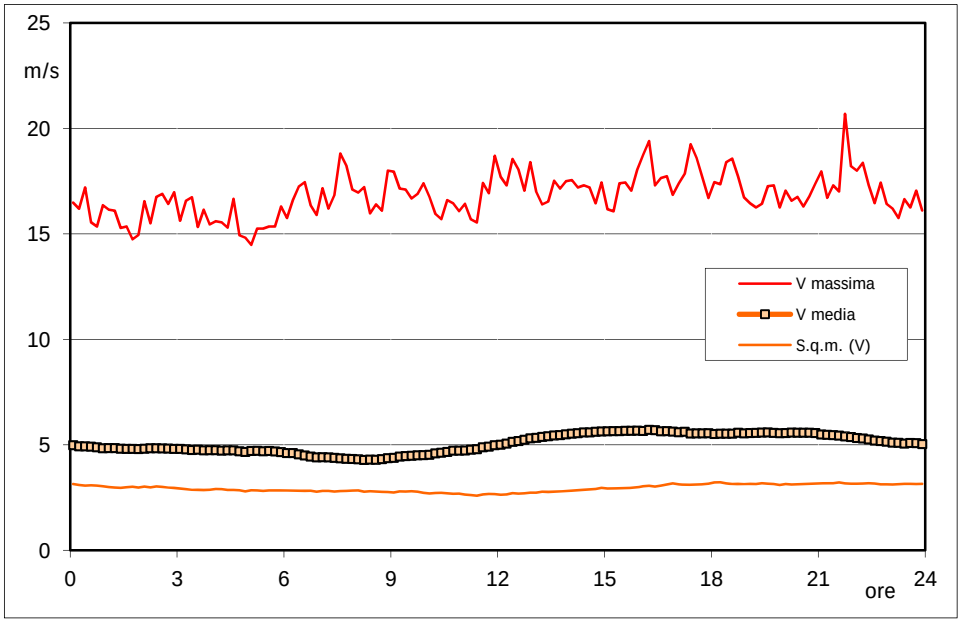
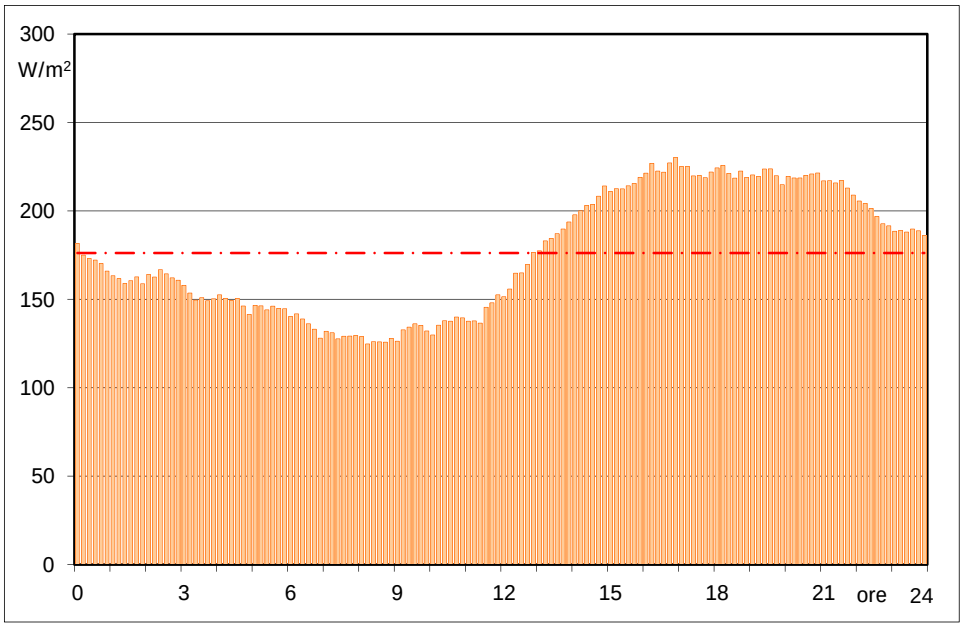


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m^2 NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella D : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DI TURBOLENZA VELOCITA' DEL VENTO

Turbolenza : T = 100 * sigV(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	13.6	19792	23.2	13.0	9.4	49.6
Nord-NordEst	2.7	3998	27.8	17.4	8.2	64.9
Est-NordEst	1.3	1940	33.3	19.3	10.6	71.3
Est	1.4	2090	34.2	19.2	12.9	73.2
Est-SudEst	13.4	19505	20.6	10.0	12.3	37.2
Sud-SudEst	23.5	34276	20.0	9.0	11.2	34.0
Sud	5.8	8490	20.2	13.5	8.4	49.1
Sud-SudOvest	0.8	1105	32.0	21.9	9.8	74.8
Ovest-SudOvest	0.7	999	34.0	20.4	11.9	74.2
Ovest	1.6	2307	25.8	18.1	8.4	66.2
Ovest-NordOvest	5.1	7429	21.4	16.1	7.7	59.1
Nord-NordOvest	28.6	41710	21.5	11.7	9.7	44.6
Nessuna Direzione	1.6	2372	18.8	9.5	10.8	32.0
Totale =	**97.6**	**146013**	**21.9**	**12.6**	**9.8**	**48.5**

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	40.7	59373	27.6	17.0	9.6	64.7
4 < V < 8	43.4	63414	18.2	5.9	9.4	28.6
8 < V < 12	13.0	18964	17.5	3.9	11.9	24.2
12 < V < 16	2.7	4012	15.7	3.0	11.7	21.0
16 < V < 20	0.2	249	14.4	3.0	11.1	19.7
V > 20	0.0	1	20.5	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**57.9**	**86640**	**17.9**	**5.5**	**9.9**	**27.6**

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO

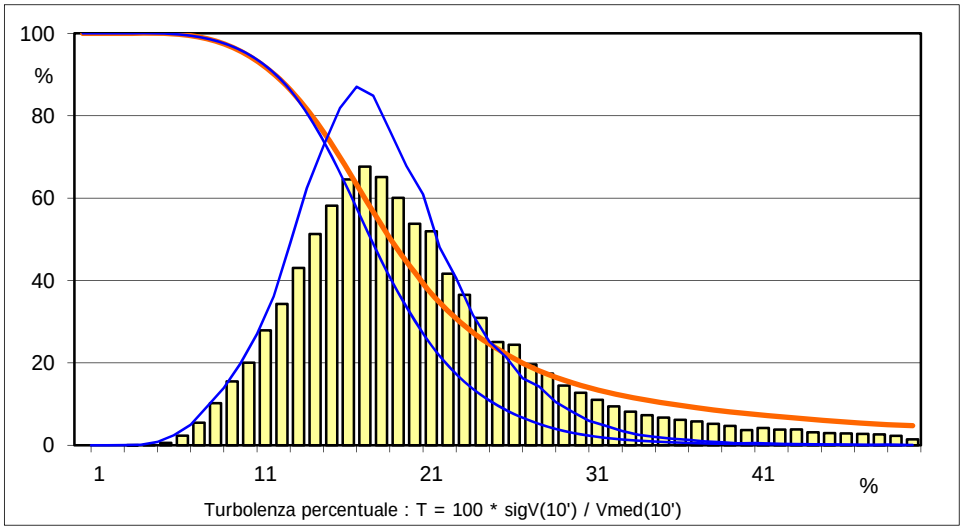


Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella E : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO VELOCITA' VENTO MAX / MED

Rapporto di raffica : R = Vmax(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
Nord	13.6	19792	1.63	0.39	1.19	2.27
Nord-NordEst	2.7	3998	1.75	0.54	1.15	2.77
Est-NordEst	1.3	1940	1.88	0.60	1.22	3.03
Est	1.4	2090	1.93	0.60	1.28	3.07
Est-SudEst	13.4	19505	1.58	0.31	1.28	2.02
Sud-SudEst	23.5	34276	1.55	0.27	1.25	1.95
Sud	5.8	8490	1.54	0.38	1.18	2.20
Sud-SudOvest	0.8	1105	1.84	0.67	1.20	3.24
Ovest-SudOvest	0.7	999	1.88	0.64	1.26	3.18
Ovest	1.6	2307	1.62	0.50	1.16	2.68
Ovest-NordOvest	5.1	7429	1.52	0.43	1.15	2.39
Nord-NordOvest	28.6	41710	1.57	0.32	1.22	2.10
Nessuna Direzione	1.6	2372	1.50	0.23	1.25	1.78
Totale =	**97.6**	**146013**	**1.59**	**0.36**	**1.21**	**2.20**

Classe velocità m/s	%	n	Rmed	sigR	R_5%	R_95%
V < 4	40.7	59373	1.71	0.50	1.19	2.67
4 < V < 8	43.4	63414	1.51	0.19	1.21	1.84
8 < V < 12	13.0	18964	1.49	0.14	1.27	1.71
12 < V < 16	2.7	4012	1.43	0.10	1.27	1.59
16 < V < 20	0.2	249	1.38	0.10	1.24	1.51
V > 20	0.0	1	1.50	0.00	0.00	0.00
Totale* =	**57.9**	**86640**	**1.50**	**0.18**	**1.22**	**1.81**

Grafico 10 : DISTRIBUZIONE DEL RAPPORTO DI RAFFICA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

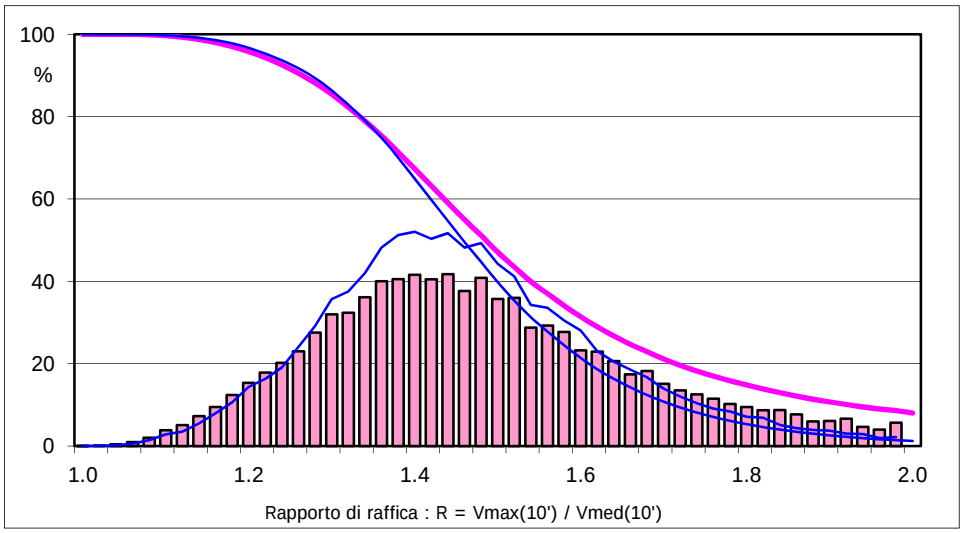


Tabella E e Grafico 10

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C

Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)

Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)

Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella F : PARAMETRI DISTRIBUZIONE DEL GRADIENTE AL SUOLO DELLA VELOCITA' VENTO

alfa = Gradiente al suolo della velocità del vento rilevato tra 20 e 40 m dal suolo

Settore direzione	%	n	Amed	sigA	A_5%	A_95%
Nord	13.6	19712	0.256	0.223	-0.034	0.596
Nord-NordEst	2.7	3970	0.265	0.296	-0.186	0.736
Est-NordEst	1.3	1898	0.119	0.361	-0.429	0.757
Est	1.4	2006	0.001	0.356	-0.599	0.577
Est-SudEst	13.4	19432	0.038	0.150	-0.151	0.190
Sud-SudEst	23.6	34172	0.004	0.140	-0.190	0.148
Sud	5.8	8381	-0.025	0.237	-0.359	0.249
Sud-SudOvest	0.7	1032	0.073	0.402	-0.647	0.762
Ovest-SudOvest	0.7	945	0.186	0.410	-0.449	0.890
Ovest	1.5	2211	0.086	0.373	-0.569	0.633
Ovest-NordOvest	5.0	7273	0.079	0.309	-0.405	0.535
Nord-NordOvest	28.7	41480	0.174	0.216	-0.104	0.483
Nessuna Direzione	1.4	2002	0.123	0.271	-0.246	0.535
Totale =	**96.6**	**144514**	**0.107**	**0.238**	**-0.197**	**0.455**

Classe velocità m/s	%	n	Amed	sigA	A_5%	A_95%
V < 4	40.3	58174	0.169	0.335	-0.355	0.667
4 < V < 8	43.7	63177	0.072	0.132	-0.154	0.262
8 < V < 12	13.1	18901	0.048	0.086	-0.108	0.171
12 < V < 16	2.8	4012	0.049	0.058	-0.063	0.124
16 < V < 20	0.2	249	0.032	0.032	-0.046	0.062
V > 20	0.0	1	0.028	0.000	0.000	0.000
Totale* =	**57.7**	**86340**	**0.066**	**0.121**	**-0.143**	**0.245**

Grafico 11 : DISTRIBUZIONE DEL GRADIENTE "alfa" DELLA VELOCITA' DEL VENTO AL SUOLO

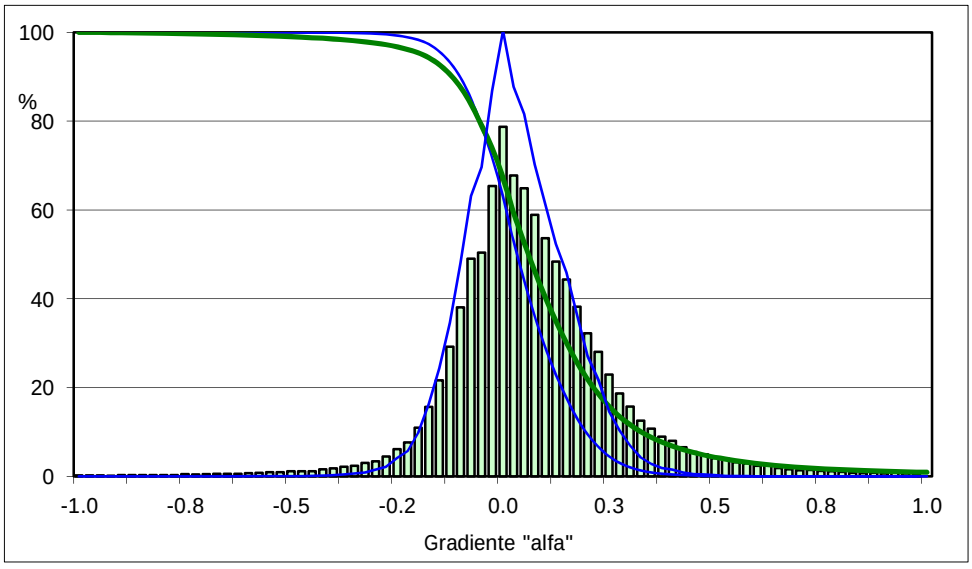


Tabella F e Grafico 11

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella G : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO Q. M. DELLA DIREZIONE VENTO

D = Scarto quadratico medio della direzione vento in ° nei 10 minuti

Settore direzione	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
Nord	13.8	19792	12.9	8.0	2.9	26.7
Nord-NordEst	2.8	3998	15.3	11.8	1.6	38.7
Est-NordEst	1.4	1940	17.3	13.8	2.2	45.4
Est	1.5	2090	17.9	12.1	3.3	43.0
Est-SudEst	13.6	19505	14.5	6.4	7.1	24.1
Sud-SudEst	23.9	34276	13.7	5.8	5.9	22.3
Sud	5.9	8490	11.1	8.3	2.9	24.0
Sud-SudOvest	0.8	1105	17.0	15.8	2.0	50.3
Ovest-SudOvest	0.7	999	15.3	16.0	0.7	50.3
Ovest	1.6	2307	11.3	11.1	1.5	34.3
Ovest-NordOvest	5.2	7429	9.2	8.4	1.0	22.8
Nord-NordOvest	29.0	41710	10.9	6.1	2.7	20.4
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	**96.0**	**143641**	**12.6**	**7.7**	**3.2**	**24.5**

Classe velocità m/s	%	n	Dmed	sigD	D_5%	D_95%
V < 4	40.9	58770	13.0	10.5	2.0	33.1
4 < V < 8	43.1	61945	12.4	5.3	4.2	20.9
8 < V < 12	13.0	18665	12.6	3.1	7.4	17.3
12 < V < 16	2.8	4011	11.6	2.1	8.1	14.8
16 < V < 20	0.2	249	10.6	1.9	7.4	13.7
V > 20	0.0	1	13.0	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**56.7**	**84871**	**12.4**	**4.8**	**4.6**	**20.0**

Grafico 12 : DISTRIBUZIONE DELLO SCARTO QUADRATICO MEDIO DELLA DIREZIONE VENTO

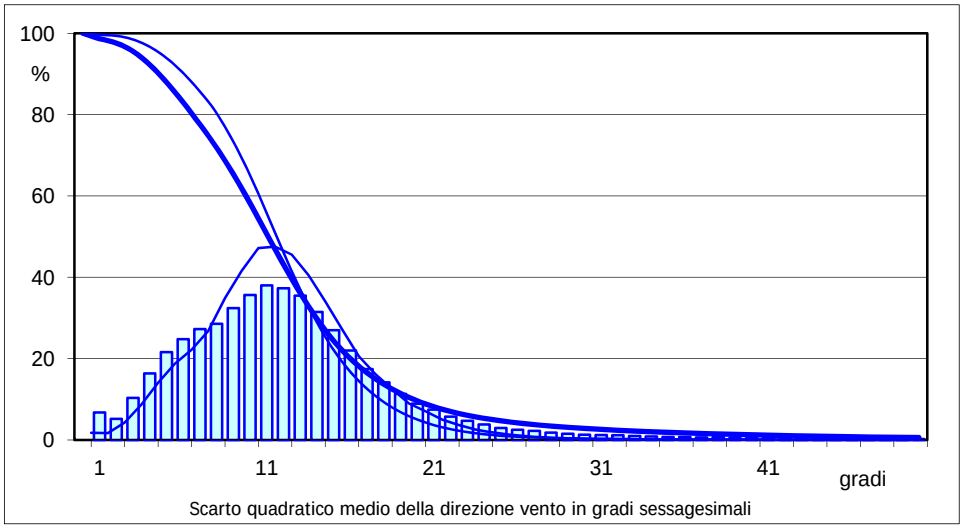


Tabella G e Grafico 12

STAZIONE ANEMOMETRICA : FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.0721) C
Periodo di elaborazione: 23/02/2011 - 30/04/2014 (numero giorni: 1163)
Percentuale dati disponibili = 89.37 % (149595 dati su 167382)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 20 m dal suolo

Tabella H : TEMPERATURE MINIME MEDIE E MASSIME NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	n° misure	Tmin (°C)	Tmed (°C)	Tmax (°C)
Gen	1.97	8784	-8.9	2.5	25.5
Feb	2.19	8838	-14.8	-0.1	24.0
Mar	3.11	13873	-7.3	6.4	29.6
Apr	4.00	17280	-1.5	11.4	35.8
Mag	3.00	13392	0.6	15.3	39.2
Giu	3.00	12960	0.0	19.5	41.1
Lug	3.00	13392	8.1	21.7	40.5
Ago	3.00	13392	0.0	23.3	42.9
Set	3.00	12960	4.3	18.3	38.7
Ott	3.00	12960	-1.5	11.8	34.9
Nov	2.97	12816	-8.5	6.3	26.2
Dic	2.61	11670	-8.7	3.4	23.9
Anno		**152317**	**-14.8**	**12.3**	**42.9**

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Grafico 13 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NEI 12 MESI DELL'ANNO

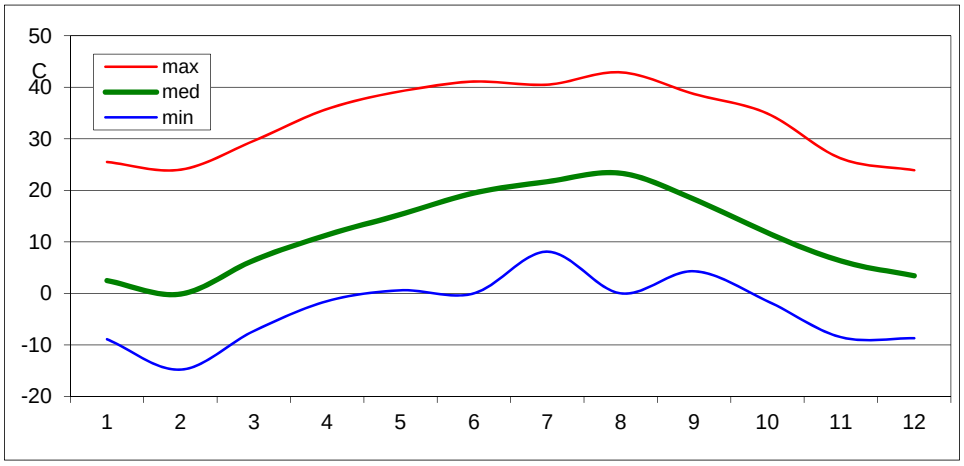


Grafico 14 : TEMPERATURE (MIN, MED, MAX) NELLE 24 ORE DEL GIORNO MEDIO

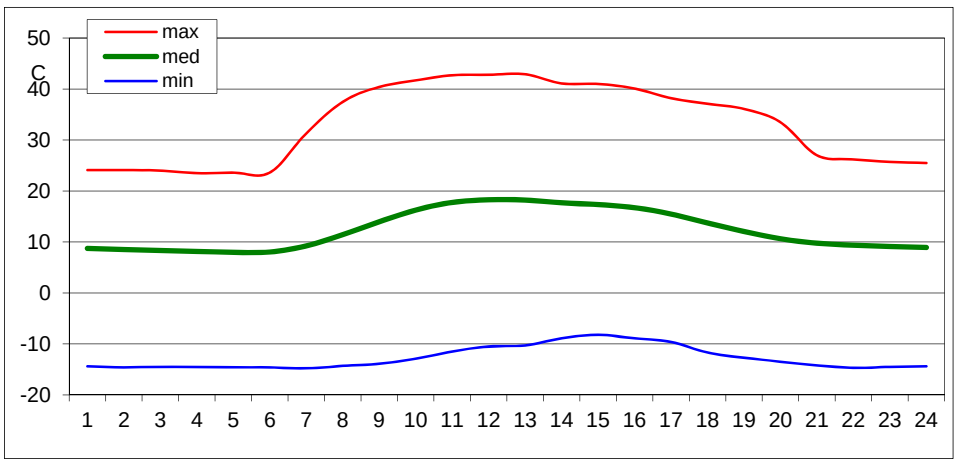
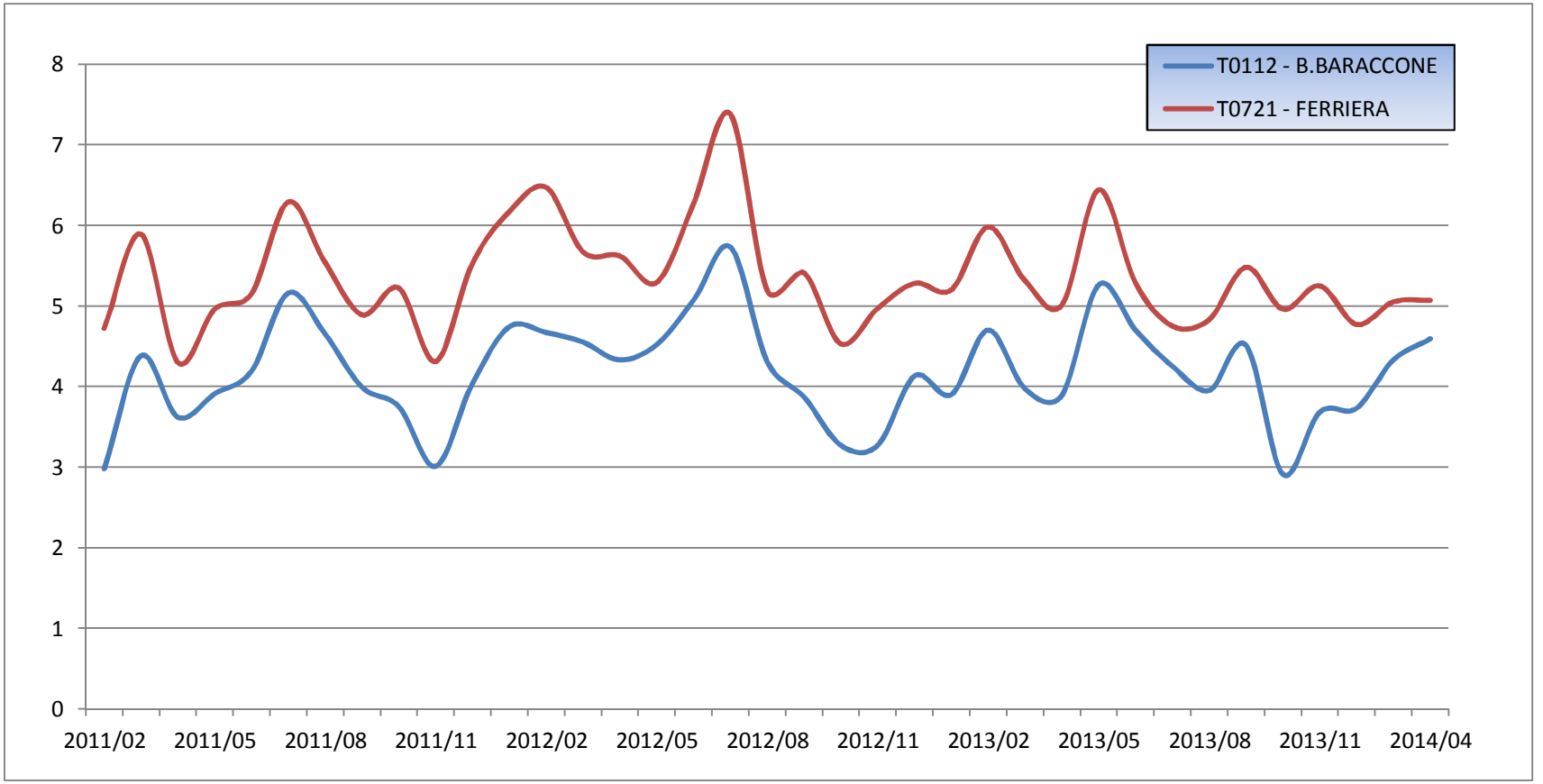


Tabella H e Grafici 13 e 14

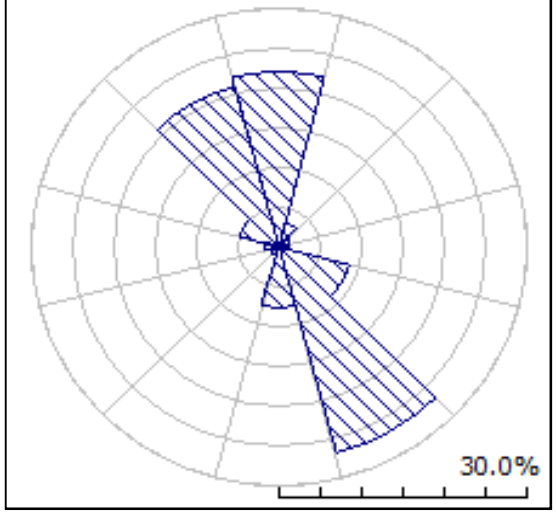
ALLEGATO FIGURE

Andamento delle velocità medie mensili

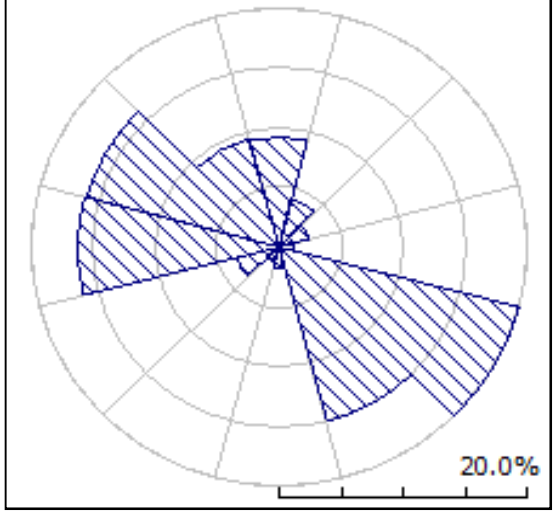


ROSE DEI VENTI

STAZIONE ANEMOMETRICA DI FERRIERA



STAZIONE ANEMOMETRICA DI B.BARACCONE



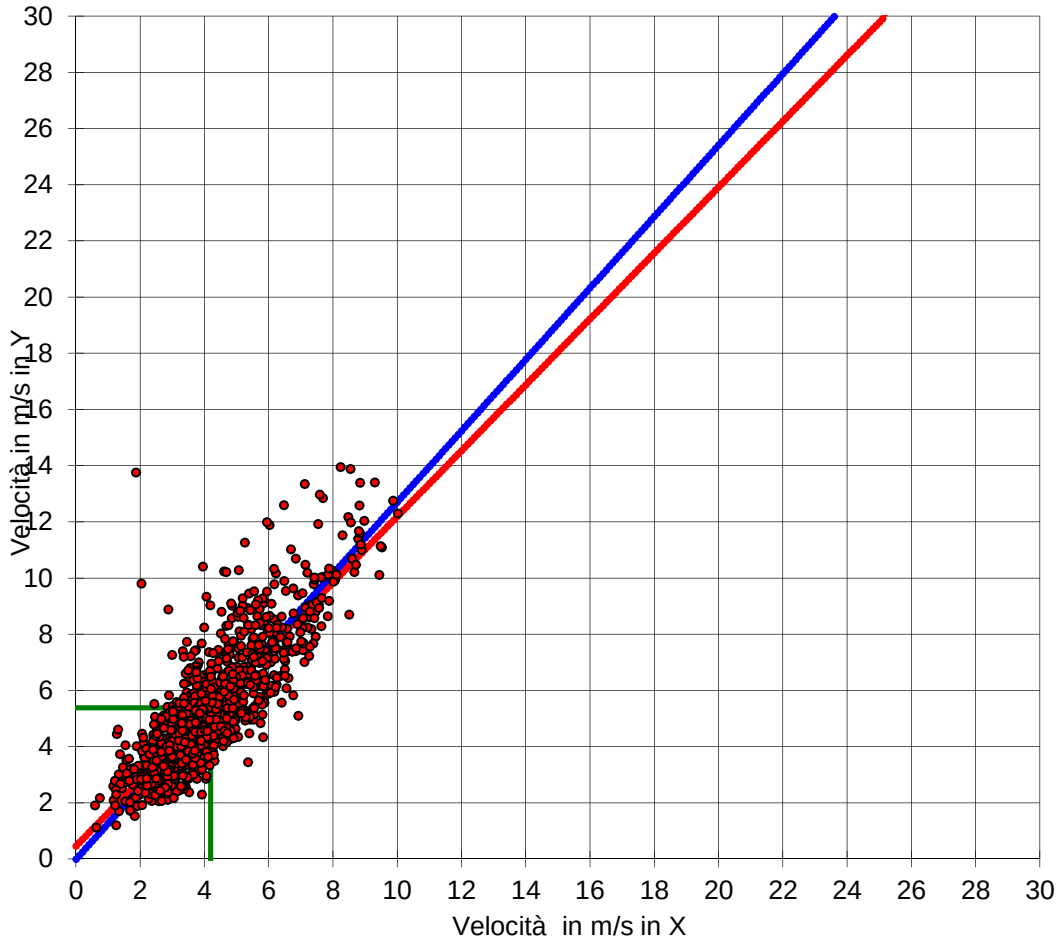
CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE GIORNALIERE RILEVATE A:

Variabile X: TA di B.BARACCONE (codice: T0112) a 30 m dal suolo
Variabile Y: TA di FERRIERA (codice: T0721) a 40 m dal suolo

Coefficiente di correlazione = 0.834 (Regressione lineare con 1062 punti)

(Y = A * X + B) : A = 1.172 ; B = 0.470 **(Y = C * X) : C = 1.271**

V media(X) = 4.191 ; V media(Y) = 5.384 **(Ym = R * Xm) : R = 1.285**



Valore Storico in (X) = 4.116 m/s **Valore Misurato in (Y) = 5.378 m/s**

Valore Storico in Y (Y=A * X + B) =	**5.296**	**m/s**	**ks = 0.985**
Valore Storico in Y (Y=C * X) =	**5.229**	**m/s**	**ks = 0.972**
Valore Storico in Y (Ym = R * Xm) =	**5.287**	**m/s**	**ks = 0.983**

ks = Valore Storico in (Y) / Valore Misurato in (Y)

Figura 3

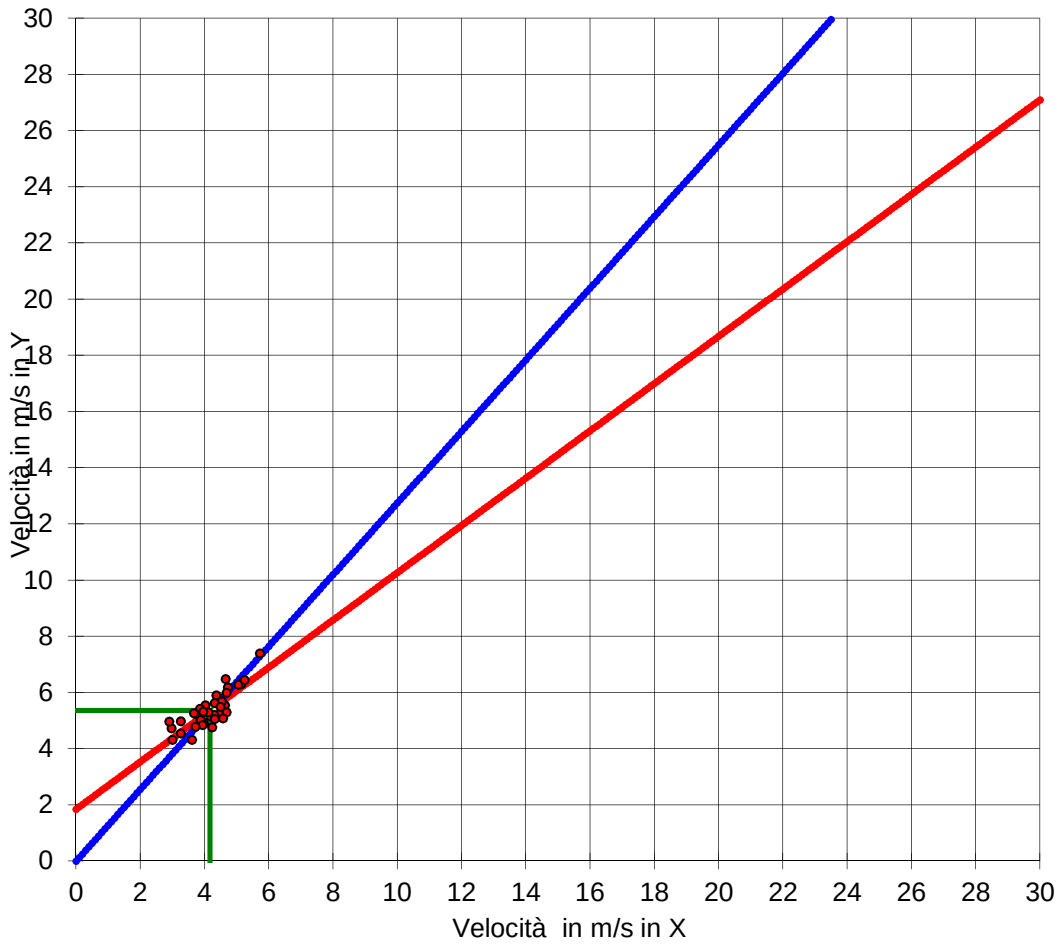
CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE MENSILI RILEVATE A:

Variabile X: TA di B.BARACCONE (codice: T0112) a 30 m dal suolo
Variabile Y: TA di FERRIERA (codice: T0721) a 40 m dal suolo

Coefficiente di correlazione = 0.830 (Regressione lineare con 37 punti)

(Y = A * X + B) : A = 0.841 ; B = 1.849 **(Y = C * X) : C = 1.274**

V media(X) = 4.175 ; V media(Y) = 5.363 **(Ym = R * Xm) : R = 1.284**



Valore Storico in (X) = 4.116 m/s **Valore Misurato in (Y) = 5.378 m/s**

Valore Storico in Y (Y=A * X + B) =	**5.313**	**m/s**	**ks = 0.988**
Valore Storico in Y (Y=C * X) =	**5.245**	**m/s**	**ks = 0.975**
Valore Storico in Y (Ym = R * Xm) =	**5.286**	**m/s**	**ks = 0.983**

ks = Valore Storico in (Y) / Valore Misurato in (Y)

Figura 4

TecnoGaia S.r.l.

www.tecnogaia.it

Rel.TG173/2015-ELD

Sito eolico di Ferriera

Elaborazione dati e determinazione del gradiente al suolo con mini-sodar

Comune di Pontinvrea (SV)

CLIENTE	REVISIONE				REDAZIONE
	N°	MESE	ANNO	LUOGO	A. Pollizzi
Eolo S.r.l.	00	AGOSTO	2015	MILANO	APPROVAZIONE C. Mazzarella
ORDINE RIF.	Accettazione ns. Offerta n° 049BS_2015 del 26/03/2015				

IL PRESENTE DOCUMENTO È DESTINATO ESCLUSIVAMENTE AL COMMITTENTE.

TECNOGAIA NON PUÒ IN NESSUN CASO ESSERE RITENUTA RESPONSABILE DELLA SUA DIFFUSIONE NON AUTORIZZATA.

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

	SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

INDICE

1. GENERALITÀ 3
2. IL SISTEMA MINI-SODAR AQ500 4
3. METODOLOGIA IMPIEGATA PER LA STIMA DELLA VELOCITÀ ALL'ALTEZZA DEL MOZZO 6
4. ALLESTIMENTO ED INSTALLAZIONE DEL MINI-SODAR 7
5. GESTIONE, LETTURA, TRANSCODIFICA E VALIDAZIONE DATI MINI-SODAR 9
5.1 Gestione 9
5.2 Lettura e transcodifica dei dati 10
5.3 Validazione dei dati 11
6. Verifiche di funzionamento del mini sodar in campo 12
7. ELABORAZIONE DEI DATI E RISULTATI DELLA PROVA IN CAMPO 15
7.1 Stima della ventosità a 90 m dal suolo 15

- ✓ ALLEGATO BROCHURE;
- ✓ ALLEGATO TAVOLA
- ✓ ALLEGATO MINI-SODAR
- ✓ ALLEGATO CORRELAZIONI
- ✓ ALLAGATO TABELLE E GRAFICI

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

1. GENERALITÀ

Nell'ambito della qualificazione anemologica di un sito candidato ad ospitare un impianto eolico, l'esigenza di verificare il profilo della velocità del vento in funzione dell'altezza dal suolo è fondamentale ai fini della valutazione del potenziale energetico disponibile all'altezza del mozzo dell'aerogeneratore, che oggigiorno può superare anche i 100 m sls. Non sempre però si dispongono di misure con torri anemometriche di queste altezze, mentre spesso queste ultime sono dell'ordine di 40/50 m.

Lo scopo del monitoraggio con un sistema sonico (di seguito: mini-sodar) è dunque quello di integrare, per le diverse altezze dal suolo (sino ad un massimo di 150 m), le informazioni anemometriche precedentemente raccolte in sito con una misura tradizionale, tipicamente una torre anemometrica equipaggiata con anemometri posti ad almeno due livelli dal suolo.

In particolare, disponendo già di misure anemometriche fino ad una certa altezza dal suolo, come nel caso in esame a 40m, è sufficiente conoscere l'andamento della variazione della velocità del vento in funzione della sua altezza dal suolo in modo relativo, cioè poter determinare una regola per la quale, data la misura del vento a detta quota, sia possibile estrapolarla alle altezze del mozzo, nel nostro caso di 90m, con buona approssimazione.

Per verificare le condizioni di cui sopra, nel sito di "Ferriera" è stato installato, nel mese di Aprile 2015, per un periodo di circa due mesi, un mini-sodar modello AQ500, prodotto dalla società AQSystem. Il presente capitolo riporta il resoconto dell'installazione, della raccolta, transcodifica e validazione dei dati, nonché delle elaborazioni statistiche effettuate ed i relativi risultati ottenuti.

Nel testo che segue si farà riferimento a documentazione che è resa disponibile nei vari allegati, i quali contengono i seguenti documenti:

- La brochure fornita dal Costruttore con le caratteristiche tecniche del mini-sodar (**Allegato Brochure**);
- La localizzazione del mini-sodar rispetto la stazione anemometrica (**Allegato Tavola**);
- La scheda di installazione del mini-sodar (**Allegato Mini-Sodar**);
- Le riprese fotografiche del sistema di misura (**Allegato Mini-Sodar**);
- Le verifiche di funzionamento in campo del mini-sodar (correlazione tra mini-sodar e stazione a 40m sls (**Figura 1 - Allegato Correlazioni**);
- Le correlazioni del mini-sodar per la stima della ventosità a diverse altezze dal suolo (tra 40m e 30m, con i soli venti superiori a 4 m/s (**Figure 2 – Allegato Correlazioni**);
- I risultati in forma grafica delle elaborazioni statistiche effettuate per l'analisi del gradiente al suolo, per le misurazioni a 40m e 90m dal suolo (**Figure 3 – Allegato Correlazioni**).
- I risultati della elaborazione dei dati registrati dal mini-sodar per i livelli di misura 40m e 90m, sono rappresentati nelle tabelle e nei grafici riportati nell'**Allegato Tabelle e Grafici**.

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

2. IL SISTEMA MINI-SODAR AQ500

Il sistema SODAR del tipo qui considerato comprende tre antenne acustiche, che inviano impulsi successivi di ultrasuoni verso l'alto, ma in direzioni leggermente divaricate tra loro (15°-25°). La frequenza tipica dell'onda emessa è di qualche migliaio di Hz.

Quando uno di questi impulsi viene emesso, le onde sonore si propagano con la velocità del suono (circa 340 m/s), ma subiscono anche, a tutte le altezze ed in tutte le direzioni, una diffusione, a causa delle variazioni dell'indice di rifrazione dell'aria dovute a turbolenza termica o meccanica.

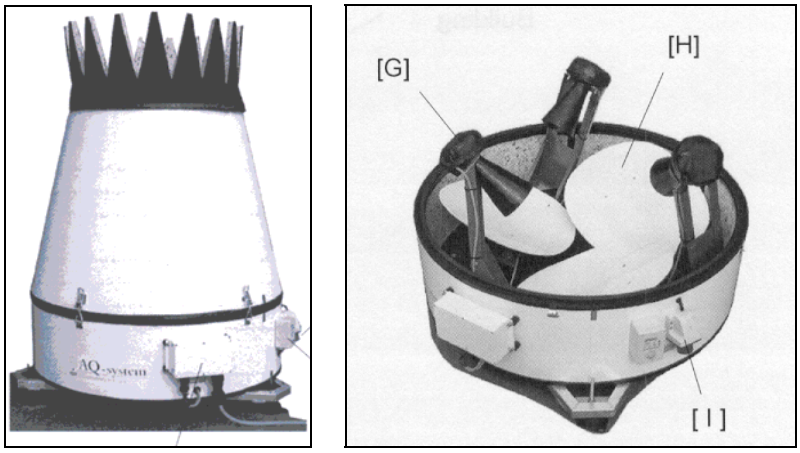
Le onde diffuse verso terra possono venire raccolte da speciali microfoni, che coincidono fisicamente con le antenne. Da questi si può pertanto ottenere una registrazione dell'eco, la cui intensità è legata all'intensità della turbolenza nei vari strati al momento della emissione dell'eco stesso.

In base alla velocità del suono ed al tempo "t" trascorso tra emissione e ricezione dell'eco si possono isolare spezzoni di registrazione associabili alla retrodiffusione avvenuta ad una data quota "z" dal suolo.

L'ampiezza del segnale di ritorno riproduce, nei tempi successivi all'emissione, il profilo in altezza della turbolenza che ha generato il segnale stesso. Se queste porzioni turbolente d'aria posseggono una componente di velocità "V" nella direzione del fascio, nel segnale dell'eco si presenta anche uno spostamento di frequenza acustica ('Doppler shift') e quindi proporzionale a quella componente di velocità.

L'emissione successiva di un secondo fascio in una direzione un po' diversa, come detto, consente di ottenere alle diverse quote il valore della velocità parallela a questo secondo fascio. Lo stesso si può ripetere per il terzo fascio, ottenendo ancora, per le diverse quote, valori di componente della velocità dell'aria parallela a questo terzo fascio. Dalle tre componenti sopra citate si può geometricamente ricostruire un vettore velocità.

Il tipo di mini-sodar utilizzato per le prove di seguito descritte è prodotto dalla AQ System, società specializzata svedese, ed il modello è contraddistinto dalla sigla AQ500: trattasi di un SODAR di tipo monostatico a tre antenne/ricevitori.



Sistema SODAR AQ500 completo e vista degli emettitori di impulso acustico con riflettori

Nel caso specifico il fascio acustico è emesso da ciascuno degli speaker verso il basso e immediatamente ri-orientato verso l'alto dal rispettivo schermo riflettore parabolico. I tre ricetrasmettitori sono disposti in modo perfettamente simmetrico attorno ad un asse verticale, a 120° uno dall'altro. Le tre antenne inviano tre fasci acustici direzionali di 12° d'ampiezza; gli assi dei fasci sono divaricati di 15°.

Altri dati significativi, resi disponibili dal Costruttore, sono:

- Frequenza base del segnale acustico: 3144 Hz
- Potenza acustica in emissione: 4 W
- Modalità di emissione: 3 emissioni singole + 1 collettiva
- Altezza massima della rilevazione: 150 m
- Altezza minima della rilevazione: 20 m
- Frequenza di campionamento: 30 / minuto
- Tempo di pre-elaborazione (averaging): 10 minuti
- Campo di velocità delle rilevazioni: 0-50 m/s
- Accuratezza della velocità orizzontale: < 0.1 m/s
- Campo dei valori della velocità verticale: 10 m/s
- Risoluzione della velocità verticale: 0.05 m/s
- Accuratezza della direzione: 2°-3°
- Risoluzione in altezza: 5 m

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

3. METODOLOGIA IMPIEGATA PER LA STIMA DELLA VELOCITÀ ALL'ALTEZZA DEL MOZZO

Il buon funzionamento del mini-sodar è garantito dalla complementarietà delle sue misure con quelle rilevate da una torre anemometrica con uno o più anemometri posti a diverse altezze nei suoi pressi, ipotizzando che il mini-sodar e la stazione anemometrica siano interessati dalla stessa ventosità. Ciò è garantito dalla scelta della localizzazione del sodar rispetto alla stazione in funzione anche dell'orografia del sito.

In pratica, per la verifica del corretto funzionamento del mini-sodar in modo relativo, si vuole dimostrare che, conoscendo i parametri di correlazione dei dati raccolti contemporaneamente a due altezze diverse, per un periodo sufficientemente ampio, è possibile definire la velocità del vento a quote superiori (ad es. 90m sls) sulla verticale del punto di installazione della stazione anemometrica (ubicata nei pressi del mini-sodar), essendo nota una velocità della stazione anemometrica ad altezza inferiore (ad es. 40 m sls).

Dall'esperienza maturata in campo, attraverso diverse prove reali, si è dedotto che le approssimazioni sulla misura della velocità del vento introdotte dal mini-sodar, in valore assoluto, variano in funzione dell'orografia ad esso circostante (cioè nel confronto tra le misure del mini-sodar e quelle della stazione anemometrica prese come "vere") ma che, salvo approssimazioni accettabili, ciò non avviene confrontando le serie di dati della stazione e quelle del mini-sodar, in tema di:

- ✓ rapporto tra le velocità medie a diverse altezze **(R)**;
- ✓ inclinazione (parametro **C**) delle rette di regressione della nube di punti delle coppie di valori contemporanei di due altezze di misura;
- ✓ parametro di wind shear (**alfa**) calcolato con la legge di potenza utilizzando sia i dati di velocità 10min x 10min, sia le velocità medie dell'intero periodo considerato di raccolta dati.

Per le imprecisioni insite nelle misure di bassa ventosità di entrambi i sistemi di misura (stazione anemometrica e mini-sodar) e per i limiti propri della misura a basse altezze dal suolo, in particolare per il mini-sodar, è solitamente preferibile considerare valide le ipotesi sopra riportate per valori di velocità del vento superiori almeno a 4 m/s e ad altezze dal suolo pari o superiori ad almeno 30 m.

Conoscendo i parametri sopra indicati (R, C e Alfa) è possibile quindi determinare la velocità ad una o più altezze superiori della stazione (ad es. quelle del mozzo) confidando non tanto nel valore assoluto della misura mini-sodar a detta altezza, ma piuttosto nella capacita dell'apparecchiatura di riprodurre correttamente i parametri della correlazione tra le velocità del vento alle due quote in ogni intervallo di 10 minuti. In concreto, il valore stimato all'altezza di interesse $V_{ms(h2)}$ sulla verticale della stazione, nei quattro casi sopra citati, sarebbe pari a:

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

1) $V_{torre(h2)} = V_{torre\ misurata(h1)} * (V_{sodar(h2)} / V_{sodar(h1)})$

2) $V_{torre(h2)} = V_{torre\ misurata(h1)} * C$

3) $V_{torre(h2)} = V_{torre\ misurata(h1)} * (h_2/h_1)^{alfa\ 10\ min}$

4) $V_{torre(h2)} = V_{torre\ misurata(h1)} * (h_2/h_1)^{alfa\ med}$

dove:

- $V_{torre(h2)}$ = stima della ventosità media all'altezza h_2 di interesse;
- $V_{torre\ misurata(h1)}$ = velocità media misurata dalla stazione all'altezza h_1 nel periodo di misura
- C = coefficiente angolare della retta di regressione (passante per lo zero) della correlazione delle misure contemporanee del mini-sodar alle altezze h_2 ed h_1 (solo per classi di velocità superiori a 4 m/s);
- $V_{sodar(h2)}$ = velocità media misurata dal mini-sodar all'altezza h_2 in tutto il suo periodo di funzionamento (solo per classi di velocità superiori a 4 m/s);
- $V_{sodar(h1)}$ = velocità media misurata dal mini-sodar all'altezza h_1 in tutto il suo periodo di funzionamento (solo per classi di velocità superiori a 4 m/s);
- $Alfa_{10\ min}$ = media aritmetica di tutti i valori di gradiente al suolo elementari disponibili (calcolati con legge di potenza per ciascun 10 minuti), considerando le due serie di misure del mini-sodar ad h_2 ed h_1 (solo per classi di velocità superiori a 4 m/s);
- $Alfa_{med}$ = gradiente al suolo calcolato mediante legge di potenza, considerando le velocità medie delle due serie di misura del mini-sodar ad h_2 ed h_1 (solo per classi di velocità superiori a 4 m/s).

4. ALLESTIMENTO ED INSTALLAZIONE DEL MINI-SODAR

Come previsto dalle procedure interne nei giorni precedenti l'installazione, è stata verificata l'integrità ed il funzionamento del sistema mini-sodar (AQSystem AQ500) presso i laboratori della sede Tecnogaia di Gardone Val Trompia. Contestualmente è stata effettuata la verifica dei consumi dell'intero sistema Sodar durante le normali attività di acquisizione dati, volta a confermare le indicazioni del Costruttore e a dimensionare il sistema di alimentazione al sito di destinazione. Sono state svolte le normali prove di trasmissione GSM, scarico e transcodifica dei dati raccolti e verificata la loro "verisimilitudine" con le condizioni di prova.

Successivamente, in data 08/04/2015, è stata effettuata l'installazione del mini-sodar nel sito di "Ferriera", nel Comune di Pontinvrea, in Provincia di Savona, nella Regione Liguria. La sua localizzazione è stata definita sulla base della serie di dati raccolti dalla stazione anemometrica denominata "Ferriera", di altezza pari a 40m ed a seguito di specifico sopralluogo di fattibilità in sito da parte del personale

tecnico addetto alle installazioni; tutta la documentazione della stazione anemometrica, tra cui i report di installazione, i certificati di calibrazione, ecc... sono in possesso del Committente.

Il mini-sodar è stato posizionato ad una distanza di circa 50 m dalla suddetta stazione, in direzione Nord-Nord/Est, senza alcun dislivello di quota. In tal modo i venti predominanti (da Sud/Est) interessano i due sistemi di misura in modo contemporaneo e senza che la stazione costituisca ostacolo al vento misurato dal mini-sodar. L'ubicazione sia del mini-sodar sia della stazione è rappresentato su stralcio cartografico in scala 1:10.000, si veda la **Tavola** in allegato.

In sintesi, la scelta del punto di installazione è scaturita tenendo conto:

- dell'assenza di ostacoli nel cono di emissione/ricezione del ricetrasmettitore sonico (anche la stazione anemometrica stessa);
- dell'orientamento ortogonale rispetto ai venti prevalenti in sito dell'asse stazione/mini-sodar, in modo che entrambi i sistemi vengano investiti contemporaneamente dalla vena fluida del vento nella maggior parte dei casi e comunque per le direzioni di provenienza di interesse;
- della minimizzazione del dislivello tra la base della stazione ed il mini-sodar.

Durante l'attività in sito sono stati effettuati i controlli previsti e ne è stata data evidenza sull'apposita scheda di installazione.

La **Scheda** "Scheda di Installazione del mini-sodar" in allegato contiene i dati identificativi del sistema sonico, nonché i dati relativi alla localizzazione dello stesso ed al sito circostante il punto di installazione. La scheda contiene inoltre l'identificazione della strumentazione meteorologica e di sistema installata e necessaria per una corretta gestione. I segnali in uscita di detta strumentazione vengono registrati su apposito data-logger (Secondwind Nomad2) sincronizzato nell'acquisizione con quello del mini-sodar. In particolare ci si riferisce alle seguenti grandezze:

1. Temperatura ambiente
2. Pressione atmosferica
3. Umidità relativa
4. Precipitazione meteorica
5. Inclinazione su assi ortogonali

Completano le informazioni raccolte per questa installazione le riprese fotografiche del sistema sonico e dal punto di misura in direzione dei punti cardinali, raccolte nelle foto in allegato.

Le coordinate dei punti di misura e le principali caratteristiche del sito che ospita il mini-sodar sono le seguenti:

- ✓ Coordinate in metri nel sistema UTM ED50, Fuso **32**:
  - Longitudine: **455,039 E**
  - Latitudine : **4,919,407 N**
- ✓ Coordinate in metri nel sistema UTM WGS84, Fuso **32**:
  - Longitudine: **454,957 E**
  - Latitudine : **4,919,207 N**
- ✓ Altitudine (s.l.m.): **737 m**
- ✓ Orografia del punto di installazione: **collinare**
- ✓ Orografia circostante: **collinare**
- ✓ Utilizzo del terreno: **Incolto**
- ✓ Ostacoli nelle vicinanze: **a circa 50m stazione anemometrica di riferimento**

5. GESTIONE, LETTURA, TRANSCODIFICA E VALIDAZIONE DATI MINI-SODAR

5.1 Gestione

Durante la campagna di misura la gestione del mini-sodar in termini di verifica dei dati e di manutenzione straordinaria è di fondamentale importanza per la continuità e la qualità dei dati rilevati. Essa è condotta da personale appositamente addestrato che, con cadenza bi/tri-settimanale, effettua in sito le attività di controllo e di manutenzione ordinaria, affiancata in sede da una verifica tramite collegamento remoto del corretto funzionamento del sistema, con frequenza giornaliera.

L'incaricato in sito provvede al rilievo del corretto assetto del mini-sodar (verticalità) e alla compilazione di schede con eventuali anomalie riscontrate. Esse sono archiviate presso la sede di Tecnogaia per eventuali successive verifiche.

Nel caso specifico, si deve segnalare un periodo di circa un mese di interruzione della misurazione, dopo pochi giorni dall'installazione, per il guasto delle schede elettroniche d'interfaccia tra amplificatore di potenza e CPU del mini-sodar, che ha comportato la spedizione alla casa madre della *electronic-unit* per la sua riparazione e relativa taratura, oltre a qualche giornata non registrata per mancanza dell'alimentazione all'apparecchiatura. Per tali problemi si è provveduto a prolungare il presidio di misura del mese mancante, registrando così circa sessanta giorni, rispetto ai circa novanta complessivi del periodo intercorso tra installazione e fine campagna.

5.2 Lettura e transcodifica dei dati

I dati acquisiti ogni due secondi dal sistema sonico vengono pre-elaborati e registrati provvisoriamente nella sua memoria interna, ogni 10 minuti. Mediante software dedicato, questi ultimi possono essere richiamati da remoto via GSM per essere archiviati. Detta operazione viene svolta con cadenza il più possibile frequente, anche come controllo, per minimizzare i rischi di interruzione dell'alimentazione che comporterebbe una conseguente perdita di dati fino al necessario ripristino manuale.

Un prelievo frequente consente inoltre una verifica costante del raggiungimento della numerosità dei campioni, in particolare in termini di appartenenza alle classi di velocità e di direzione del vento.

Il sistema sonico crea comunque un file di dati giornaliero, per complessive 144 righe più altre per l'intestazione, e registra per i ventisette livelli di misura previsti, ovvero un livello per ogni 5 m, a partire da 20 m e fino a 150 m dal suolo, le grandezze indicate nella seguente descrizione tratta dal file originale:

```
Station site name=Sodar Ferriera
AQ500 Program version=9S30
Antenna orientation(deg)=281
Output power(W)=100
Number of levels=27
Lowest level(LL m)=20
Highest level(HL m)=150
Interval(m)=5
Data average time(min)=10
Measurement mode=1
ASCIICode.Decimal=46
ASCIICode.Data field separator=44
No data=9999
Data field 1: Date and Time(YYYYMMDD hh:mm)
Data field 2: Battery voltage(V * 100)
Data field 3: Temperature sensor(deg C * 10)
Data field 4: Humidity sensor(%RH)
Data field 5: Pressure sensor(Hp)
Data field 6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72,78,84,90,96,102,108,114,120,126,132,138,144,150,156,162: Speed m/s(LL to HL)
Data field 7,13,19,25,31,37,43,49,55,61,67,73,79,85,91,97,103,109,115,121,127,133,139,145,151,157,163: Dir degrees(LL to HL)
Data field 8,14,20,26,32,38,44,50,56,62,68,74,80,86,92,98,104,110,116,122,128,134,140,146,152,158,164: Std-Speed m/s(LL to HL)
Data field 9,15,21,27,33,39,45,51,57,63,69,75,81,87,93,99,105,111,117,123,129,135,141,147,153,159,165: Vertical velocity(w) m/s(LL to HL)
Data field 10,16,22,28,34,40,46,52,58,64,70,76,82,88,94,100,106,112,118,124,130,136,142,148,154,160,166: Std-w m/s(LL to HL)
Data field 11,17,23,29,35,41,47,53,59,65,71,77,83,89,95,101,107,113,119,125,131,137,143,149,155,161,167: Quality(S/N*10)(LL to HL)
```

I dati così transcodificati sono ulteriormente convertiti in un formato ad uso interno che raccoglie ed ordina le sole informazioni di interesse (tipicamente solo alcune altezze di misura ed alcune grandezze) per poter essere validati ed elaborati.

5.3 Validazione dei dati

La validazione dei dati avviene dapprima con la visualizzazione grafica delle grandezze di misura che consente un primo controllo a vista dell'andamento dei parametri caratteristici del vento (velocità media, scarto quadratico medio e direzione per ogni intervallo di tempo). In questa fase verranno eliminati quei periodi di misura a zero o affetti da evidenti errori di malfunzionamento del sistema che comportano macroscopiche anomalie nella serie di dati di ventosità. Fanno parte di questi interventi anche quelli dovuti a fenomeni meteorologici avversi come le precipitazioni intense e/o l'eventuale presenza di neve sui trasmettitori. Un ulteriore controllo, basato sulla valutazione del valore di autodiagnosi del mini-sodar (ultimo parametro registrato per ogni stringa), consente di eliminare altri valori ritenuti non attendibili secondo criteri che l'operatore valuta caso per caso, anche confrontando i dati del datalogger, allestito da Tecnogaia, di affiancamento al mini-sodar, oltre ai dati raccolti sulla stazione anemometrica.

La verifica principale per le attività successive di elaborazione di interesse, che riguardano in particolare il rapporto tra le velocità a diverse altezze dal suolo, risiede nell'analisi delle correlazioni tra le coppie di punti contemporanei raccolti a due altezze diverse. Dall'osservazione della nube di punti che rappresenta l'insieme delle misure è possibile eliminare quelle copie ritenute non valide perché "disperse" rispetto alla retta che rappresenta il rapporto delle velocità medie. In questa fase vengono considerate di interesse le velocità sopra i 4 m/s che in modo minore sono influenzate dalla casualità introdotta dalla rugosità del terreno e dalla complessità dell'orografia. Il parametro che consente di mantenere sotto controllo questa attività di validazione specifica è il coefficiente di correlazione che tipicamente è pari o superiore al valore di 0.950; in questo specifico caso, prima della validazione dei dati mini-sodar, è risultato pari a 0.971 alle altezza di 40m; questo a sottolineare la bontà della prova e la ottima correlazione tra mini-sodar e stazione. Per le attività di elaborazione statistica classica si avrà cura che l'eliminazione dei dati non validi riguardi sempre tutto il record archiviato, cioè che l'eliminazione di singoli intervalli di registrazione per una data altezza comporti l'eliminazione anche del valore contemporaneo per le altre altezze di misura.

La validazione dei dati avviene in "tempo reale" durante la prova (con frequenza almeno settimanale), così che avvenga il controllo continuo della consistenza dei dati validi raccolti per definire il termine alle rilevazioni; comunque la durata della prova è funzione della quantità minima di misure nei vari bin di velocità per i settori di direzione dei venti prevalenti. Questa ultima condizione è verificata anche confrontando il fattore di forma della curva di Weibull della serie di dati raccolti e quello della serie misurata della stazione in sito.

Dopo la validazione, la disponibilità dei dati validi, non considerando il mese d'interruzione citato, è intorno all'80%, rispetto al 81% dei dati grezzi, segno che l'eliminazione di dati a causa di tale processo è stata molto limitata (circa 1%). Nonostante l'anomalia, la prova risulta completa, visto che le quantità minime di misure nei vari bin di velocità per i settori di direzione dei venti, come previsto nella procedura interna di applicazione delle misura comparata mini-sodar/stazione anemometrica, sviluppata gli anni

scorsi in collaborazione col Politecnico di Milano e la società Windfor S.r.l., risultano integralmente acquisiti. Si sottolinea che la prova può risultare esaustiva anche solo con un mese di acquisizione, se tale condizione di "completezza" di dati viene rispettata.

La correlazione, dopo la validazione, tra i dati a 40m tra mini-sodar e stazione anemometrica è resa disponibile in **Figura 1,** nell'**Allegato Correlazioni**.

I risultati della elaborazione dei dati registrati dal mini-sodar per i livelli di misura 40m e 90m, sono rappresentati nelle tabelle e nei grafici riportati nell'**Allegato Tabelle e Grafici**.

6. Verifiche di funzionamento del mini sodar in campo

A sostegno di quanto sopra, nel seguito sono riportati i risultati di tre campagne di misura (prese come esempio) svolte da Tecnogaia con il mini-sodar AQ500 in altrettante località italiane dove era disponibile una torre anemometrica di sufficiente altezza per confronti. Il posizionamento reciproco dei due sistemi di misura ha tenuto conto dell'altezza della torre in modo che questa fosse poco maggiore alla loro distanza; si è tenuto conto inoltre che non ci fossero tra essi significativi dislivelli e che, rispetto ai venti predominanti, l'asse torre-mini-sodar fosse ortogonale (come poi nel caso in esame di "Ferriera").

La verifica del buon funzionamento del mini-sodar è consistita nel determinare l'errore commesso della stima della ventosità calcolata, con il gradiente al suolo del mini-sodar, rispetto alla velocità del vento misurata in sommità della torre, ipotizzando con buona approssimazione che sia la stessa che interessa indifferentemente i due punti di misura (data la contenuta distanza).

Nel primo caso il sito che ospitava la prova presentava un'orografia complessa, con rilievi pronunciati posti nelle immediate vicinanze del punto di misura ed era dotato di stazione anemometrica da 80m. Nel secondo caso e terzo caso, l'orografia era di tipo pianeggiante per alcuni chilometri in ogni direzione e si disponeva rispettivamente di una torre anemometrica da 80m e 50m. In tutti e tre i casi le verifiche sono state effettuate con un periodo di raccolta dati del mini-sodar di circa 3 mesi e con percentuali simili alla prova di "Ferriera".

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

Nelle tabelle seguenti sono sintetizzati i risultati delle tre prove:

SITO CON OROGRAFIA COMPLESSA						
V Misurata 80 m	V Misurata 65 m	Periodo di Rilevazione Mini-sodar	Parametro utilizzato		V stimata a 80 m	Errore
(m/s)	(m/s)	(mesi) / % dati			(m/s)	%
5.060	4.829	2.98 / 65%	R	0.947	**5.099**	0.78%
			C	0.946	**5.105**	0.88%
			Alfa (10 min)	0.263	**5.100**	0.79%
			Alfa (medie)	0.263	**5.100**	0.79%

SITO CON OROGRAFIA PIANA						
V Misurata 80 m	V Misurata 65 m	Periodo di Rilevazione Mini-sodar	Parametro utilizzato		V stimata a 80 m	Errore
(m/s)	(m/s)	(mesi) / % dati			(m/s)	%
5.289	5.063	3.00 / 59%	R	0.954	**5.307**	0.34%
			C	0.954	**5.307**	0.34%
			Alfa (10 min)	0.236	**5.317**	0.53%
			Alfa (medie)	0.227	**5.307**	0.35%

SITO CON OROGRAFIA PIANA - 2						
V Misurata 50 m	V Misurata 40 m	Periodo di Rilevazione Mini-sodar	Parametro utilizzato		V stimata a 50 m	Errore
(m/s)	(m/s)	(mesi) / % dati			(m/s)	%
4.168	4.062	3.00 / 59%	R	0.966	**4.205**	0.89%
			C	0.966	**4.205**	0.89%
			Alfa (10 min)	0.158	**4.208**	0.95%
			Alfa (medie)	0.154	**4.204**	0.86%

Sedi operative:

- Via S. Francesco d'Assisi, 3/B - 23855 **Pescate (LC)**
  Tel. 0341 365045 – Fax 0341 365091
- Via Matteotti, 311 – SCALA P – Int.10 – 25063 **Gardone V.T. (BS)**
  Tel. 030 2056980 – Fax 030 831100

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

Sede Legale:

Via Maestri Campionesi, 27 – 20135 **Milano**
Tel. 02 24417058 – Fax 02 24303700
N° Iscriz. Registro Imprese Milano
Cod. Fisc. & P. IVA 13029730150
N° REA 1619077
Cap. Soc. € 119.000,00 interamente versato

Nelle tabelle sono riportati:

Colonna 1: Velocità media del vento misurata con anemometro a coppe calibrato e certificato sulla sommità della torre anemometrica

Colonna 2: Velocità media del vento misurata con anemometro a coppe calibrato e certificato ad un'altezza intermedia della torre anemometrica

Colonna 3: Periodo di rilevazione disponibile per il mini-sodar e percentuale dati

Colonna 5 e 6: Rispettivamente, identificativo e valore del parametro utilizzato per la stima di velocità del vento alla quota di interesse frutto delle correlazioni delle misure valide e contemporanee del mini-sodar alle due altezza dal suolo di interesse (in ogni caso sono stati utilizzati solo i valori di velocità superiori a 4 m/s).

Colonna 7: Velocità media stimata all'altezza dal suolo di interesse con i quattro parametri di cui sopra e gli algoritmi di cui nel Capitolo 3.

Colonna 8: Errore percentuale tra la stima della velocità del vento all'altezza indicata e quella effettivamente misurata dalla stazione anemometrica (valore vero).

Come si evince dall'analisi dei risultati, l'errore è sempre molto contenuto anche se risente in linea di principio del tipo di orografia del sito (esso infatti è circa doppio nel primo caso) e della quota delle altezze di misura per il Caso 3 (alla diminuzione di questa si hanno solitamente regimi più turbolenti di vento e si arriva ai limiti del corretto funzionamento del mini-sodar).

Con questa metodologia è possibile effettuare un'ulteriore prova reale utilizzando i dati della stazione di "Ferriera" disponibili a due altezze diverse, a 40 e 30 m sul livello del suolo.

SITO di FERRIERA						
V Misurata 40 m	**V Misurata 30 m**	**Periodo di Rilevazione Mini-sodar**	**Parametro utilizzato**		**V stimata a 40 m**	**Errore**
(m/s)	(m/s)	(mesi) / % dati			(m/s)	%
5.330	5.154	2.92 / 55%	R	0.952	**5.410**	1.49%
			C	0.954	**5.398**	1.28%
			Alfa (10 min)	0.182	**5.427**	1.82%
			Alfa (medie)	0.172	**5.411**	1.52%

In questo caso l'errore risulta essere leggermente più alto degli altri analizzati e ciò è frutto dei limiti delle misure a basse altezze dal suolo (30m) e dell'orografia circostante il sito non particolarmente semplice che certamente introduce variazioni di ventosità nella vena fluida piuttosto significative, in particolare nei suoi strati inferiori. Nel complesso comunque la verifica è da ritenersi molto positiva, soprattutto considerando il valore della media delle stime, e che comunque l'errore commesso sarà proporzionalmente minore per le valutazioni ad altezze più consistenti come quelle di interesse (90m).

La rappresentazione della correlazione di questa prova è resa disponibile in **Figura 2 – Allegato Correlazioni**.

Colonna 1: Velocità media del vento misurata con anemometro a coppe calibrato e certificato sulla sommità della torre anemometrica di "Ferriera" a 40m dal suolo;

Colonna 2: Velocità media del vento misurata con anemometro a coppe calibrato e certificato ad un'altezza di 30m dal suolo della torre anemometrica di "Ferriera" a 30m dal suolo;

Colonna 3: Periodo di rilevazione disponibile per il mini-sodar e percentuale dati disponibili;

Colonna 5 e 6: Rispettivamente, identificativo e valore del parametro utilizzato per la stima di velocità del vento alla quota di interesse frutto delle correlazioni delle misure valide e contemporanee del mini-sodar alle due altezza dal suolo di 40m e 30m sls (solo con valori di velocità superiori a 4 m/s);

Colonna 7: Velocità media stimata all'altezza dal suolo di 40m con i quattro parametri di cui sopra e gli algoritmi di cui nel Capitolo 3.

Colonna 8: Errore percentuale tra la stima della velocità del vento all'altezza indicata e quella effettivamente misurata dalla stazione anemometrica (valore vero).

7. ELABORAZIONE DEI DATI E RISULTATI DELLA PROVA IN CAMPO

7.1 Stima della ventosità a 90 m dal suolo

Con i dati elementari della velocità e direzione del vento validati a 90m e 40m sls, relativi ad intervalli di tempo di 10 minuti, vengono effettuate le elaborazioni statistiche utili alle considerazioni di seguito descritte.

I risultati di queste elaborazioni consentono di analizzare le caratteristiche proprie del vento mentre sono di scarso interesse per la valutazione della ventosità propria del sito in quanto riferibili ad un breve periodo (5.33 m/s), ma comunque in linea con la ventosità misurata nei oltre 50 mesi della stazione anemometrica (5.34 m/s).

Per le stime di seguito riportate si evidenzia che la ventosità a 40m utilizzata è quella misurata nei 50 mesi di rilevazione e non la velocità di lungo periodo.

L'elaborazione di maggior interesse è di fatto la stima della ventosità all'altezza di mozzo di 90m, altezza indicata dal Committente come possibile misura dei mozzi degli aerogeneratori in progetto. In pratica, con la metodologia descritta in precedenza, al Capitolo 6, è stato stimato il valore della velocità media attesa all'altezza di 90m sul livello del suolo.

I risultati sono di seguito riportati, mentre la correlazione dei dati raccolti dal mini-sodar a 90m e 40m, per venti superiori a 4 m/s, è resa disponibile nella **Figura 3**, facente parte dell'**Allegato Correlazioni**.

CORRELAZIONE TRA LE VELOCITÀ MEDIE NEI 10 MINUTI (VENTI > 4 m/s) – STIMA a 90m					
V Misurata 40 m (nel periodo complessivo)	**Periodo di Rilevazione Stazione**	**Periodo di Rilevazione Mini-sodar**	**Parametro utilizzato**		**V stimata a 90 m**
(m/s)	(mesi)	(mesi)			(m/s)
5.338	53.20	2.92	R	1.184	6.31
			C	1.172	6.25
			Alfa (10 min)	0.208	6.31
			Alfa (medie)	0.208	6.31
				MEDIA	**6.29**

Le stime calcolate della ventosità all'altezza del mozzo di 90m, con i quattro diversi metodi, sono coerenti tra di loro, e come visto nella procedura indicata nel Capitolo 6, si suggerisce di utilizzare quella ottenuta come media dei vari risultati (6.29 m/s); per confermare anche la bontà della procedura e quindi della stima, si evidenzia anche il coefficiente di correlazione (Ro), il quale risulta molto buono (0.935).

Ing. Andrea Pollizzi

Milano, Agosto 2015

ALLEGATO BROCHURE


Wind can go anywhere.
So can the AQ500.
Finding the right wind is hardly a static task. By pure definition it's a moving element that knows no boundaries. So why use traditional met masts when you can get all your bankable data more efficiently with the speed of sound?
AQSystem
Remote sensing technique

AQ500 windfinder

No matter where the wind goes, our mobile and self-sufficient Sodar system AQ500 Windfinder can go there too. It measures wind conditions up to a height of 200 metres with the help of sound waves.

Sodar technology operates in a similar fashion to sonic radar, detecting even the slightest wind well above the highest blade of any hub. So you can be sure to get all the bankable data needed without any uncertainty.

One switch start-up

The AQ500 is a simple solution that you can set-up with no previous experience after having attended the AQSystem technical training. All you have to do is position it and activate the power switch. The system is already pre-calibrated at our factory.

Instant wind data

Time is a key factor in every wind project. The AQ500 has proven to be the most efficient method for measuring wind conditions, eliminating the need for permits, subcontractors or construction.

Instead you can just make sure that the rest of the project run just as smoothly as the site assessment.

With the AQ500 you can start your site assessment at least 6 months earlier than when using the more traditional met mast. This will not only get your turbines spinning faster but will also turn your investment into to a more profitable venture.

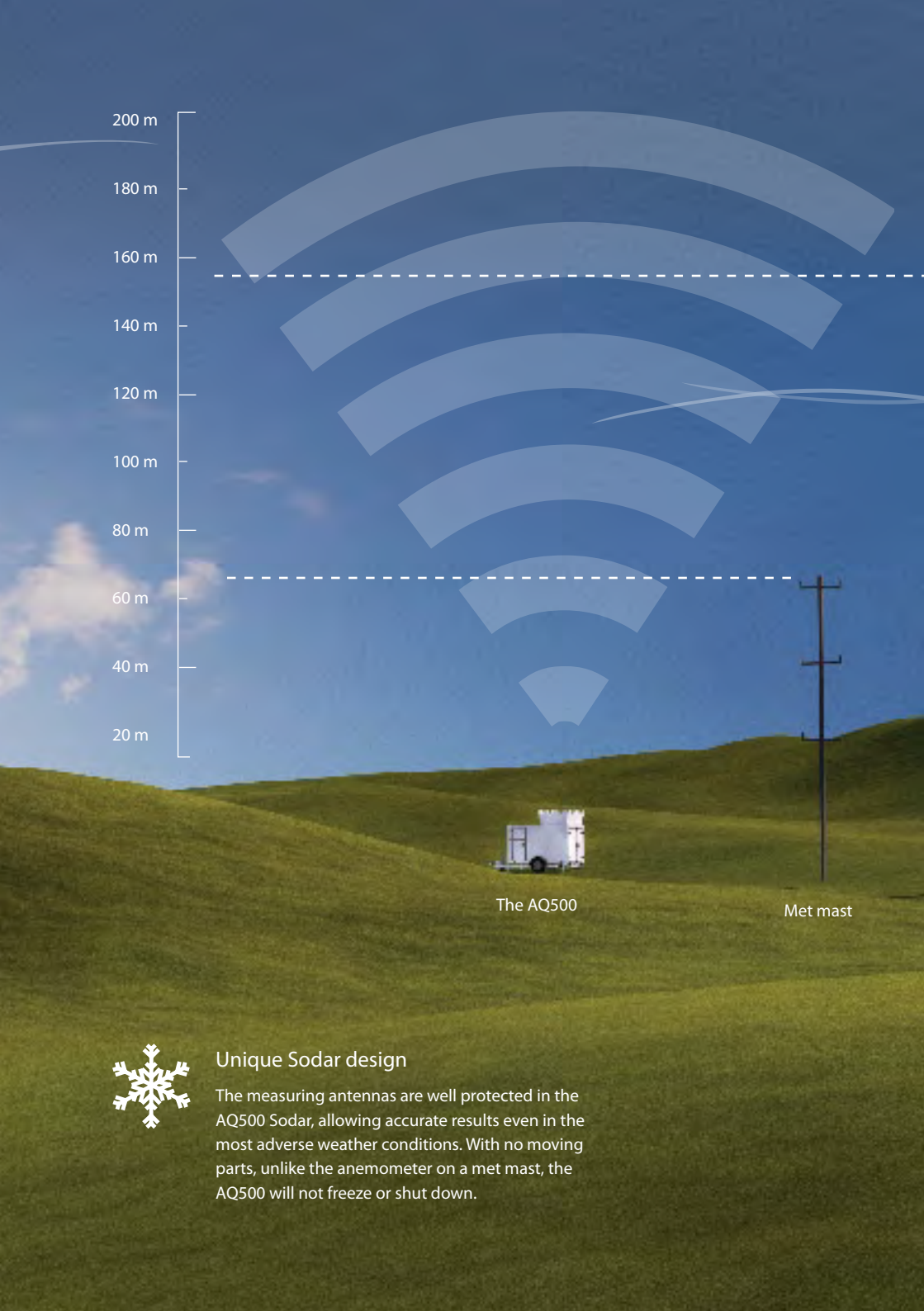
Easy deployment

The AQ500 is lightweight and small enough to be transported by car. When an installation is challenged by some more diverse terrain, the four lifting hooks on top of the trailer will allow a helicopter to transport the AQ500 to even the most remote of locations.

Completely self-sufficient

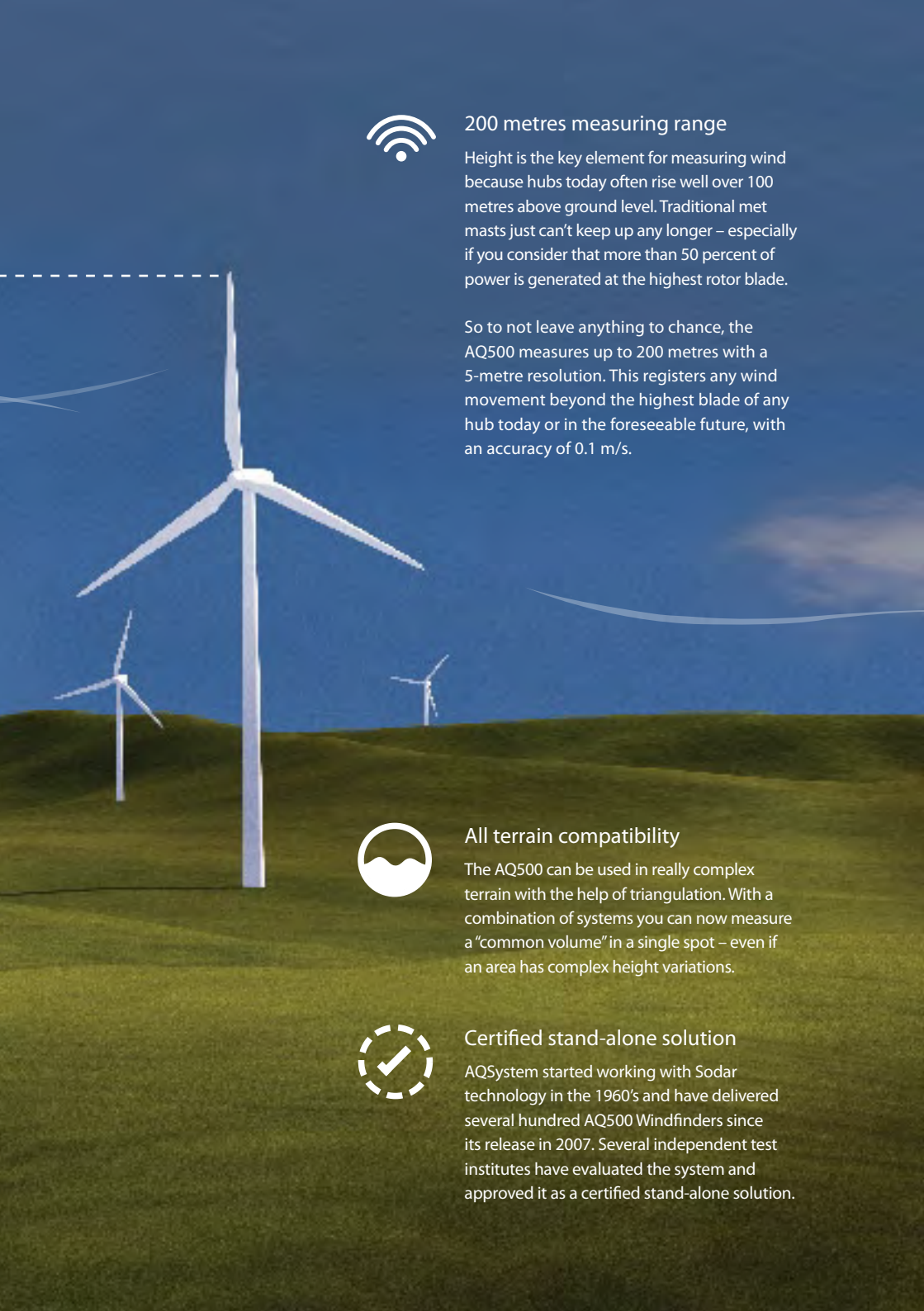
As the AQ500 must be able to work anywhere, its energy requirements are low. The system only needs a solar panel to recharge the powerful battery bank. During the winter months when there is little sunshine the small power generator acts as a back-up.





Unique Sodar design

The measuring antennas are well protected in the AQ500 Sodar, allowing accurate results even in the most adverse weather conditions. With no moving parts, unlike the anemometer on a met mast, the AQ500 will not freeze or shut down.



200 metres measuring range

Height is the key element for measuring wind because hubs today often rise well over 100 metres above ground level. Traditional met masts just can't keep up any longer – especially if you consider that more than 50 percent of power is generated at the highest rotor blade.

So to not leave anything to chance, the AQ500 measures up to 200 metres with a 5-metre resolution. This registers any wind movement beyond the highest blade of any hub today or in the foreseeable future, with an accuracy of 0.1 m/s.

All terrain compatibility

The AQ500 can be used in really complex terrain with the help of triangulation. With a combination of systems you can now measure a "common volume" in a single spot – even if an area has complex height variations.

Certified stand-alone solution

AQSystem started working with Sodar technology in the 1960's and have delivered several hundred AQ500 Windfinders since its release in 2007. Several independent test institutes have evaluated the system and approved it as a certified stand-alone solution.

Technical specifications

Environment

Temperature range	-40 °C to + 60 °C
Humidity range	10 to 100 % RH

AQ500 Windfinder trailer

Height	2,2 meter
Width	1,4 meter
Length	3,0 meter
Weight	1180 kg
Fuel tank	200 litre

Data

Data transfer	GSM / GPRS
Data format	ASCII

AQ500 antenna

Height	1,2 meter
Width Ø	1,0 meter
Weight	70 kg

Electrical

Power supply	Solar / Generator / 230 VAC / 120 VAC
Power consumption	30 – 50 W
Pulse power (max)	300 W
Acoustic power (max)	17 W

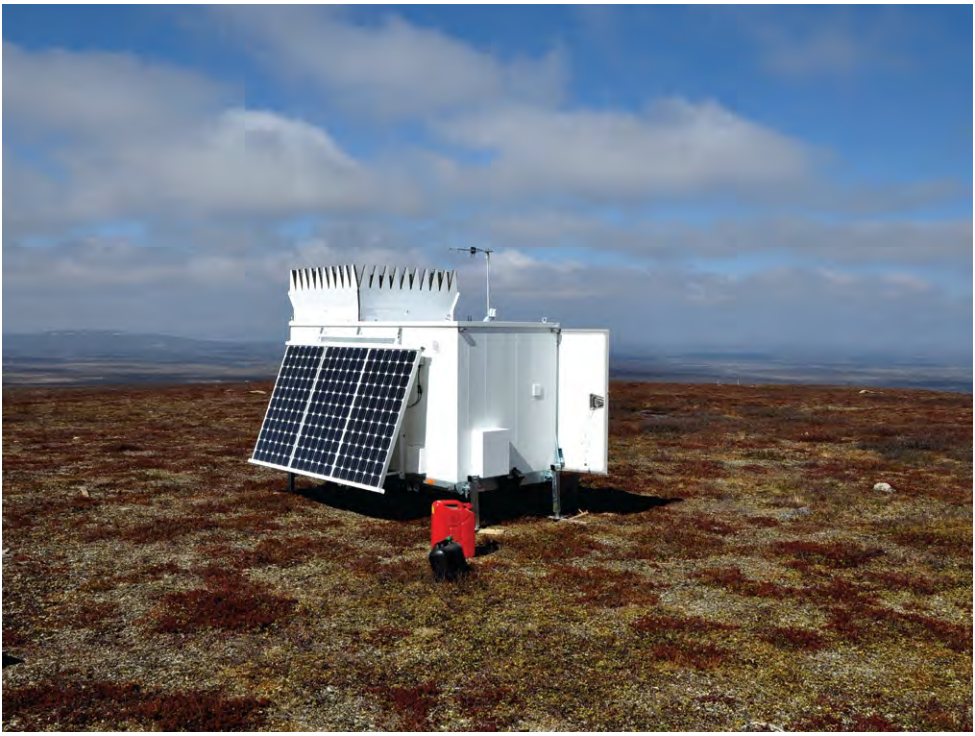


Support & Service

As the AQ500 Windfinder can go anywhere we must be able to do the same. At AQSystem we therefore have a well-established support and service organisation.

We can for example offer you the following:

- 1-year factory warranty on all AQ500 parts.
- Individual service contract according to your need.
- Hot line support for hardware or software issues.
- On-site service, diagnostics and repair.
- Spare parts for a period of seven years.



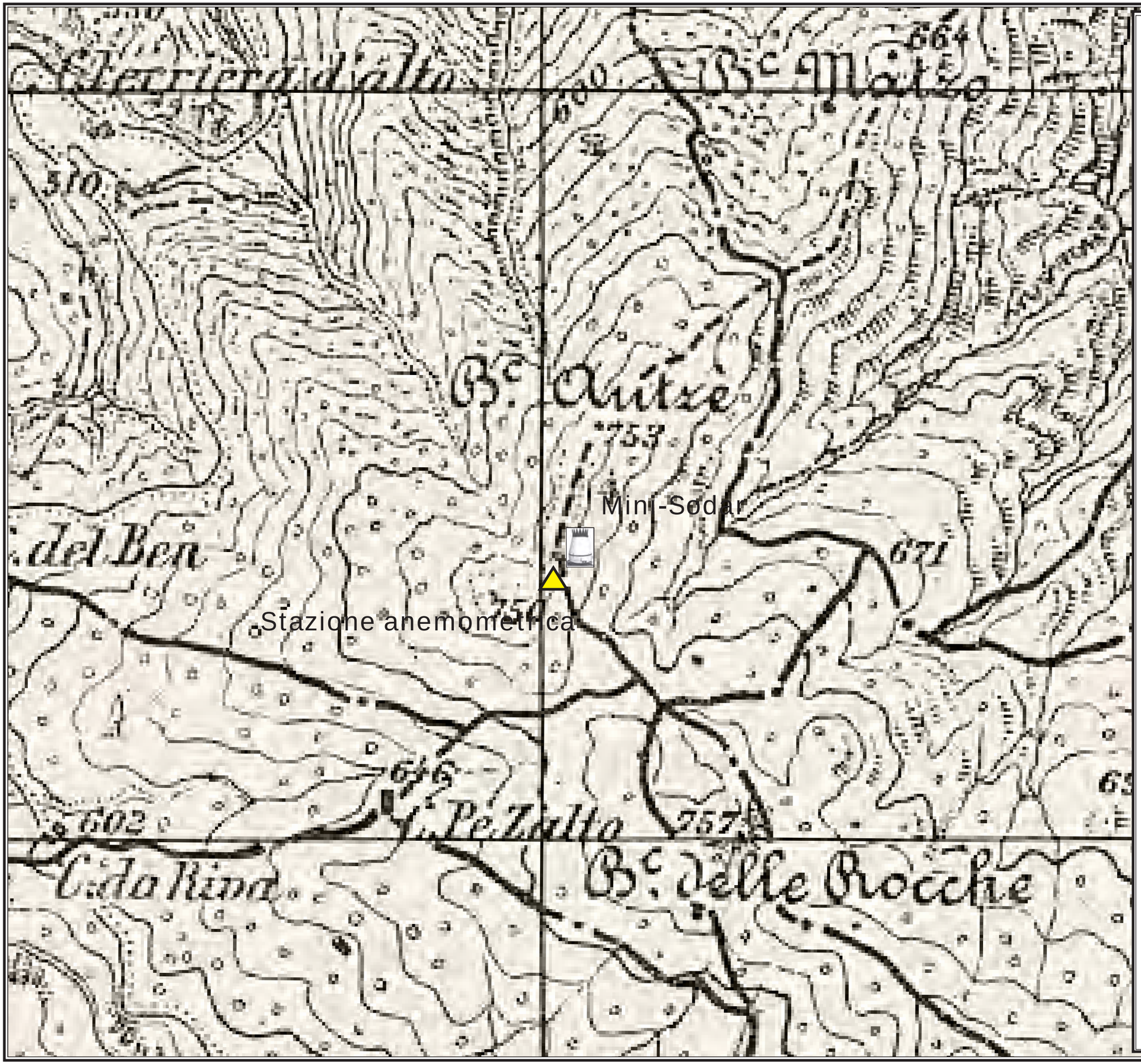
The AQ500

AQSystem have been working with sonic radar since the 1960's and the AQ500 Windfinder is the most popular Sodar solution of its size in the market today. Since its release in 2007 several hundred units are being used everyday all around the world.

These are some examples of our clients, please find out more about them and how they use the AQ500 by visiting www.aqs.se/case-studies

AQSystem Stockholm AB | +46 (0) 8 776 40 86 | info@aqs.se | www.aqsystem.se

ALLEGATO TAVOLA



SITO EOLICO DI FERRIERA

Comune di Pontivrea (SV)

Ubicazione della stazione anemometrica e del mini-sodar

Scala 1:5.000

N

LEGENDA

Stazione Anemometrica

Mini-sodar

TecnoGaia S.r.l.

ALLEGATO MINI-SODAR

Scheda di Installazione Minisodar
MOD Q.16 ISTSOD

Sito: FERRIERA | **Cliente: EOLO S.r.l.**

Sezione A) – Dati identificativi della stazione Sodar

Nome e cod. stazione: ___**SFerriera S0721** _____ Comune di: _ **Pontinvrea** _____ Prov.: _ **SV** ____

Regione: ____ **Liguria** _____ Tavoletta IGMI Serie 25V: _**MIOGLIA**_____ Foglio n°: __**81 II NE**__

Sezione B) – Dati identificativi dell'installazione

Matricola SODAR: _ **AQ5600304** _____ Distanza dalla stazione anemometrica m: _ **50** _____ Direzione: __**NNE** _____

Verifica Bolla Interna SODAR OK ■ Verifica acquisizione Da PC : □ OK Da REMOTO : ■ OK

TIPO ALIMENTAZIONE STAZIONE SODAR		
	LINEA ELETTRICA 220V □	**STAND-ALONE** **Impianto FV** □ N.Batt. _____ da _____ Ah N. ____ Moduli da _____Wp
		EFOY ■ EFOY TGSA11-0002 Wh s/n 1134-24310 N. Moduli _ **2** __ Da __ **80** ____Wp
		N.Batt. __ **1** __ da _ **100** __ Ah N. _ **1** __ Taniche da _ **28** ____ Lt.

Sezione C) – Dati identificativi delle apparecchiature

APPARECCHIATURE	H suolo (m)	Tipo	modello	n° matricola	n° inventario	Caratteristiche
ACQUISITORE	**1.5**	**SecondWind**	**Nomad 2**	**7161**	**TG14-2258**	BATTERIA INT. Ah ___ **38** _____
MODEM INTERNO	**1.5**	**Maestro**	**100 Lite**			N° TELEFONO _ **XXX XXXXXXX** ___
						GESTORE ___ **VODAFONE** _____
PANNELLO FV	**2**	**HELIOS**			**ORIENTAMENTO _ SUD _**	VOLT __ **12** ___ Wp __ **20** ____
REGOLATORE DI TENSIONE	**1**	**STECA**	**SolSun**			Ah __ **10.10** __ DISPLAY _ **NO** ___
SENSORI DIGITALI ED ANALOGICI	H suolo (m)	Tipo	modello	n° matricola	n° inventario	Orientamento Mensole
C1	****					
A1	**1.5**	**NRG**	**BP20**	**18054347**	**TG09-1517**	**OVEST**
A2	**1.5**	**Galtec+Mela**	**Termoigrometro**	**48399**	**TG05-493**	**SUD**
A3	**1.5**					**SUD**
A4	**1.5**	**Delta OHM**	**HD2013.2**	**120001851**	**TG12-2171**	**SUD**
A5						
A6						
A7	**0.3**	**MEAS**	**Inclinometro**		**TG11-2024**	
A8	**0.3**	**MEAS**				
CONTENITORE APPAREC.					**SISTEMA DI CHIUSURA**	**Lucchetto**

Verifica in uscita effettuata da:_**Bonsi Enzo**_____

Sezione D) – Dati relativi alla localizzazione della stazione ed al sito

Coord. chilometriche UTM: Sistema __ **ED50** ___ LONG. ___ **455 039** _____ LAT. __ **4 919 407** _____ Fuso __ **32** __

Alt.s.l.m.: __ **737** _____ Differenza alttitudine con stazione di riferimento ____ **0** ____ m

Caratteristiche orografiche**:** □ **PIANURA** □ **FONDOVALLE** □ **ALTOPIANO** ■ **CRINALE** □ **MEZZACOSTA** □ **SOMMITA'** □ **VALICO**

Dimensioni dell'area interessata: _____ **1** _____ (kmq) Utilizzo del terreno: ___ **Pascolo** _____

Presenza linee elettriche: □ BT □ MT rurale □ MT dorsale □ AT Distanza: _____

Accessibilità: ■ SCARSA □ BUONA □ OTTIMA Note: _____

Sezione E) – Procedura di gestione della stazione SODAR

Sarà effettuata da: __ TECNOGAIA_____ per conto di: _ EOLO_____

Stazione SODAR installata da: _ Bonsi M. _____ **Data: __ 08-04-15** _____

RIPRESE FOTOGRAFICHE DAL PUNTO DI MISURA
EFFETTUATE DURANTE LA FASE DI INSTALLAZIONE DEL MINI-SODAR



Dal punto di misura verso Nord



Dal punto di misura verso Est

RIPRESE FOTOGRAFICHE DAL PUNTO DI MISURA
EFFETTUATE DURANTE LA FASE DI INSTALLAZIONE DEL MINI-SODAR



Dal punto di misura verso Sud



Dal punto di misura verso Ovest

RIPRESE FOTOGRAFICHE DEL MINI-SODAR
EFFETTUATE DURANTE LA FASE DI INSTALLAZIONE



Da Nord verso il punto di misura



Da Est verso il punto di misura

RIPRESE FOTOGRAFICHE DEL MINI-SODAR
EFFETTUATE DURANTE LA FASE DI INSTALLAZIONE



Da Sud verso il punto di misura



Da Ovest verso il punto di misura

ALLEGATO ELABORAZIONI

CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE NEI 10 MINUTI RILEVATE A:

Variabile X: FERRIERA **a 40 metri dal suolo**
Variabile Y: SODAR FERRIERA **a 40 metri dal suolo**

Coefficiente di correlazione = 0.980 **(Regressione lineare con 6972 punti)**

(Y = A * X + B) : A = 1.003 ; B = -0.205 **(Y = C * X) : C = 0.975**

V media(X) = 5.330 ; V media(Y) = 5.141 **(Ym = R * Xm) : R = 0.964**

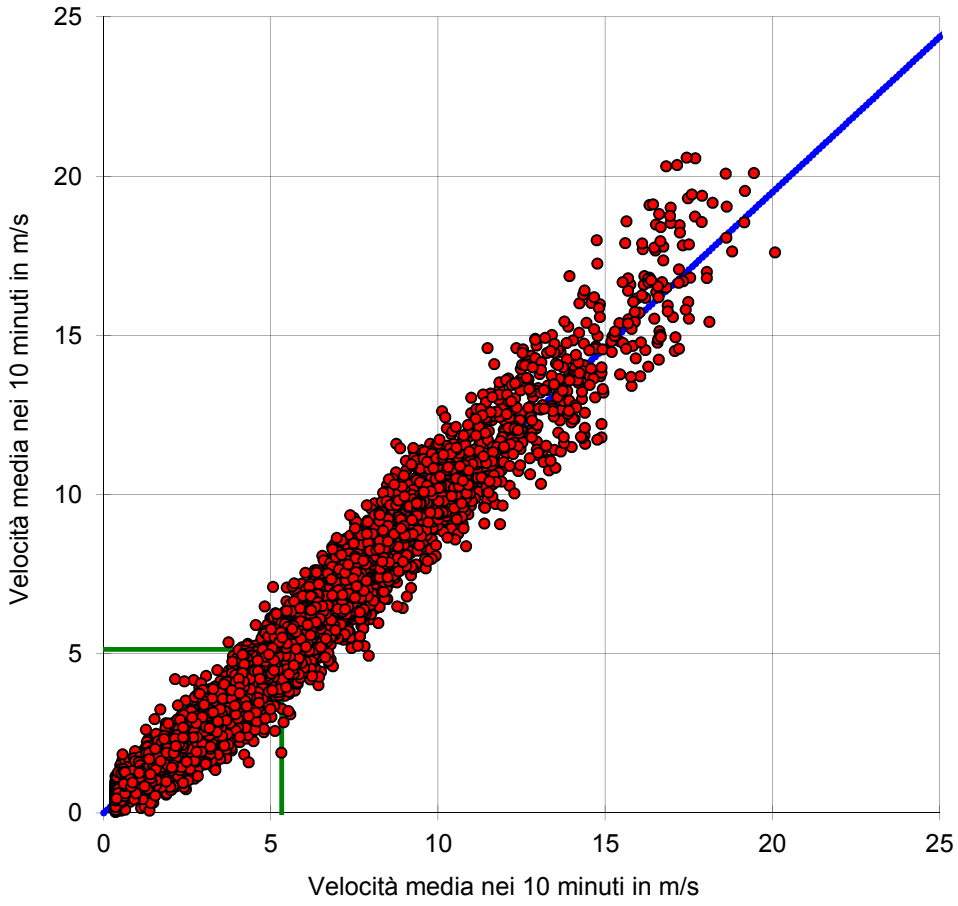


Figura 1

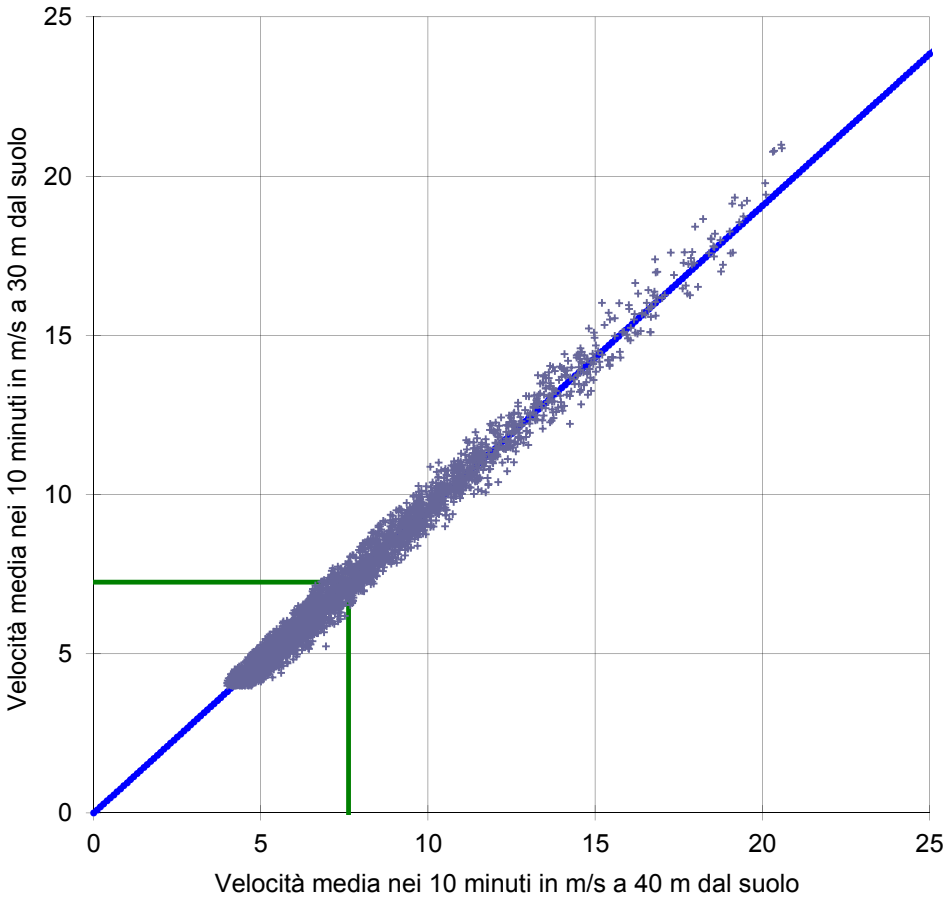
CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE NEI 10 MINUTI RILEVATE A:

Variabile X: SODAR FERRIERA a 40 m dal suolo
Variabile Y: SODAR FERRIERA a 30 m dal suolo

Coefficiente di correlazione = 0.993 **(Regressione lineare con 3557 punti)**

(Y = A * X + B) : A = 0.968 ; B = -0.127 **(Y = C * X) : C = 0.954**

V media(X) = 7.620 ; V media(Y) = 7.252 **(Ym = R * Xm) : R = 0.952**



Valore medio dei valori di "alfa" calcolati 10 min x 10 min =	**0.182**
Valore di "alfa" calcolato dal rapporto tra le velocità medie =	**0.172**

Figura 2

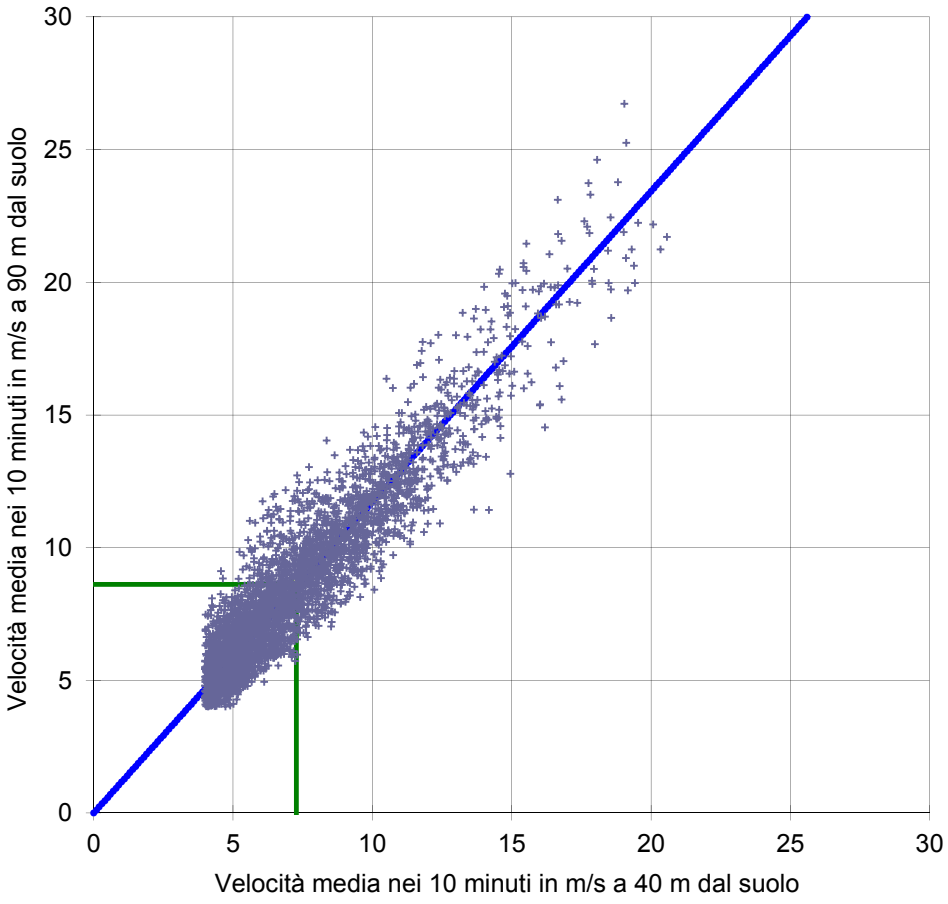
CORRELAZIONE TRA LE VELOCITA' MEDIE NEI 10 MINUTI RILEVATE A:

Variabile X: SODAR FERRIERA a 40 m dal suolo
Variabile Y: SODAR FERRIERA a 90 m dal suolo

Coefficiente di correlazione = 0.935 **(Regressione lineare con 3722 punti)**

(Y = A * X + B) : A = 1.094 ; B = 0.655 **(Y = C * X) : C = 1.172**

V media(X) = 7.275 ; V media(Y) = 8.611 **(Ym = R * Xm) : R = 1.184**



Valore medio dei valori di "alfa" calcolati 10 min x 10 min =	**0.208**
Valore di "alfa" calcolato dal rapporto tra le velocità medie =	**0.208**

Figura 3

ALLEGATO TABELLE e GRAFICI

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8760.0	100.00	0.5	8544.8	97.54
1.0	8245.7	94.13	1.5	7905.3	90.24
2.0	7453.5	85.09	2.5	6900.4	78.77
3.0	6230.9	71.13	3.5	5513.8	62.94
4.0	4789.2	54.67	4.5	4189.8	47.83
5.0	3686.7	42.09	5.5	3214.9	36.70
6.0	2796.9	31.93	6.5	2401.5	27.41
7.0	2083.6	23.79	7.5	1822.1	20.80
8.0	1571.8	17.94	8.5	1341.5	15.31
9.0	1148.8	13.11	9.5	978.6	11.17
10.0	812.2	9.27	10.5	687.0	7.84
11.0	575.7	6.57	11.5	466.8	5.33
12.0	394.2	4.50	12.5	335.4	3.83
13.0	284.1	3.24	13.5	240.3	2.74
14.0	194.0	2.21	14.5	165.2	1.89
15.0	123.9	1.41	15.5	106.4	1.21
16.0	91.4	1.04	16.5	73.8	0.84
17.0	52.6	0.60	17.5	48.8	0.56
18.0	33.8	0.39	18.5	27.5	0.31
19.0	18.8	0.21	19.5	8.8	0.10
20.0	7.5	0.09	20.5	2.5	0.03
21.0	0.0	0.00	21.5	0.0	0.00
22.0	0.0	0.00	22.5	0.0	0.00
23.0	0.0	0.00	23.5	0.0	0.00
24.0	0.0	0.00	24.5	0.0	0.00
25.0	0.0	0.00	25.5	0.0	0.00
26.0	0.0	0.00	26.5	0.0	0.00
27.0	0.0	0.00	27.5	0.0	0.00
28.0	0.0	0.00	28.5	0.0	0.00
29.0	0.0	0.00	29.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	Vc = 5.80	k = 1.57

Parametri della velocità del vento calcolati con la distribuzione di Weibull:		
Vmed = 5.21 m/s	sqmV = 3.40 m/s	Vcub = 7.12 m/s
Potenza specifica della vena fluida		Pv = 221 W/m2

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 1 : CURVE DI DURATA E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

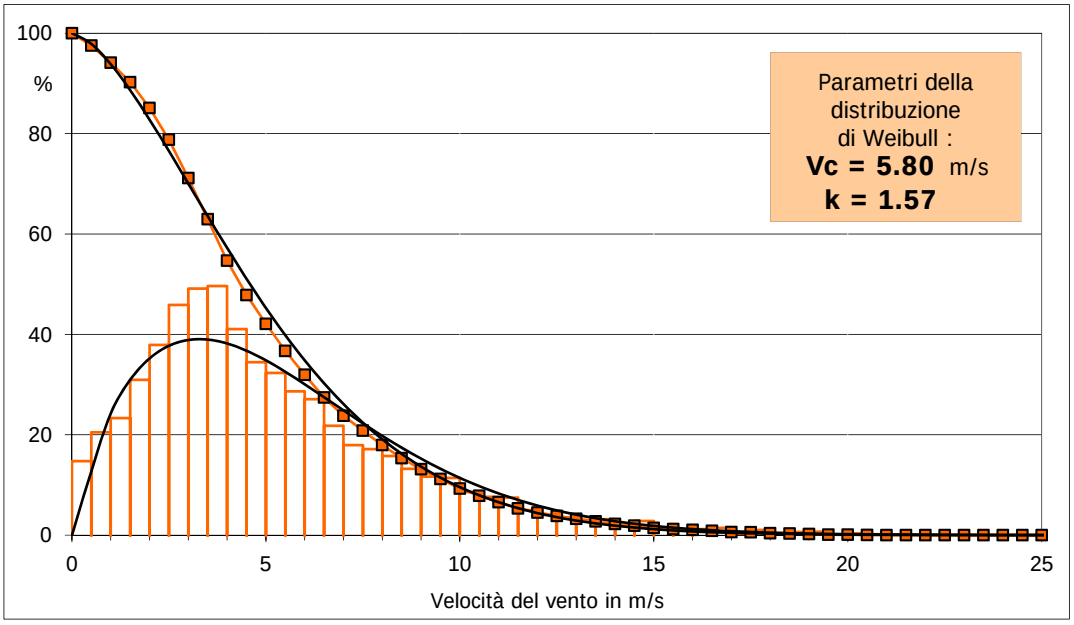
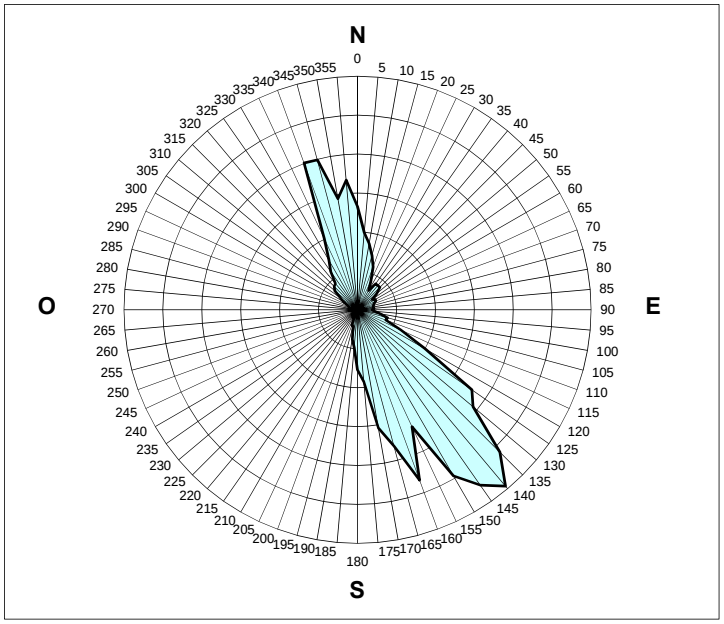


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella B : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

	Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)
2°	N	15.3	1070	4.14	1.91	4.97	11.5	75
6°	NNE	5.3	371	3.51	1.75	4.28	8.5	48
7°	ENE	3.3	232	3.10	1.67	3.93	8.4	37
8°	E	2.8	197	2.65	2.29	4.53	15.4	57
3°	ESE	13.8	967	8.08	4.70	10.34	20.6	677
1°	SSE	29.4	2058	6.74	3.09	8.00	20.3	314
5°	S	10.2	716	4.57	1.96	5.30	10.8	91
10°	SSO	1.6	111	2.24	1.00	2.62	4.2	11
12°	OSO	0.5	35	1.86	0.94	2.26	3.9	7
11°	O	0.6	40	2.25	1.64	3.24	6.8	21
9°	ONO	2.7	190	3.01	1.60	3.78	7.9	33
4°	NNO	12.0	841	3.58	1.61	4.25	10.2	47
	NoDir	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Calme	2.5	172	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		**7000**	**5.14**	**3.38**	**7.10**	**20.6**	**219**

Tabella C : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Dic	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gen	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Feb	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mar	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Apr	0.14	5.12	3.29	6.88	16.0	200	144
Mag	0.54	6.72	3.90	8.74	20.6	409	304
Giu	0.74	4.40	2.69	5.81	14.9	120	87
Lug	0.17	3.24	1.98	4.27	11.3	48	35
Ago	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Set	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ott	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nov	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Inverno (Dic - Feb)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Primavera (Mar - Mag)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Estate (Giu - Ago)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Autunno (Set - Nov)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Anno	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 3 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' PER SETTORE DI DIREZIONE

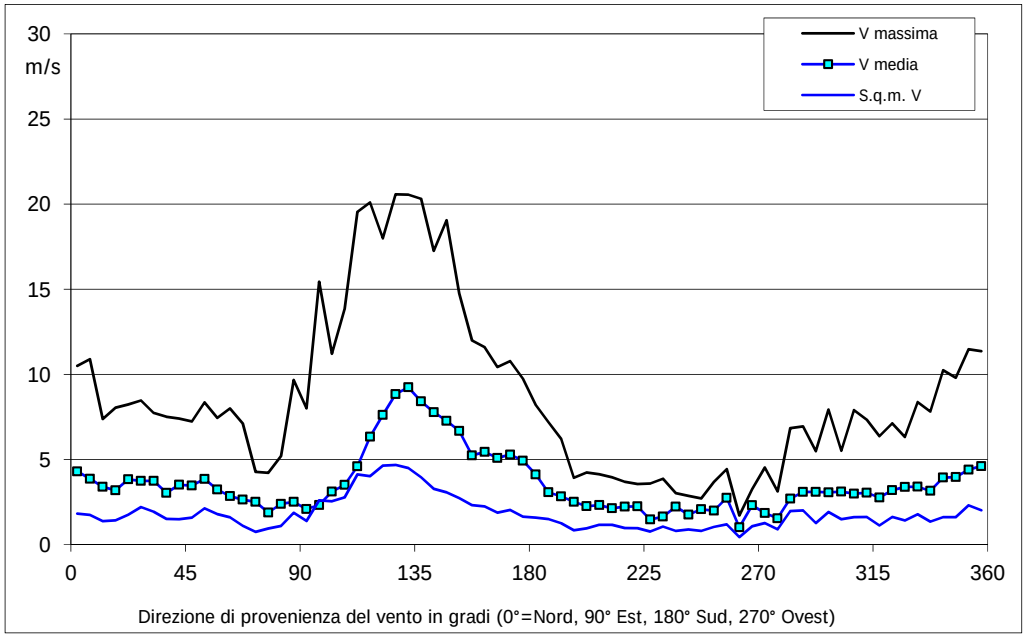
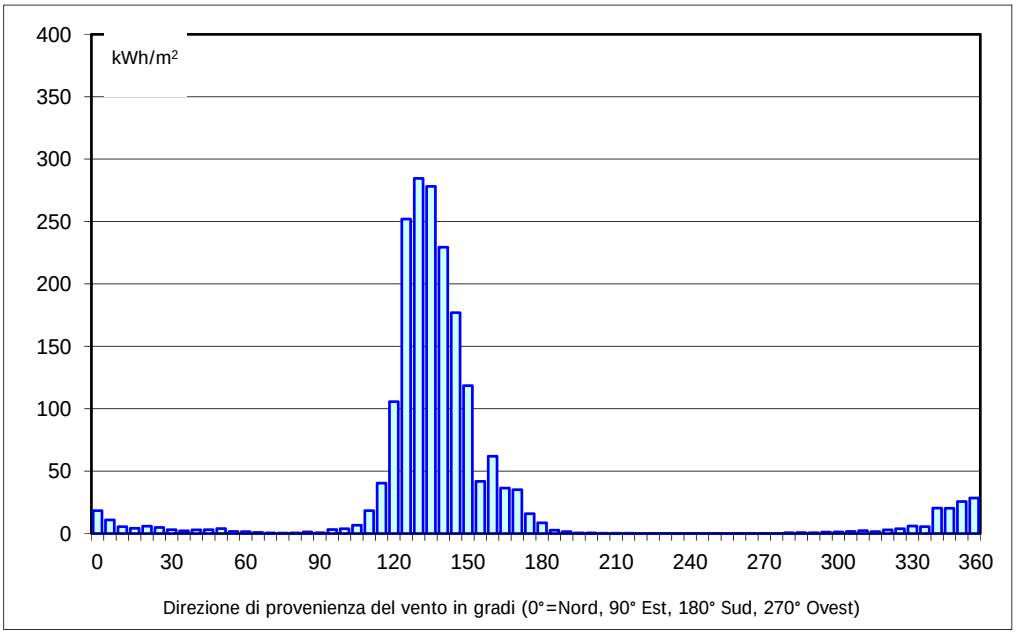


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m^2 PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 5 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NEI 12 MESI DELL'ANNO

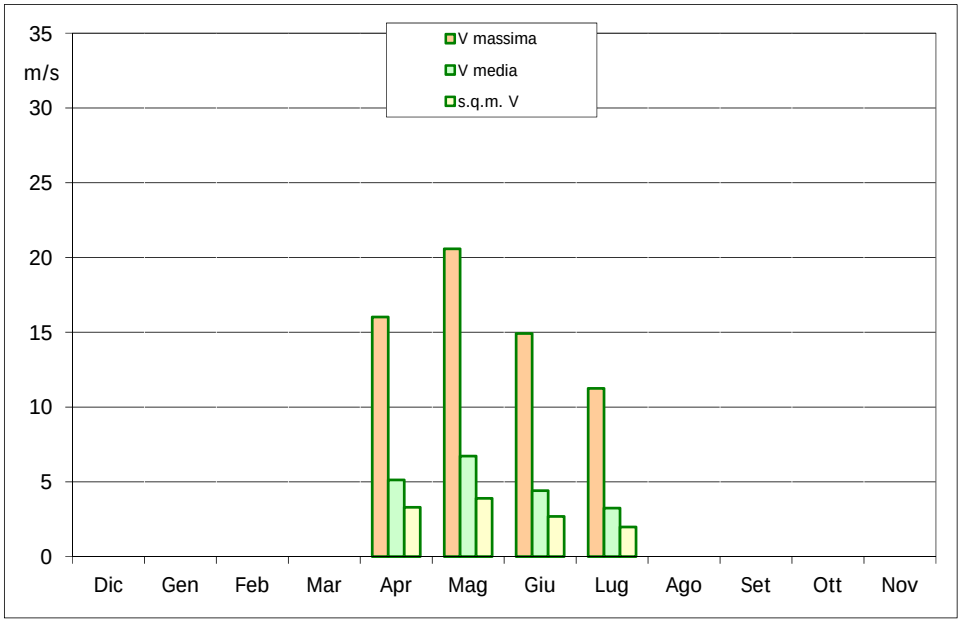
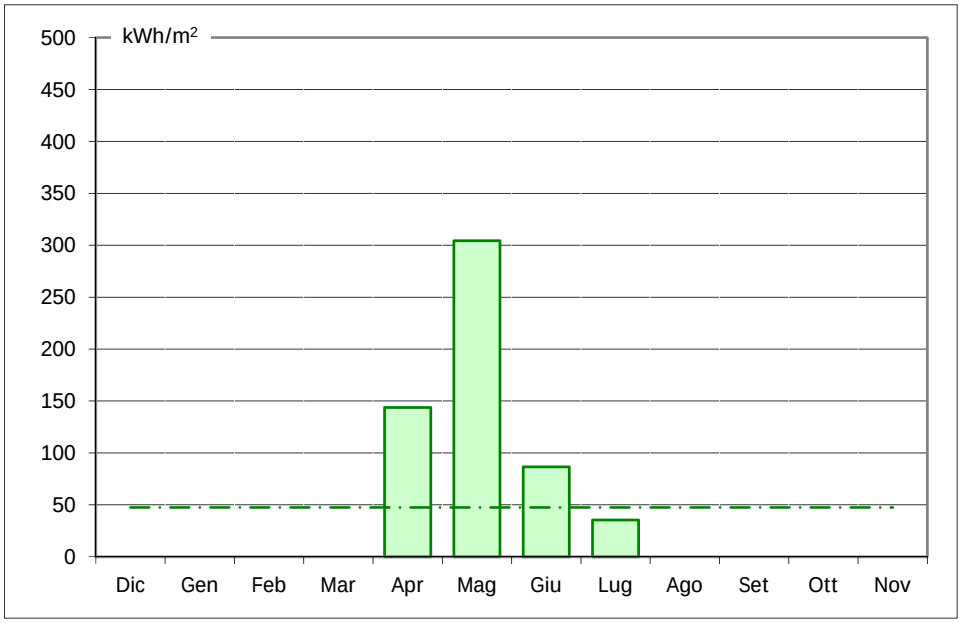


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Grafico 7 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NELLE 24 ORE DEL GIORNO

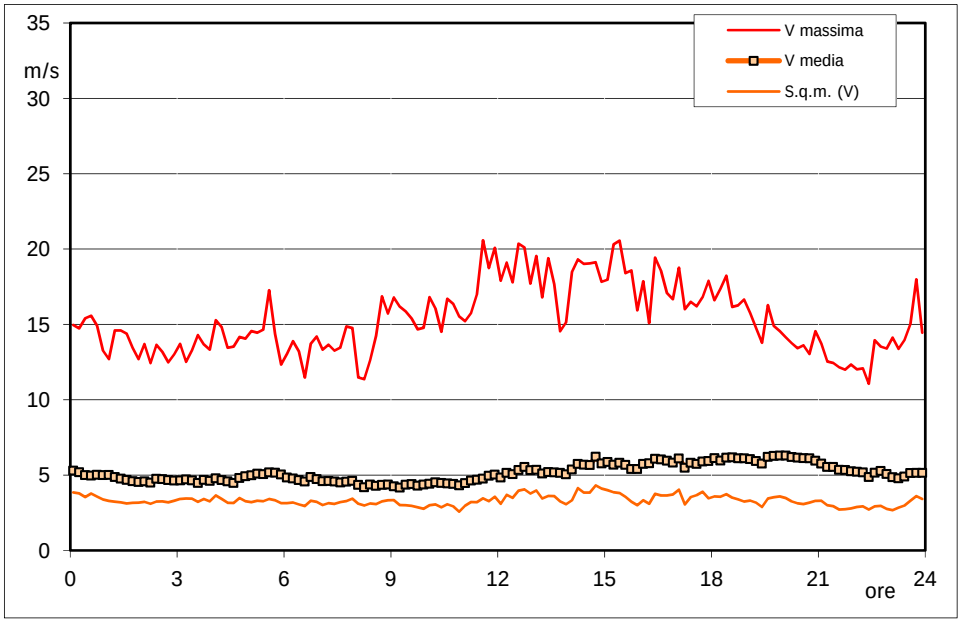
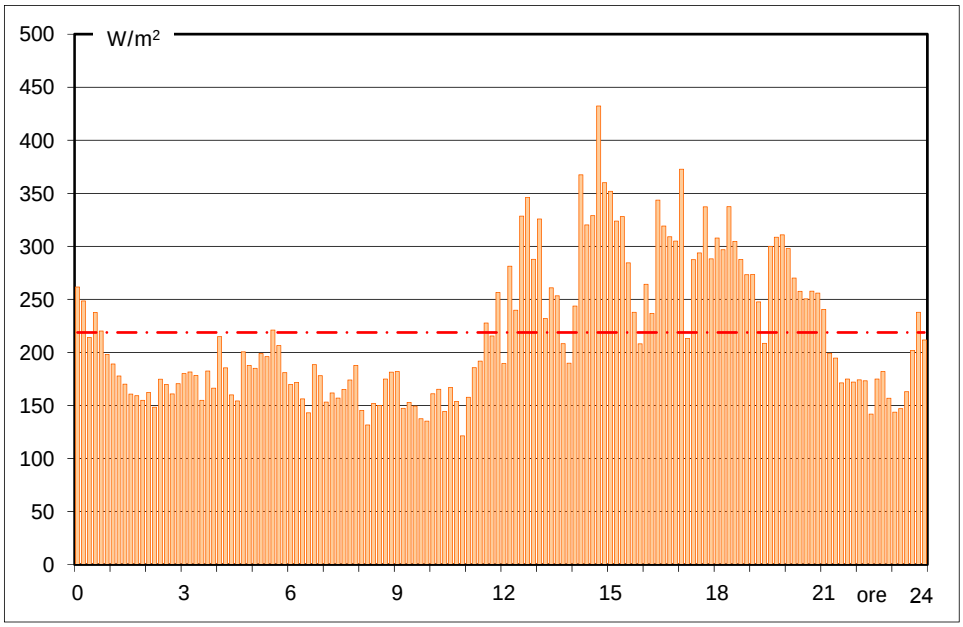


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m^2 NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 80.4 % (7000 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 40 m dal suolo

Tabella D : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DI TURBOLENZA VELOCITA' DEL VENTO

Turbolenza : T = 100 * sigV(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	18.5	820	17.4	6.0	8.9	28.3
Nord-NordEst	5.6	247	17.8	5.9	9.2	28.0
Est-NordEst	2.6	117	18.8	6.1	10.1	28.8
Est	1.4	63	20.1	5.9	10.5	31.9
Est-SudEst	9.5	421	22.7	5.5	13.4	31.6
Sud-SudEst	31.4	1389	22.2	5.2	13.5	30.8
Sud	13.0	575	18.2	5.8	10.0	28.9
Sud-SudOvest	1.4	64	13.9	5.0	7.4	23.9
Ovest-SudOvest	0.4	19	12.9	2.9	9.0	18.5
Ovest	0.2	8	12.3	4.5	6.2	19.6
Ovest-NordOvest	2.8	123	13.4	5.1	7.6	23.8
Nord-NordOvest	13.2	583	17.5	6.1	9.1	28.3
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	**63.3**	**4429**	**19.4**	**6.2**	**9.7**	**29.8**

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	36.0	1595	18.6	6.2	9.4	29.1
4 < V < 8	49.1	2174	19.9	6.6	9.6	30.9
8 < V < 12	13.9	616	20.2	3.9	14.0	26.7
12 < V < 16	1.0	43	16.5	2.2	12.1	19.8
16 < V < 20	0.0	1	14.0	0.0	0.0	0.0
V > 20	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totale* =	**40.5**	**2834**	**19.9**	**6.1**	**10.1**	**30.3**

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO

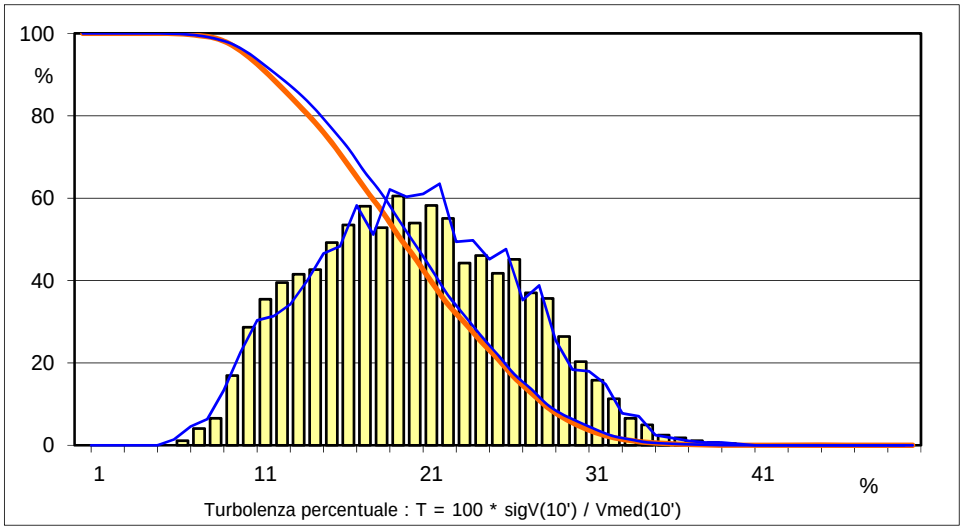


Tabella D e Grafico 9

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Tabella A : CURVA DI DURATA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

m/s	ore/anno	%	m/s	ore/anno	%
0.0	8760.0	100.00	0.5	8687.1	99.17
1.0	8479.9	96.80	1.5	8268.9	94.39
2.0	7964.6	90.92	2.5	7548.9	86.18
3.0	7004.2	79.96	3.5	6437.6	73.49
4.0	5818.7	66.42	4.5	5265.0	60.10
5.0	4704.8	53.71	5.5	4209.9	48.06
6.0	3744.4	42.74	6.5	3312.2	37.81
7.0	2932.4	33.47	7.5	2596.0	29.64
8.0	2266.1	25.87	8.5	1993.7	22.76
9.0	1755.8	20.04	9.5	1528.2	17.45
10.0	1312.1	14.98	10.5	1127.9	12.88
11.0	973.2	11.11	11.5	821.0	9.37
12.0	657.3	7.50	12.5	549.9	6.28
13.0	455.3	5.20	13.5	381.1	4.35
14.0	328.7	3.75	14.5	276.2	3.15
15.0	227.6	2.60	15.5	185.4	2.12
16.0	166.2	1.90	16.5	139.4	1.59
17.0	117.7	1.34	17.5	107.4	1.23
18.0	94.6	1.08	18.5	87.0	0.99
19.0	72.9	0.83	19.5	62.7	0.72
20.0	40.9	0.47	20.5	34.5	0.39
21.0	28.1	0.32	21.5	21.7	0.25
22.0	15.3	0.18	22.5	9.0	0.10
23.0	9.0	0.10	23.5	6.4	0.07
24.0	3.8	0.04	24.5	3.8	0.04
25.0	2.6	0.03	25.5	1.3	0.01
26.0	1.3	0.01	26.5	1.3	0.01
27.0	0.0	0.00	27.5	0.0	0.00
28.0	0.0	0.00	28.5	0.0	0.00
29.0	0.0	0.00	29.5	0.0	0.00

Parametri della distribuzione di Weibull :	Vc = 7.01	k = 1.75

Parametri della velocità del vento calcolati con la distribuzione di Weibull:		
Vmed = 6.24 m/s	sqmV = 3.68 m/s	Vcub = 8.13 m/s
Potenza specifica della vena fluida		Pv = 329 W/m2

Tabella A

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Grafico 1 : CURVE DI DURATA E DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLA VELOCITA' DEL VENTO

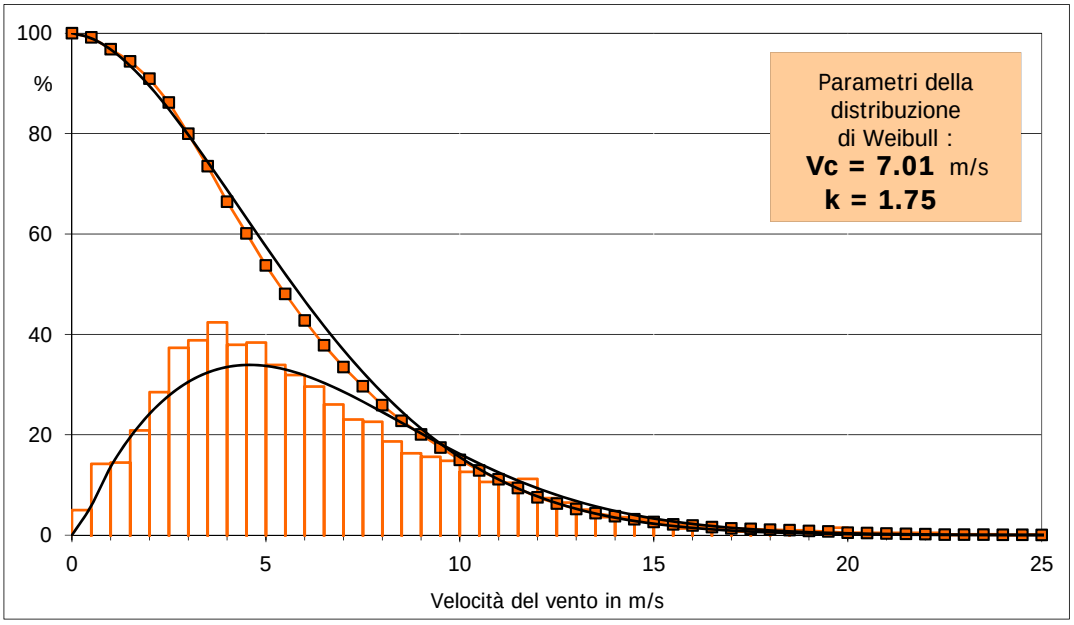
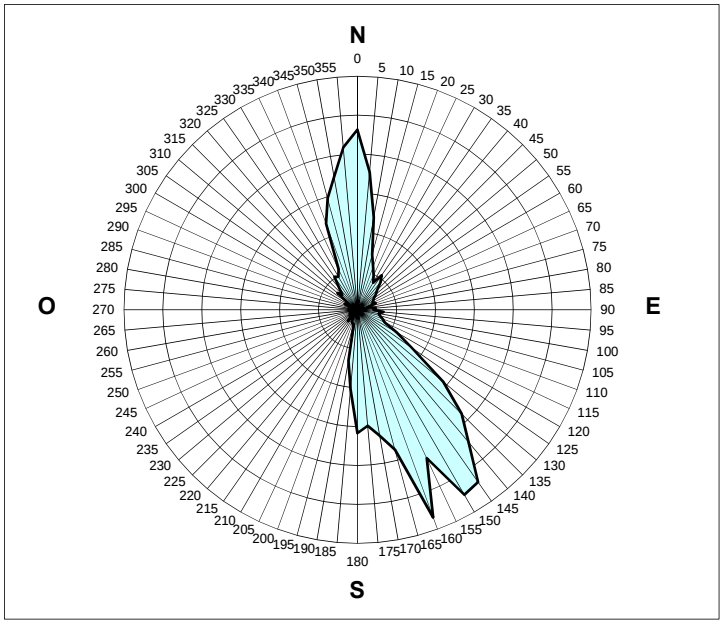


Grafico 2 : FREQUENZE DELLE DIREZIONI DEL VENTO (ROSA DEI VENTI)



Grafici 1 e 2

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Tabella B : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER SETTORI DI DIREZIONE

	Sett.	%	n	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)
2°	N	20.8	1423	5.15	2.22	6.04	12.5	135
6°	NNE	6.0	410	5.08	2.76	6.45	18.0	165
7°	ENE	3.0	207	3.40	2.01	4.47	10.4	55
8°	E	2.9	196	2.55	1.51	3.49	13.0	26
4°	ESE	8.8	602	7.92	5.43	10.95	26.7	803
1°	SSE	29.7	2034	8.43	3.89	10.05	25.3	622
3°	S	14.7	1007	6.06	2.67	7.17	22.4	225
10°	SSO	1.9	127	2.96	1.52	3.63	7.9	29
11°	OSO	1.2	83	2.42	0.91	2.72	4.4	12
12°	O	0.4	28	2.71	1.55	3.43	5.3	25
9°	ONO	2.0	140	3.33	1.90	4.29	9.5	48
5°	NNO	7.8	536	4.08	1.87	4.85	12.4	70
	NoDir	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Calme	0.8	57	(velocità del vento minore o uguale a 0.5 m/s)				
	Totale =		**6850**	**6.13**	**3.75**	**8.19**	**26.7**	**336**

Tabella C : PARAMETRI DELLA VELOCITA' DEL VENTO NEI MESI DELL'ANNO

Mese	Meq.	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Dic	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gen	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Feb	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mar	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Apr	0.14	6.15	3.84	8.15	15.6	331	239
Mag	0.53	7.89	4.32	10.03	26.7	618	460
Giu	0.73	5.33	2.96	6.76	16.6	190	136
Lug	0.17	3.94	2.11	4.93	11.9	73	55
Ago	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Set	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ott	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nov	0.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Stagione	Vmed (m/s)	sigV (m/s)	Vcub (m/s)	Vmax (m/s)	Pv (W/m^2)	Ev (kWh/m^2)
Inverno (Dic - Feb)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Primavera (Mar - Mag)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Estate (Giu - Ago)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Autunno (Set - Nov)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Anno	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Nota : Meq.= Numero equivalente di mesi con rilevazione di dati

Tabelle B e C

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Grafico 3 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' PER SETTORE DI DIREZIONE

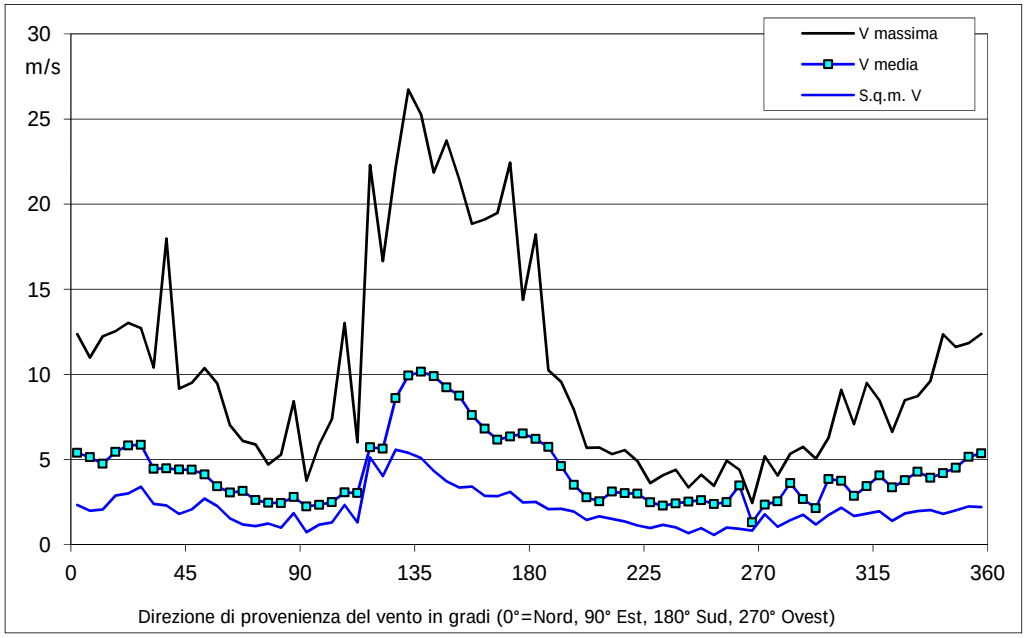
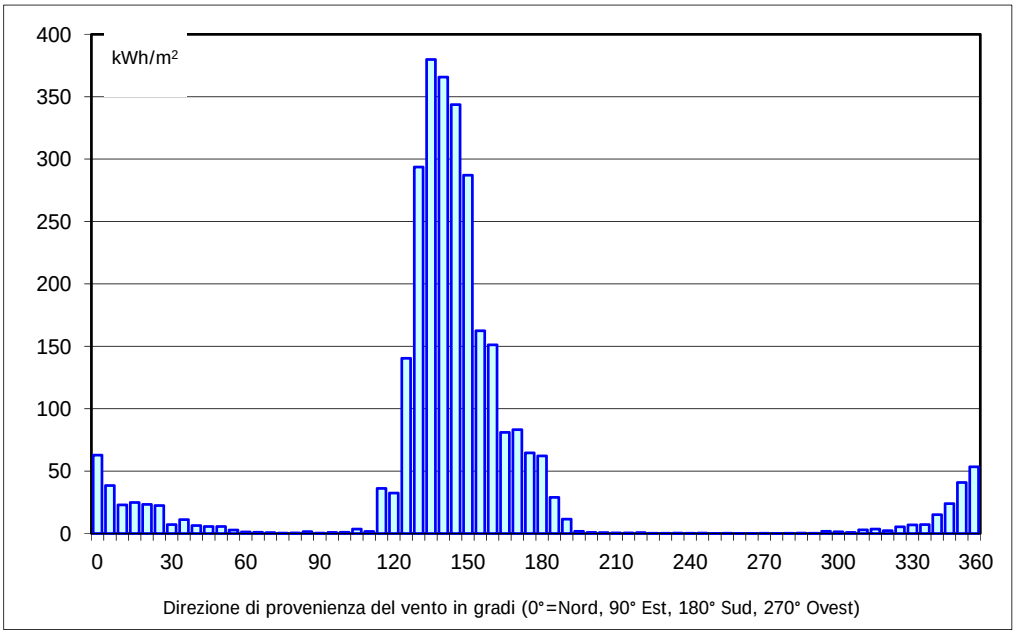


Grafico 4 : ENERGIA SPECIFICA DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m^2 PER SETTORE DI DIREZIONE



Grafici 3 e 4

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Grafico 5 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NEI 12 MESI DELL'ANNO

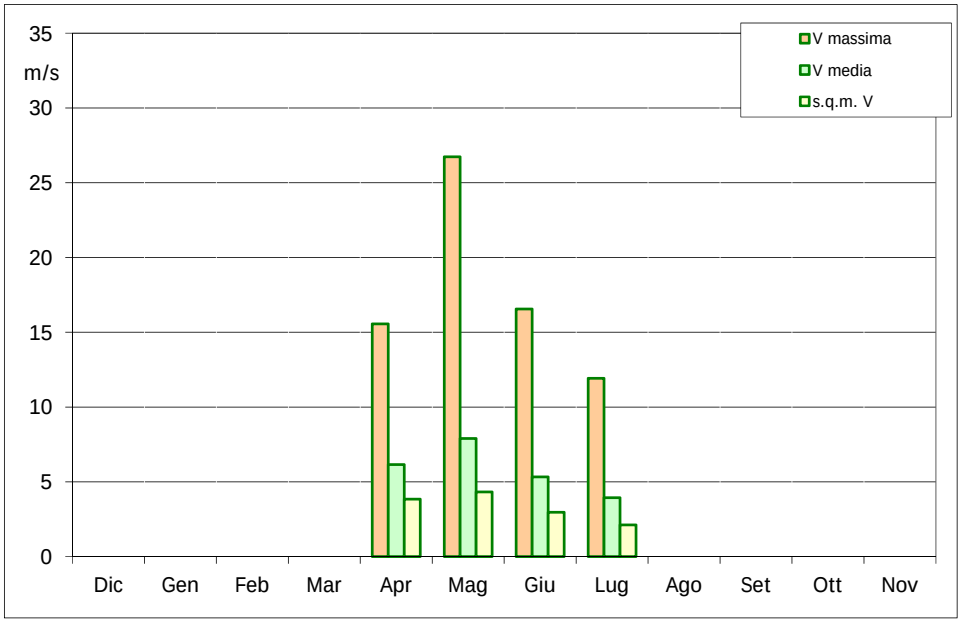
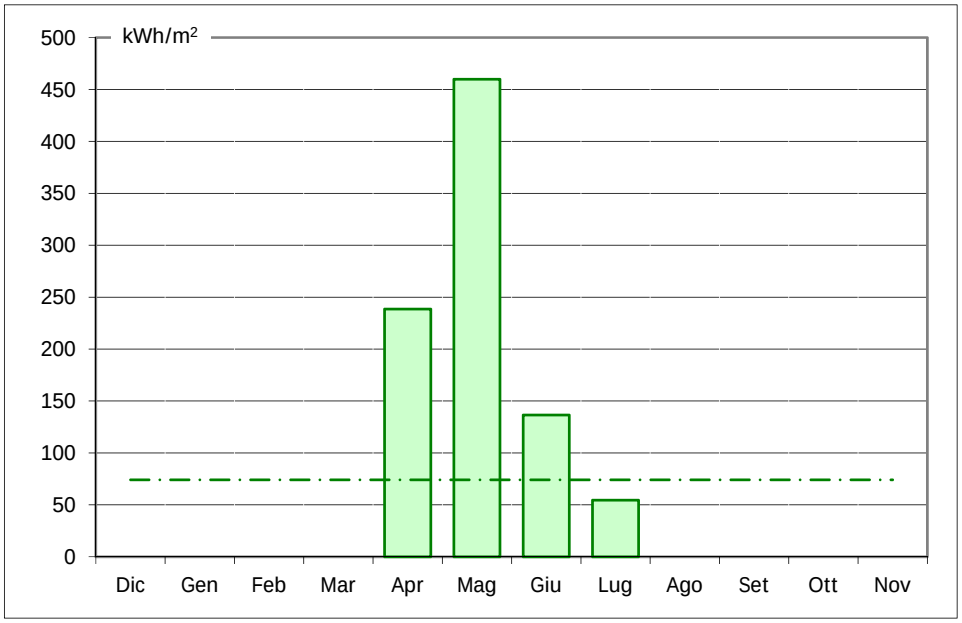


Grafico 6 : ENERGIA SPECIFICA MEDIA MENSILE DELLA VENA FLUIDA IN kWh/m2



Grafici 5 e 6

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Grafico 7 : VELOCITA' MAX, MEDIA E S.Q.M. DELLE VELOCITA' NELLE 24 ORE DEL GIORNO

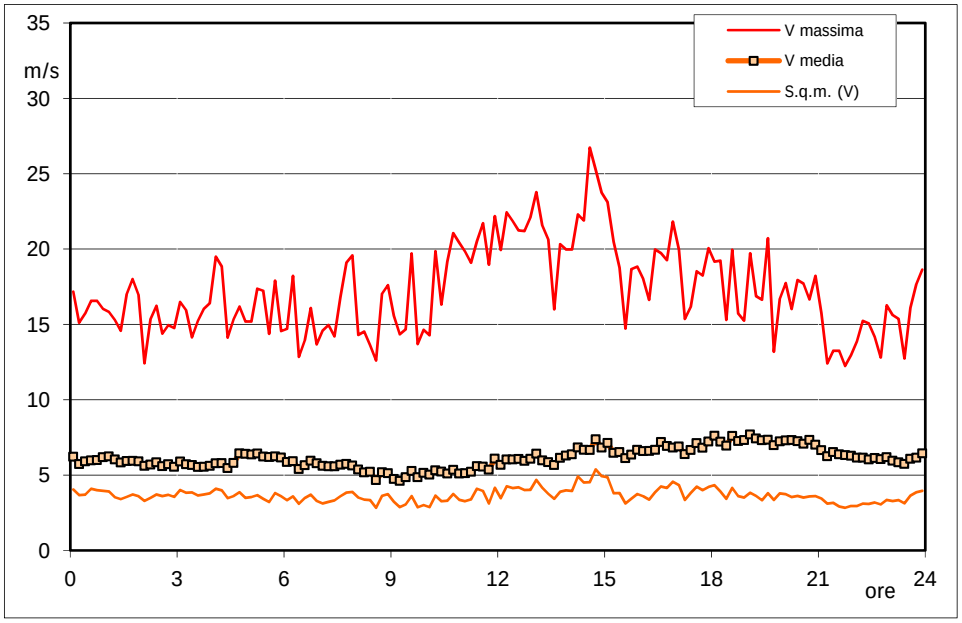
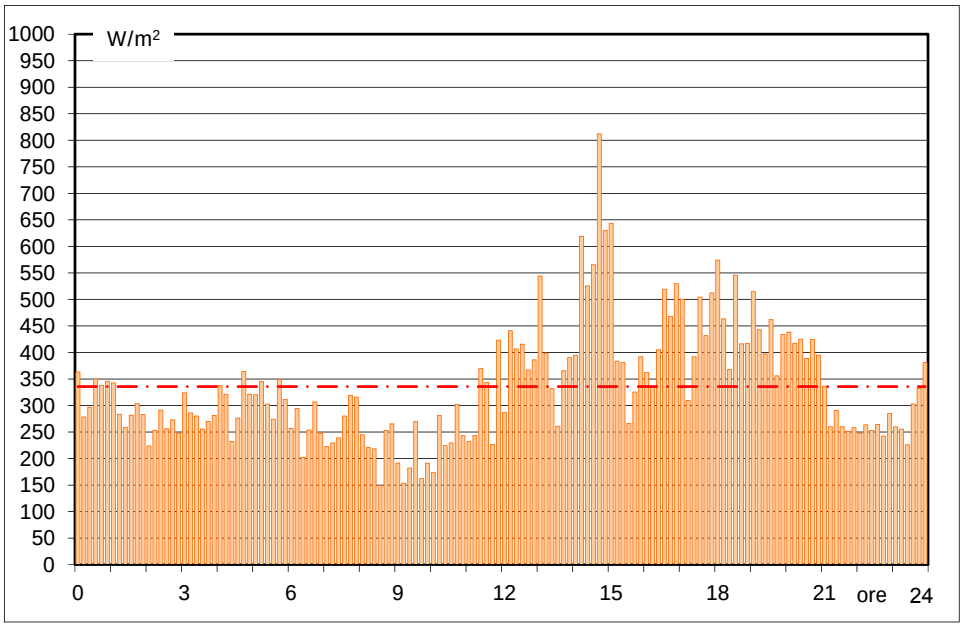


Grafico 8 : POTENZA SPECIFICA MEDIA DELLA VENA FLUIDA IN W/m^2 NELLE 24 ORE



Grafici 7 e 8

STAZIONE ANEMOMETRICA : SODAR FERRIERA - Regione: Liguria (Cod.S0721)
Periodo di elaborazione:08/04/2015 - 12/04/2015 e 11/05/2015 - 06/07/2015 (numero giorni: 55)
Percentuale dati disponibili = 78.7 % (6850 dati su 8703)
Velocita' del vento V in m/s rilevata a 90 m dal suolo

Tabella D : PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE DI TURBOLENZA VELOCITA' DEL VENTO

Turbolenza : T = 100 * sigV(10') / Vmed(10')

Settore direzione	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
Nord	19.1	815	12.4	6.2	4.7	24.8
Nord-NordEst	5.4	231	11.2	5.3	4.6	21.5
Est-NordEst	2.3	97	15.7	6.7	6.2	26.9
Est	1.6	70	18.4	6.7	8.8	29.5
Est-SudEst	7.0	300	17.0	6.0	8.4	28.0
Sud-SudEst	34.8	1482	17.4	5.6	8.2	27.2
Sud	18.3	777	14.2	5.6	7.1	25.6
Sud-SudOvest	1.8	77	8.8	3.8	4.5	14.4
Ovest-SudOvest	1.0	43	9.0	3.7	4.4	15.9
Ovest	0.1	6	8.6	3.6	3.3	13.7
Ovest-NordOvest	1.6	68	9.6	5.6	4.2	20.6
Nord-NordOvest	6.8	291	12.9	7.2	4.7	26.8
Nessuna Direzione	0.0	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Totale =	**62.1**	**4257**	**14.8**	**6.4**	**5.6**	**26.4**

Classe velocità m/s	%	n	Tmed	sigT	T_5%	T_95%
V < 4	23.3	993	14.9	7.0	5.6	27.4
4 < V < 8	46.5	1978	14.6	7.1	5.0	27.4
8 < V < 12	23.5	1002	15.6	4.6	8.4	23.2
12 < V < 16	5.8	249	13.8	3.3	7.3	18.6
16 < V < 20	0.6	26	9.0	3.0	3.7	13.6
V > 20	0.2	9	9.0	1.3	7.5	11.6
Totale* =	**47.6**	**3264**	**14.8**	**6.2**	**5.5**	**25.8**

Grafico 9 : DISTRIBUZIONE DELLA TURBOLENZA PERCENTUALE DELLA VELOCITA' DEL VENTO

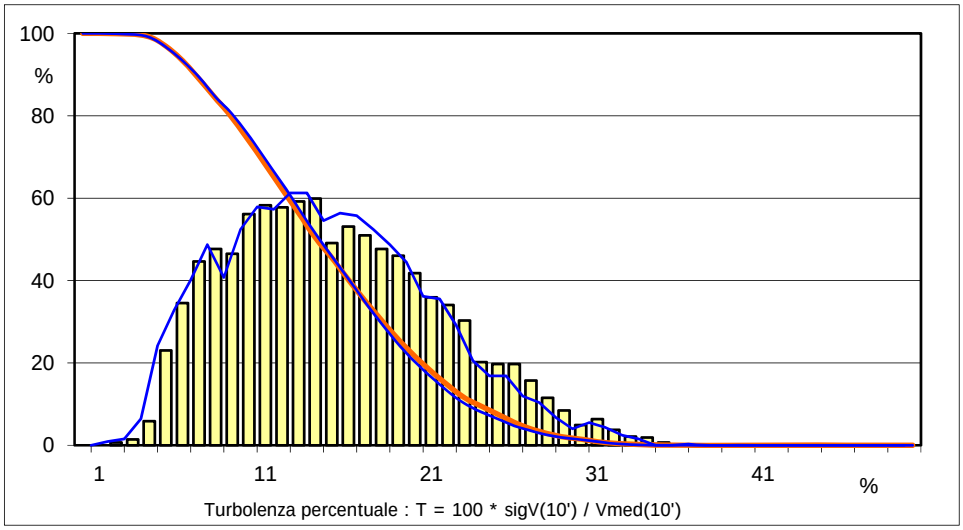


Tabella D e Grafico 9