



Regione Basilicata
 Provincia di Matera
 Comuni di Pomarico, Bernalda e Montescaglioso



Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Lama di Palio", costituito da 9 (nove) aerogeneratori per una potenza nominale totale di 61,20 MW da realizzarsi nei Comuni di Pomarico e Montescaglioso con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Pomarico, Bernalda e Montescaglioso

Titolo:

RELAZIONE SPECIALISTICA - STUDIO ANEMOLOGICO

Numero documento:

Commissa	Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2 2 4 3 1 3	D	R	0 1 1 0	0 0

Proponente:

FRI-EL

FRI-EL S.p.A.
 Piazza della Rotonda 2
 00186 Roma (RM)
fri-elspa@legalmail.it
 P. Iva 01652230218
 Cod. Fisc. 07321020153

PROGETTO DEFINITIVO

A.5.

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Serra 6 83031 Ariano Irpino (AV)
 Tel. +39 0825 891313
www.progettoenergia.biz - info@progettoenergia.biz

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
 INTEGRATED ENGINEERING SERVICES



Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	28.10.2022	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	E. FICETOLA	D. LO RUSSO	M. LO RUSSO

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DESCRIZIONE DEL SITO	3
3.	LAYOUT DEL PARCO.....	3
4.	CAMPAGNA ANEMOMETRICA.....	4
4.1.	TORRE ANEMOMETRICA MONTESCAGLIOSO 155.....	4
4.2.	SODAR MONTESCAGLIOSO 1021.....	6
5.	VALUTAZIONE DELLE MISURE	8
6.	STATISTICA DEL VENTO MISURATA.....	8
7.	STATISTICA MEDIA ANNUALE A LUNGO TERMINE.....	11
8.	ESTRAPOLAZIONE VERTICALE	11
9.	ESTRAPOLAZIONE ORIZZONTALE.....	12
10.	CALCOLO DI PRODUZIONE.....	12
11.	INCERTEZZE.....	15
12.	CONCLUSIONI	16

1. INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di valutare la risorsa eolica in riferimento al progetto di un nuovo parco eolico denominato "Lama di Palio" nei Comuni di Pomarico e Montescaglioso. In particolare, come richiesto dal punto 1.2.1.5 del PIEAR della Regione Basilicata (allegato A della L.R. n.1 del 19 gennaio 2010), verrà riportata la descrizione della campagna anemometrica effettuata in sito, l'analisi di ventosità dell'area di riferimento, la producibilità espressa in ore equivalenti di funzionamento a pieno carico in un anno solare e la densità volumetrica tramite il parametro E_v .

2. DESCRIZIONE DEL SITO

Il parco eolico proposto si sviluppa all'interno del territorio comunale di Pomarico e Montescaglioso (MT); la sottostazione elettrica ricade nel territorio comunale di Montescaglioso (MT). La zona è caratterizzata principalmente da terreni adibiti all'agricoltura. L'orografia del terreno è mediamente complessa, con rilievi collinari che, in alcune zone, superano di poco i 300m di altezza.



Fig. 1: Layout del parco eolico "Lama di Palio" su ortofoto

3. LAYOUT DEL PARCO

Il parco eolico è costituito da 6 aerogeneratori di ultima generazione con caratteristiche dimensionali e prestazionali riassunte qui sotto:

- Diametro massimo rotore: 172 m
- Altezza massima tip pala: 200 m
- Potenza nominale massima: 6,8 MW

I modelli di aerogeneratore attualmente in commercio che soddisfano tali specifiche sono:

- Vestas V172 – HH 114 m – 6,8 MW;
- Siemens Gamesa SG170 – HH 115 m – 6,6 MW;
- General Electric GE164 – HH 112 m – 6,0 MW.

Le valutazioni di producibilità verranno effettuate con il modello Vestas V172 – HH 114 m con potenza massima 6,8 MW, tale aerogeneratore è il più sfavorevole dal punto di vista della verifica dei parametri previsti dal punto 1.2.1.3 del PIEAR.

Le turbine sono state disposte in modo da massimizzare la produzione elettrica del parco e ridurre gli effetti aerodinamici tenendo in debita considerazione:

- i vincoli ambientali e paesaggistici;
- le distanze di sicurezza da infrastrutture e fabbricati;
- la pianificazione territoriale ed urbanistica in vigore;

AEROGENERATORE	X	Y	Z
PM01	16,627998	40,427466	229,0 m
PM02	16,634309	40,431539	218,0 m
PM03	16,626711	40,437673	244,5 m
PM04	16,612613	40,439231	279,5 m
PM05	16,599653	40,445104	288,5 m
PM06	16,609996	40,446672	311,0 m
PM07	16,617907	40,445165	290,0 m
PM08	16,625224	40,447873	228,5 m
PM09	16,633367	40,445705	192,5 m

Tab. 1: Coordinate aerogeneratori GEO WGS84

4. CAMPAGNA ANEMOMETRICA

4.1. TORRE ANEMOMETRICA MONTESCAGLIOSO 155

La misura della risorsa eolica è stata fatta tramite una torre anemometrica di altezza 40m installata in data 21/10/2009. Di seguito questa torre è stata identificata con il nome "Montescaglioso 155".

Rispetto a quanto richiesto dal punto 1.2.1.5 del PIEAR si segnala quanto segue:

- La torre è stata installata nelle vicinanze del parco eolico proposto ad una distanza di circa 4,5 km dal centro del layout indicato nel capitolo 3. Questo implica che le misure di vento possono essere considerate rappresentative per l'intero parco eolico;
- I lavori di installazione della torre anemometrica sono stati autorizzati con D.I.A d.d. 17/06/2009. Il Comune di Montescaglioso ha attestato l'installazione della torre in data 20/04/2011 in risposta alla nota prot. N. 13907/E del 15/12/2010;
- Sono disponibili: il report di prima installazione d.d. 21/10/2009, i certificati di calibrazione dei sensori validi all'epoca delle misure ed i rapporti di manutenzione della torre;
- Il periodo di rilevazione di dati validi e consecutivi è maggiore di 1 anno (con una perdita ammessa del 10%);
- Sono disponibili i dati nella loro forma originaria ed in forma aggregata con periodicità giornaliera;
- Vengono illustrate le incertezze totali di misura delle velocità e il calendario dettagliato delle acquisizioni.

In particolare, la rilevazione dei dati ha avuto inizio il 21/10/2009 ed è terminata il 18/08/2011. Ai fini del presente studio anemologico sono stati considerati tutti i dati inclusi nell'intero periodo indicato.

Nella tabella seguente sono sintetizzate le caratteristiche della torre e la strumentazione installata.

Codice torre	Montescaglioso 155
Coordinate (GEO WGS84)	X 16,629313° Y 40,477049°
Periodo misurazione	21.10.2009 – 18.08.2011

Quote sensori di velocità	40m, 40m, 20m, 20m
Quote sensori di direzione	37m, 17m
Logger	NRG SYMPHONIE
Availability	99,05% (40m)

Tab. 2: Descrizione torre anemometrica Montescaglioso 155

I sensori di velocità calibrati sono anemometri del tipo NRG #40C, mentre i sensori di direzione sono del tipo NRG #200P. La registrazione dei dati avviene attraverso una centralina (logger) del tipo NRG SYMPHONIE la quale registra la media, il valore massimo, il valore minimo e la deviazione standard ogni 10 minuti. Per estrapolare la statistica media del vento a lungo termine è stato utilizzato come riferimento un set di dati di ri-analisi statistica ERA5 Europe+, della durata di 20 anni e con una buona correlazione dei dati presi in loco.

Reanalysis dataset	ERA5 Europe+
Coordinate (GEO WGS84)	X 16,627350° Y 40,478813°
Periodo misurazione	01.08.2002 - 01.08.2022
Quote di riferimento	25, 50, 75, 100, 150, 200m
Quote sensori di direzione	25, 50, 75, 100, 150, 200m
Logger	-
Availability	100%

Tab. 3: Descrizione dei dati a lungo termine (Montescaglioso 155)

Di seguito si riporta il calendario delle acquisizioni effettuate da ciascun sensore della torre Montescaglioso 155 nei mesi di rilevazione dei dati.

Year	Month	Speed 40m			Speed 40m B			Speed 20m			Speed 20m B		
		Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]
2009	10	1,584	1,491	94.13	1,584	1,491	94.13	1,584	1,491	94.13	1,584	1,491	94.13
2009	11	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2009	12	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	1	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	2	4,032	4,032	100.00	4,032	3,834	95.09	4,032	4,032	100.00	4,032	4,032	100.00
2010	3	4,464	4,464	100.00	4,464	3,462	77.55	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	4	4,320	4,320	100.00	4,320	2,578	59.68	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2010	5	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	6	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,231	97.94
2010	7	4,464	4,464	100.00	4,464	3,828	85.75	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	8	4,464	4,464	100.00	4,464	56	1.25	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	9	4,320	4,314	99.86	4,320	2,238	51.81	4,320	4,314	99.86	4,320	4,314	99.86
2010	10	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	11	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2010	12	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	1	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	2	4,032	4,032	100.00	4,032	4,032	100.00	4,032	4,032	100.00	4,032	4,032	100.00
2011	3	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	4	4,320	3,744	86.67	4,320	3,744	86.67	4,320	3,744	86.67	4,320	3,744	86.67

Year	Month	Speed 40m			Speed 40m B			Speed 20m			Speed 20m B		
		Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]
2011	5	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	6	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2011	7	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	8	4,464	2,352	52.69	4,464	2,352	52.69	4,464	2,352	52.69	4,464	2,352	52.69

Tab. 4: Calendario mensile acquisizione dati di velocità del vento (Montescaglioso 155)

Year	Month	Direction 37m			Direction 17m		
		Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]
2009	10	1,584	1,504	94.95	1,584	1,504	94.95
2009	11	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2009	12	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	1	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	2	4,032	4,032	100.00	4,032	4,032	100.00
2010	3	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	4	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2010	5	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	6	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2010	7	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	8	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	9	4,320	4,314	99.86	4,320	4,314	99.86
2010	10	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2010	11	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2010	12	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	1	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	2	4,032	4,032	100.00	4,032	4,032	100.00
2011	3	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	4	4,320	3,744	86.67	4,320	3,744	86.67
2011	5	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	6	4,320	4,320	100.00	4,320	4,320	100.00
2011	7	4,464	4,464	100.00	4,464	4,464	100.00
2011	8	4,464	2,352	52.69	4,464	2,352	52.69

Tab. 5: Calendario mensile acquisizione dati di direzione del vento (Montescaglioso 155)

4.2 SODAR MONTESCAGLIOSO 1021

Considerata l'altezza della torre anemometrica Montescaglioso 155 è stato deciso di posizionare un sodar nella stessa posizione della torre anemometrica in modo da avere ulteriori rilevazioni di dati fino ad altezza superiori ai 100m.

La misura della risorsa eolica è stata fatta tramite un sodar della AQ System (modello AQ510). La campagna dati ha avuto inizio il 26.11.2021 ed è terminata il 14.06.2022. Di seguito questo sodar è stato identificato con il nome Montescaglioso 1021 ed è stato

rimosso in seguito alla campagna dati. Nella tabella seguente sono sintetizzate le caratteristiche del sodar e la strumentazione installata.

Codice sodar	Montescaglioso 1021
Coordinate (GEO WGS84)	X 16,629336°; Y 40,477030°
Periodo misurazione	26.11.2021 – 14.06.2022
Quote misurazioni velocità	Da 35m fino a 200m (ogni 5m)
Quote misurazioni direzione	Da 35m fino a 200m (ogni 5m)
Logger	Embedded PC
Availability	90,56% (40m) 90,01% (80m) 87,88% (120m)

Tab. 6: Descrizione sodar Montescaglioso 1021

Il sodar è in grado di fornire i dati di velocità del vento media, massima, minima e deviazione standard ogni 10 minuti per quote che vanno dai 35m ai 200m (con un offset di 5m tra una quota e l'altra). Per estrapolare la statistica media del vento a lungo termine è stato utilizzato come riferimento lo stesso set di dati di ri-analisi statistica ERA5 Europe+ utilizzato per verificare la correlazione con la torre anemometrica Montescaglioso 155 (dati riassunti in Tab.3). Anche in questo caso è stata ottenuta buona correlazione dei dati presi in loco.

Vengono illustrate le incertezze totali di misura delle velocità e il calendario dettagliato delle acquisizioni per le misure alle quote di 40m, 80m e 120m.

Year	Month	Speed 40m			Speed 80m			Speed 120m		
		Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]
2021	11	648	359	55.40	648	357	55.09	648	352	54.32
2021	12	4,464	2,201	49.31	4,464	2,193	49.13	4,464	2,152	48.21
2022	1	4,464	4,415	98.90	4,464	4,400	98.57	4,464	4,334	97.09
2022	2	4,032	4,010	99.45	4,032	3,945	97.84	4,032	3,826	94.89
2022	3	4,464	4,417	98.95	4,464	4,371	97.92	4,464	4,184	93.73
2022	4	4,320	4,308	99.72	4,320	4,285	99.19	4,320	4,205	97.34
2022	5	4,464	4,446	99.60	4,464	4,439	99.44	4,464	4,363	97.74
2022	6	1,872	1,859	99.31	1,872	1,853	98.99	1,872	1,831	97.81

Tab. 7: Calendario mensile acquisizione dati di velocità del vento (Montescaglioso 1021)

Year	Month	Direction 40m			Direction 80m			Direction 120m		
		Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]
2021	11	648	359	55.40	648	358	55.25	648	353	54.48
2021	12	4,464	2,204	49.37	4,464	2,196	49.19	4,464	2,156	48.30
2022	1	4,464	4,460	99.91	4,464	4,434	99.33	4,464	4,363	97.74
2022	2	4,032	4,021	99.73	4,032	3,955	98.09	4,032	3,835	95.11
2022	3	4,464	4,320	96.77	4,464	4,273	95.72	4,464	4,128	92.47
2022	4	4,320	4,320	100.00	4,320	4,292	99.35	4,320	4,214	97.55

Year	Month	Direction 40m			Direction 80m			Direction 120m		
		Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]	Possible data points	Valid data points	Availability [%]
2022	5	4,464	4,458	99.87	4,464	4,450	99.69	4,464	4,373	97.96
2022	6	1,872	1,862	99.47	1,872	1,856	99.15	1,872	1,835	98.02

Tab. 8: Calendario mensile acquisizione dati di direzione del vento (Montescaglioso 1021)

5. VALUTAZIONE DELLE MISURE

I dati registrati dalla torre anemometrica e dal sodar sono stati estratti e processati manualmente in modo da identificare i dati affetti da possibili malfunzionamenti o anomalie. Sono stati consultati i report di manutenzione, che rappresentano lo storico della torre anemometrica, in modo da individuare tutti i malfunzionamenti, poiché diverse cause possono determinare una misura non corretta. Alcune come il gelamento dei sensori e la presenza di sabbia o sporcizia nel sensore determinano una misura sottostimata. Altre cause come eventi estremi, fulmini in particolare, possono compromettere in maniera irrimediabile il funzionamento del sensore. Altri dati anomali sono causati da malfunzionamenti del logger e possono essere identificati solo analizzando la serie temporale dei dati di vento. Inoltre, a causa di un malfunzionamento del logger oppure a causa delle batterie scariche, diversi dati non vengono registrati e dunque vengono persi. Tutti questi dati sono stati esclusi e non considerati nell'analisi.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le percentuali di dati che hanno passato il controllo qualità per quanto riguarda la torre anemometrica e il sodar. Le percentuali si riferiscono alla quantità di misure effettuate e valide rispetto a tutto il periodo della campagna di misura.

Anemometro	Availability
40m	99,05%
40m	88,57%
20m	99,05%
20m	99,05%

Tab. 9: Availability misure torre anemometrica Montescaglioso 155

Anemometro	Availability
40m	90,56%
60m	90,35%
80m	90,01%
100m	89,93%
120m	87,88%

Tab. 10: Availability misure sodar Montescaglioso 1021

6. STATISTICA DEL VENTO MISURATA

Nella tabella 11 viene riportata la statistica del vento misurate a 40m. La statistica del vento è suddivisa in 16 settori cardinali e viene rappresentata tramite una funzione di Weibull. Nella Fig. 2 vengono riportati il grafico della statistica e la rosa dei venti. La

velocità media del vento alla quota di 40m è di 5,21 m/s. La rosa dei venti indica come vento prevalente quello proveniente dal settore NNW.

Direction	Weibull k	Weibull A	Mean	Frequency
Sector		m/s	m/s	(%)
348.75° - 11.25°	1.958	5.654	5.050	10.88
11.25° - 33.75°	1.604	3.726	3.409	2.76
33.75° - 56.25°	1.694	3.191	2.893	1.64
56.25° - 78.75°	1.757	3.274	2.906	1.76
78.75° - 101.25°	1.950	3.833	3.344	2.48
101.25° - 123.75°	1.897	4.473	3.919	4.20
123.75° - 146.25°	1.730	5.789	5.275	7.38
146.25° - 168.75°	1.835	5.634	5.119	10.49
168.75° - 191.25°	2.027	4.078	3.590	4.88
191.25° - 213.75°	1.546	4.930	4.587	3.45
213.75° - 236.25°	1.982	6.135	5.396	4.76
236.25° - 258.75°	1.617	5.413	5.082	4.50
258.75° - 281.25°	1.759	4.031	3.624	2.61
281.25° - 303.75°	1.693	4.264	3.881	3.04
303.75° - 326.25°	2.046	7.709	6.732	10.54
326.25° - 348.75°	2.025	6.962	6.299	24.63
All data	1.698	5.728	5.208	100.00

Tab. 11: Statistica misurata a 40m della torre Montescaglioso 155

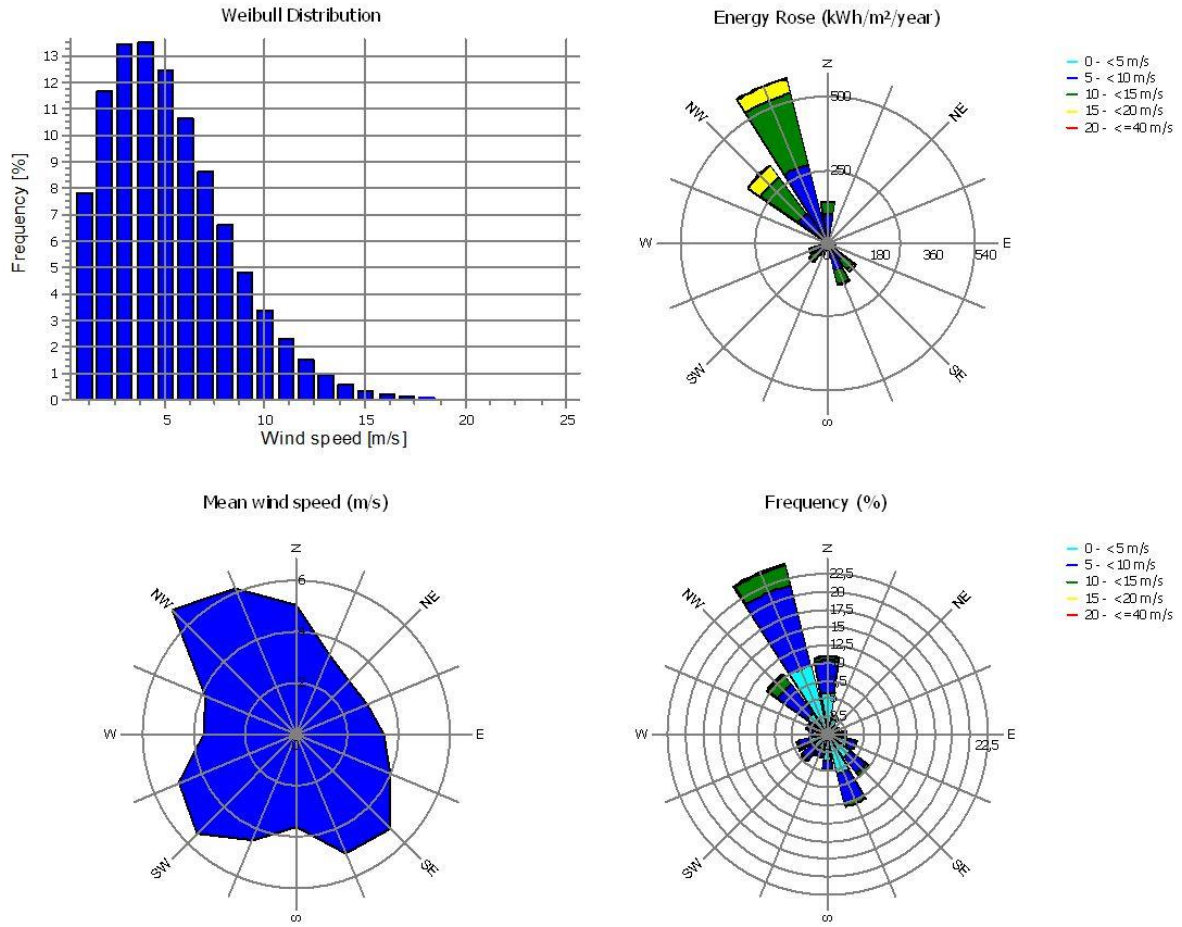


Fig. 2: Statistica misurata a 40m della torre Montescaglioso 155, grafici

7. STATISTICA MEDIA ANNUALE A LUNGO TERMINE

La campagna anemometrica di Montescaglioso 155 è durata 22 mesi. Per stimare la statistica media annuale a lungo termine (20 anni), si estende la serie di dati misurati tramite serie temporali a lungo termine reperibili da vari fornitori specializzati (es. ERA5, Merra2 etc). Per fare ciò e per colmare i buchi di dati mancanti è stato utilizzato il metodo di estensione/sintetizzazione. Questo metodo permette di sintetizzare i dati di vento di un anemometro (locale) a partire dai dati di vento a lungo termine (riferimento), i quali possono provenire da un altro mast nelle vicinanze del primo oppure, come accennato in precedenza, tramite fornitori di dati a lungo termine. Al fine di poter utilizzare questo metodo è necessario che le due serie anemometriche abbiano un periodo sufficiente di dati concorrenti e che ci sia una correlazione tra i due. Nel nostro caso l'anemometro locale è la torre anemometrica Montescaglioso 155, mentre i dati di riferimento provengono dal punto più vicino disponibile sul database di ERA5 Europe+, con estensione temporale di 20 anni. I dati concorrenti vengono suddivisi per direzione considerando 16 settori di 22,5 gradi ciascuno. Per ogni settore i dati dei due anemometri vengono correlati tra loro comparando le velocità del vento. Dalla correlazione vengono calcolati dei coefficienti di regressione (speed up) che rappresentano una funzione di trasferimento che a partire dai dati di riferimento permettono di sintetizzare i dati dell'anemometro locale.

La correlazione è stata effettuata ai dati concorrenti degli anemometri Montescaglioso 155 e ERA5 ottenendo un coefficiente di correlazione dell'80%, il quale dimostra che tra i due c'è una buona correlazione.

A questo punto sono stati calcolati gli speed up e questi sono stati applicati ai dati ERA5 per sintetizzare i dati dell'anemometro Montescaglioso 155. Alla fine per Montescaglioso 155 si è ottenuta una serie temporale rappresentativa del lungo termine che va dal 01.08.2002 al 01.08.2022. Si è stimata così una velocità media a lungo termine del vento a 40m di 5,14 m/s, leggermente inferiore alla velocità media misurata nei 22 mesi di campagna anemometrica.

Per quanto riguarda i dati relativi alla direzione del vento è stato scelto di utilizzare i dati di direzione misurati dal sodar Montescaglioso 1021, poiché tali dati misurati dal sodar risultano essere particolarmente precisi. Anche questi dati sono stati estesi con gli stessi dati ERA5 utilizzati per estendere i dati della torre anemometrica ottenendo un coefficiente di correlazione del 93%.

8. ESTRAPOLAZIONE VERTICALE

Per estrapolare il vento medio a quota hub viene applicata la legge di potenza del profilo del vento:

$$V_{hub} = V_m \left(\frac{H_{hub}}{H_m} \right)^\alpha$$

dove **V_m** è la velocità del vento medio alla quota dell'anemometro, **V_{hub}** è la velocità del vento medio alla quota hub, **H_m** è la quota dell'anemometro, **H_{hub}** è la quota hub e **α** è il coefficiente di wind shear. Il wind shear viene calcolato a partire dalle misure di vento effettuate alle diverse quote dal sodar Montescaglioso 1021 il quale effettua misurazioni fino alla quota di 200m.

Si è calcolato così un coefficiente di wind shear misurato:

$$\alpha = 0,20$$

Il wind shear è stato applicato alla serie ricavata nel capitolo 7 e si è estrapolato il vento medio a 114m. Nella tabella seguente sono riportati i risultati.

Quota [m]	Velocità media [m/s]
114m	6,35 m/s

Tab. 12: Velocità media annuale a lungo termine

9. ESTRAPOLAZIONE ORIZZONTALE

La variazione della velocità del vento su tutto il parco eolico viene predetta utilizzando il programma Wasp sviluppato dall'istituto di ricerca danese Risoe. Wasp è un modello di computazione di flusso che a partire dalla statistica del vento in un punto calcola la statistica del vento nell'area circostante considerando l'influenza dell'orografia del terreno, della rugosità e degli ostacoli presenti. Partendo dalla statistica calcolata e applicando Wasp è stato possibile calcolare il vento medio a quota hub per ogni aerogeneratore del parco. Nella tabella seguente vengono riportati i valori di vento stimati per ogni aerogeneratore. I valori riportati fanno riferimento alla velocità media indisturbata ovvero non tengono in considerazione gli effetti scia.

Aerogeneratore	Velocità media [m/s]
PM01	6,37
PM02	6,23
PM03	6,16
PM04	6,31
PM05	6,34
PM06	6,28
PM07	6,33
PM08	6,29
PM09	6,20

Tab. 13: Vento medio indisturbato a quota hub (114m) sul parco

10. CALCOLO DI PRODUZIONE

Nella tabella 14 viene riportata la curva di potenza tipica per l'aerogeneratore V172 – HH 114 m – 6,8 MW e per una densità dell'aria di 1,225 kg/m³.

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]
0	0
1	0
2	0
3	41
4	291
5	719
6	1.344
7	2.204
8	3.330
9	4.715
10	5.941
11	6.650
12	6.782
13	6.799
14	6.800
15	6.800
16	6.800

Velocità del vento [m/s]	Potenza [kW]
17	6.800
18	6.800
19	6.793
20	6.662
21	6.328
22	5.702
23	4.794
24	3.874
25	2.977

Tab. 14: Curva di potenza V172 – HH 114 m – 6,8 MW, con densità dell'aria 1,225 kg/m³

A partire dalla statistica del vento calcolata nel capitolo 7 si calcola la produzione energetica di ogni singolo aerogeneratore, tramite il programma di calcolo Windpro (versione 3.6.355).

Nella tabella 15 viene mostrata la produzione netta per ogni aerogeneratore del parco. Le ore equivalenti sono il rapporto tra la produzione annua e la potenza nominale dell'aerogeneratore.

Aerogeneratore	Produzione lorda [MWh/y]	Produzione netta [MWh/y]	Potenza nominale [MW]	Ore equivalenti lorde [h/y]	Parametro E_v
PM01	17.778,9	16.357	6,8	2615	0,1669
PM02	16.596,6	15.269	6,8	2441	0,1558
PM03	16.270,2	14.969	6,8	2393	0,1528
PM04	17.326,5	15.940	6,8	2548	0,1627
PM05	18.566,6	17.081	6,8	2730	0,1743
PM06	17.793,0	16.370	6,8	2617	0,1671
PM07	18.026,2	16.584	6,8	2651	0,1693
PM08	17.839,5	16.412	6,8	2623	0,1675
PM09	17.722,9	16.305	6,8	2606	0,1664

Tab. 15: Produzione lorda (a meno delle perdite di scia), netta, ore equivalenti lorde e parametro E_v

Nella tabella seguente viene riportata la stima della produzione energetica annuale del parco. La produzione seguente rappresenta la stima centrale annuale che si otterrebbe dopo 10 anni operativi.

N° turbine	9
Potenza nominale	61,2 MW
Produzione lorda	168,4 GWh
Perdite	13,7%
Produzione netta	145,3 GWh
Ore equivalenti nette	2.374 h

Tab. 16: Stima della produzione energetica annuale del parco eolico

La produzione netta rappresenta l'effettiva produzione energetica a valle dell'impianto che viene contabilizzata dal gestore della rete. Nella tabella seguente vengono elencate le potenziali perdite che agiscono sull'impianto.

Wake effect	-6,20%
Availability WTGs	-1,5%
Availability Grid, Substation and BoP	-0,80%
Electrical losses	-2,00%
Power Curve Adjustment	-0,90%
High Temperature Shut Down	-0,40%
Environmental (Icing)	-0,20%
High Wind Hysteresis	-0,20%
Grid curtailment	-1,50%
Total	-13,7%

Tab. 17: Sorgenti di perdita

Wake Effect: sono gli effetti scia ovvero le perdite aerodinamiche causate dagli aerogeneratori stessi che implicano una diminuzione della velocità del vento dietro le turbine. Il modello di calcolo dell'effetto scia utilizzato è il N.O. Jensen.

Availability WTGs: rappresenta le perdite causate dallo spegnimento degli aerogeneratori dovute alla manutenzione ordinaria.

Availability Grid, Substation and BoP: rappresenta le perdite causate dalla manutenzione ordinaria sulla rete elettrica del parco.

Elettrical Loss: sono le perdite elettriche dovute per effetto Joule causate dai cavidotti e dall'impianto di sottostazione.

Power Curve Adjustment: la curva di potenza fornita dal costruttore viene generalmente misurata su terreni e condizioni climatologiche diverse dal sito dove viene installata. Tipicamente si riscontrano nell'aerogeneratore prestazioni inferiori che possono essere contabilizzate in una perdita di circa l'1%.

High Temperature Shut Down: sono le perdite dovute dallo spegnimento automatico degli aerogeneratori causato dal raggiungimento di temperature elevate in navicella.

Enviromental: perdite dovute a eventi climatici quali ghiaccio, neve, sabbia ecc...

High Wind Hysteresis: perdita dovuta al tempo di isteresi che un aerogeneratore impiega per riattivarsi dopo essere entrato in stallo a causa di venti che superano la velocità massima di operatività dell'aerogeneratore.

Grid Curtailment: perdite dovute alle riduzioni di potenza richieste dal gestore della rete.

11. INCERTEZZE

Nella tabella 13 vengono elencate le maggiori fonti di incertezza. Ogni incertezza viene considerata come un errore indipendente e viene modellata come un processo Gaussiano.

Incetezza	Tipo incetezza	Errore Standard %	Errore Standard Produzione %
Dati di vento misurati	velocità del vento	3,0	6,21
Estrapolazione verticale	velocità del vento	1,5	3,10
Estrapolazione orizzontale	velocità del vento	4,5	9,31
Correlazione a lungo termine	velocità del vento	3,0	6,21
Variazioni clima a lungo termine	velocità del vento	4,0	4,00
Curva di potenza	produzione	6,0	12,41
Variabilità futura del vento basata su 10 anni	velocità del vento	2,0	4,14
Incetezza totale	produzione		14,63

Tabella 1: Incetezza sulla stima di produzione

Queste incetzezzze vengono applicate sulla stima centrale al fine di calcolare la produzione con probabilità di eccedenza P50, P75 e P90 con una base statistica di 10 anni.

Livello di eccedenza	Produzione netta [GWh]	Ore equivalenti [h]
P50	145,3	2.374
P75	130,7	2.136
P90	117,6	1.922

Produzione energetica con i livelli di eccedenza a 10 anni

12. CONCLUSIONI

In questa relazione è stata descritta la campagna anemologica effettuata in sito utilizzando una torre anemometrica da 40m e un sodar AQ System. Tramite serie storiche di riferimento è stato possibile calcolare la statistica media del vento a lungo termine. Eseguendo l'extrapolazione verticale è stato calcolato che il vento a 114m ha una velocità media di 6,35 m/s. Utilizzando il software Windpro/Wasp è stata extrapolata la statistica del vento nella posizione di ogni aerogeneratore e a partire da questa è stata calcolata la produzione totale del parco eolico. La produzione annuale P50 al netto delle perdite è di 145,3 GWh e 2.374 ore equivalenti. Le rilevazioni anemologiche sono state effettuate in conformità al punto 1.2.1.5 del PIEAR ed il progetto rispetta i requisiti minimi in termini di velocità media annua del vento, ore equivalenti e densità volumetrica (punto 1.2.1.3 del PIEAR).

Allegati:

- Certificato di avvenuta installazione della torre così come inviato da Fri-El S.p.A con nota prot. N. 13907/E del 15/12/2010 e attestato dal Comune di Montescaglioso in data 20/04/2011;
- Report di prima installazione della torre anemometrica d.d. 21/10/2009;
- Certificati di calibrazione dei sensori della torre anemometrica;
- Rapporti di manutenzione della torre;
- Report di prima installazione del sodar d.d. 26/11/2021.



(ing. Massimo LO RUSSO)

Gestione delle stazioni anemometriche
Fri-El Spa

RAPPORTO DI MONTAGGIO

STAZIONE ANEMOMETRICA DI	MONTE SCAGLIOSO	
CODICE STAZIONE	155	
DATA INTERVENTO	21-10-2009	
COORDINATE GPS	Coord. System	
	X (East)	016° 37,757'
	Y (Nord)	40° 28,623'

Quota 322 MT.

TORRE

Altezza	40MT	Diametro	152	Tipo Struttura	TUBOLARE
---------	------	----------	-----	----------------	----------

LOGGER

Logger	Modello	Codice	Note
1	SYMPHONIC	17137	
2			

SENSORI

Sensore e quota	Canale	Modello	Codice	Lunghezza Staffa [mm]	Altezza Staffa [mm]	Diametro Staffa [mm]	Orientam. Staffa [°]	Correzione Dir. [°]
VELOCITA 40MT	1°	NRG 40C	95354	1100	200	10	0°	
" 40MT	2°	NRG 40C	95356	4	4	4	180°	
" 20MT	3°	NRG 40C	95350	1500	350	4	0°	
" 20MT	4°	NRG 40C	95399	4	4	4	180°	
DIREZIONALE 37MT	7°	NRG 200P	-	4	4	4	0°	0°
" 17MT	8°	NRG 200P	-	4	4	4	0°	0°

Note Aggiuntive:

Firma Operatore:





Gestione delle stazioni anemometriche
Fri-El Spa

RAPPORTO DI MONTAGGIO

STAZIONE ANEMOMETRICA DI	MONTESCAGLIOSO	
CODICE STAZIONE	155	
DATA INTERVENTO	21-10-2009	
COORDINATE GPS	Coord. System	
	X (East)	
	Y (Nord)	

TORRE				
Altezza		Diametro		Tipo Struttura

LOGGER			
Logger	Modello	Codice	Note
1			
2			

SENSORI									
Sensore e quota	Canale	Modello	Codice	Lunghezza Staffa [mm]	Altezza Staffa [mm]	Diametro Staffa [mm]	Orientam. Staffa [°]	Correzione Dir. [°]	
MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer		COMTA	MONTESCAGLIOSO						
P/N: 1900		1 ^o CAN.							
S/N: 179500095371									
									
Cal Date: 12 31 2008 2:42:13 AM									
Slope: 0.754 m/s per Hz									CE
Offset: 0.40 m/s									
									1/9/2009 9:36:24 AM
MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer		COMTA	MONTESCAGLIOSO						
P/N: 1900		2 ^o CAN.							
S/N: 179500095356									
									
Cal Date: 12 30 2008 8:18:16 PM									
Slope: 0.754 m/s per Hz									CE
Offset: 0.41 m/s									
									1/9/2009 9:32:30 AM
MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer		COMTA	MONTESCAGLIOSO						
P/N: 1900		3 ^o CAN.							
S/N: 179500095350									
									
Cal Date: 12 30 2008 7:17:15 PM									
Slope: 0.756 m/s per Hz									CE
Offset: 0.31 m/s									
									1/9/2009 9:30:23 AM
MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer		COMTA	MONTESCAGLIOSO						
P/N: 1900		4 ^o CAN.							
S/N: 179500095399									
									
Cal Date: 12 31 2008 11:00:32 AM									
Slope: 0.756 m/s per Hz									CE
Offset: 0.38 m/s									
									1/9/2009 11:45:53 AM

Gestione delle stazioni anemometriche
Fri-El Spa

MANUTENZIONE STRAORDINARA

STAZIONE ANEMOMETRICA DI	MONTESCAGLIOSO
CODICE STAZIONE	155
DATA INTERVENTO	15-09-2010

VERIFICA

N°	Descrizione	OK	NK	RE	Note
1	Verifica ancoraggi	X			
2	Tensione degli stralli	X			
3	Linearità della torre	X			
4	Perpendicolarità della torre	X			
5	Controllo batterie	X			
6	Controllo logger	X			
7	Controllo orario	X			Ora logger: <input type="text"/> Ora attuale: <input type="text"/>
8	Anemometro a mt. 40	X			
9	Anemometro a mt. 40		X	X	
10	Anemometro a mt. 20	X			
11	Anemometro a mt. 20	X			
12	Direzionale a mt. 37	X			
13	Direzionale a mt. 17	X			
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

Note Aggiuntive:

LA TORRE E' STATA CALATA PER LA SOSTITUZIONE DEL SENSORI
DI VELOCITA' ANEMOMETRO II° ANNO.

MONTESCAGLIOSO 155 II° ANNO

NRG #40C Anemometer Calibrated

P/N: 1900

S/N: 179500139572



Cal Date: 1.12.2010 9:25:41 AM

Slope: 0.755 m/s per Hz

Offset: 0.42 m/s

4/20/2010 12:23:27 PM

Firma Operatore:
Donato Mauriello

Donato Mauriello

Domanda di Autorizzazione Unica ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 387/2003 per la costruzione e l'esercizio di un parco eolico, costituito da n° 30 aerogeneratori della potenza unitaria di 3000 kW, per una potenza complessiva di 90 MW, del cavidotto interrato MT, degli impianti di rete e di utenza da realizzare nel Comune di Montescaglioso (MT) in località Campo Cervone, San Vito Soprano, Cozzo Pianucci, Imperatore, Serra Tratturo e Trasselle (parco eolico) e in località La Dogana (impianti di rete e di utenza).

Allegato 4

- a. Certificato di installazione della torre anemometrica;
- b. Certificato del Comune di Montescaglioso attestante:
 - l'avvenuto perfezionamento della procedura di autorizzazione della torre anemometrica;
 - l'avvenuta installazione della torre.

FRI-EL S.p.A.
Sede Legale: Piazza del Grano, 3
39100 BOLZANO
Tel. 0471 / 324210 - Fax 0471 / 973867
Cod. Fisc. 07321020153
P. IVA 01652230218

Gestione delle stazioni anemometriche
Fri-El Spa

RAPPORTO DI MONTAGGIO

STAZIONE ANEMOMETRICA DI	MONTE SCAGLIOSO	
CODICE STAZIONE	155	
DATA INTERVENTO	21-10-2009	
COORDINATE GPS	Coord. System	
	X (East)	016° 37,757'
	Y (Nord)	40° 28,623'

Quota 322 MT.

TORRE

Altezza	40MT	Diametro	152	Tipo Struttura	TUBOLARE
---------	------	----------	-----	----------------	----------

LOGGER

Logger	Modello	Codice	Note
1	SYMPHONIC	17137	
2			

SENSORI

Sensore e quota	Canale	Modello	Codice	Lunghezza Staffa [mm]	Altezza Staffa [mm]	Diametro Staffa [mm]	Orientam. Staffa [°]	Correzione Dir. [°]
VELOCITA 40MT	1°	NRG 40C	95354	1100	200	10	0°	
" 40MT	2°	NRG 40C	95356	4	4	4	180°	
" 20MT	3°	NRG 40C	95350	1500	350	4	0°	
" 20MT	4°	NRG 40C	95399	4	4	4	180°	
DIREZIONALE 37MT	7°	NRG 200P	-	4	4	4	0°	0°
" 17MT	8°	NRG 200P	-	4	4	4	0°	0°

Note Aggiuntive:

Firma Operatore:





Gestione delle stazioni anemometriche
Fri-El Spa

RAPPORTO DI MONTAGGIO

STAZIONE ANEMOMETRICA DI	MONTESCAGLIOSO	
CODICE STAZIONE	155	
DATA INTERVENTO	21-10-2009	
COORDINATE GPS	Coord. System	
	X (East)	
	Y (Nord)	

TORRE				
Altezza		Diametro		Tipo Struttura

LOGGER			
Logger	Modello	Codice	Note
1			
2			

SENSORI									
Sensore e quota	Canale	Modello	Codice	Lunghezza Staffa [mm]	Altezza Staffa [mm]	Diametro Staffa [mm]	Orientam. Staffa [°]	Correzione Dir. [°]	
MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer		MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer	CONTA 1 ^o CAN.						
P/N: 1900		P/N: 1900							
S/N: 179500095371		S/N: 179500095356							
									
Cal Date: 12 31 2008 2:42:13 AM		Cal Date: 12 30 2008 8:18:16 PM							
Slope: 0.754 m/s per Hz		Slope: 0.754 m/s per Hz							
Offset: 0.40 m/s		Offset: 0.41 m/s							
1/9/2009 9:36:24 AM		1/9/2009 9:32:30 AM							
MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer		MONTESCAGLIOSO NRG #40C Calibrated Anemometer	CONTA 2 ^o CAN.						
P/N: 1900		P/N: 1900							
S/N: 179500095350		S/N: 179500095399							
									
Cal Date: 12 30 2008 7:17:15 PM		Cal Date: 12 31 2008 11:00:32 AM							
Slope: 0.756 m/s per Hz		Slope: 0.756 m/s per Hz							
Offset: 0.31 m/s		Offset: 0.38 m/s							
1/9/2009 9:30:23 AM		1/9/2009 11:45:53 AM							



CITTA' DI MONTESCAGLIOSO

Provincia di Matera

IL RESPONSABILE DEL SETTORE URBANISTICA

Vista la richiesta della società Fri-El S.p.A. con sede in Bolzano in Piazza del grano, 3, nella persona di signor Josef Gostner, presentata in data 15/12/2010 prot. n° 13907/E;

Da sopralluogo effettuato

a t t e s t a

che, a seguito di Denuncia di Inizio Attività presentata a questo ufficio in data 17/06/2009, divenuta esecutiva, la società Fri-El S.p.A. ha installato sul terreno sito in c.da "Specchio" – distinto in catasto al foglio di mappa 64 p.lla21, una torre anemometria in acciaio zincato.

Montescaglioso, li 20 aprile 2011

cc/



IL RESPONSABILE DEL SETTORE
Geom. Francesco Paolo CIFARELLI

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Customer: NRG Systems, Inc.

This document reports that a wind tunnel test was performed for the anemometer listed below in accordance with transfer function protocols defined by ASTM D 5096-02, ISO 17713-1, and IEC 61400-12-1. The following data and transfer function is the relationship between the reference wind speed measurement in the wind tunnel test section and the unadjusted signal output from the instrument under test (IUT) given the prescribed speed range.

IUT Model No: NRG #40
IUT Serial No: 179500095350
IUT Output: AC Sine Wave

Test Date and Time: 12/30/08 7:17 PM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

Wind Tunnel Test Facility

Otech Tunnel ID: WT2B
 Type: Eiffel (open circuit, suction)
 Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
 Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Data Acquisition

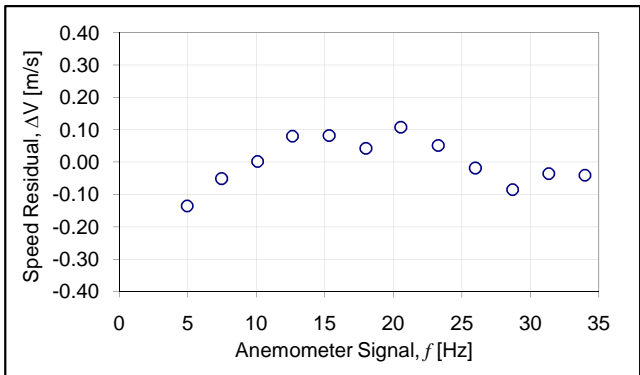
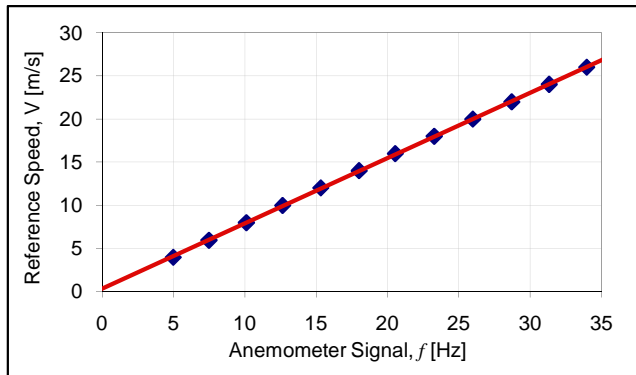
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
 Software: National Instruments LabVIEW 8.5
 Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Measuring Equipment

Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
 Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
 Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
 Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
 Reference Speed Blockage Correction = 1
 Mean Ambient Pressure = 101932 Pa
 Mean Ambient Temperature = 20.2 deg C
 Mean Relative Humidity = 37.5% RH
 Mean Density = 1.2067 kg/cubic meter

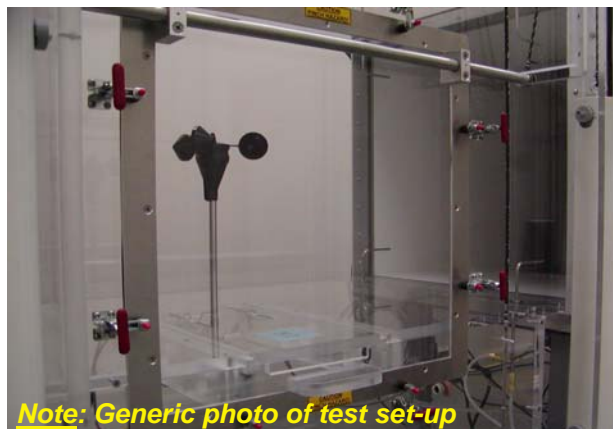


Transfer Function
Test Results:

$V \text{ [m/s]} = 0.756 f \text{ [Hz]} + 0.31$

$r = 0.99995$

std. err. estimate = 0.0778 m/s



Note: Generic photo of test set-up

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.940	4.973	-0.135	0.488%
7.958	10.105	0.002	0.470%
11.985	15.323	0.082	0.467%
15.957	20.541	0.108	0.472%
19.945	25.981	-0.018	0.465%
23.979	31.337	-0.036	0.464%
25.967	33.973	-0.040	0.467%
21.942	28.709	-0.085	0.473%
17.970	23.276	0.051	0.487%
13.974	18.005	0.043	0.471%
9.956	12.643	0.080	0.476%
5.921	7.481	-0.051	0.490%

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Customer: NRG Systems, Inc.

This document reports that a wind tunnel test was performed for the anemometer listed below in accordance with transfer function protocols defined by ASTM D 5096-02, ISO 17713-1, and IEC 61400-12-1. The following data and transfer function is the relationship between the reference wind speed measurement in the wind tunnel test section and the unadjusted signal output from the instrument under test (IUT) given the prescribed speed range.

IUT Model No: NRG #40
IUT Serial No: 179500095356
IUT Output: AC Sine Wave

Test Date and Time: 12/30/08 8:18 PM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

Wind Tunnel Test Facility

Otech Tunnel ID: WT2B
 Type: Eiffel (open circuit, suction)
 Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
 Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Data Acquisition

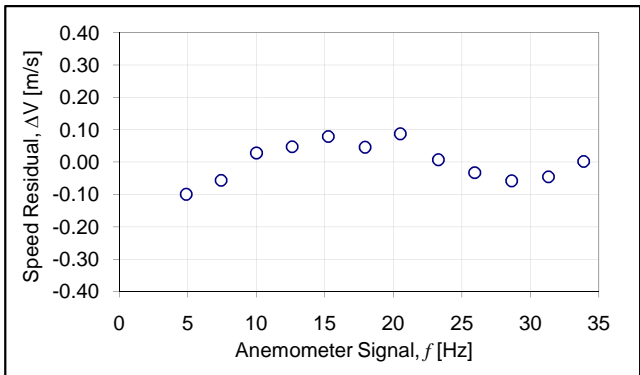
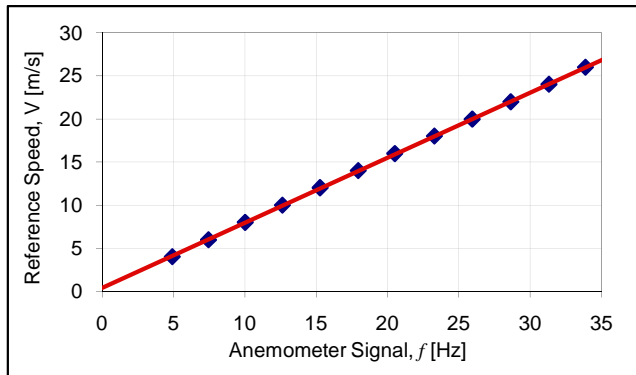
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
 Software: National Instruments LabVIEW 8.5
 Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Measuring Equipment

Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
 Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
 Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
 Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
 Reference Speed Blockage Correction = 1
 Mean Ambient Pressure = 101964 Pa
 Mean Ambient Temperature = 20.4 deg C
 Mean Relative Humidity = 36.8% RH
 Mean Density = 1.2064 kg/cubic meter

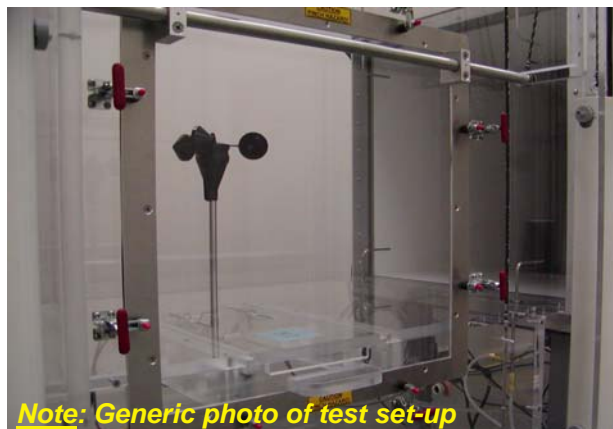


Transfer Function
Test Results:

$V \text{ [m/s]} = 0.754 f \text{ [Hz]} + 0.41$

$r = 0.99997$

std. err. estimate = 0.062 m/s



Note: Generic photo of test set-up

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
4.005	4.900	-0.100	0.471%
7.991	10.013	0.028	0.469%
12.002	15.263	0.078	0.463%
15.966	20.506	0.087	0.472%
19.946	25.941	-0.033	0.464%
23.986	31.314	-0.046	0.468%
25.969	33.879	0.001	0.469%
21.955	28.638	-0.058	0.463%
17.984	23.287	0.007	0.469%
13.990	17.942	0.045	0.461%
9.981	12.626	0.047	0.467%
5.966	7.442	-0.057	0.464%

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Customer: NRG Systems, Inc.

This document reports that a wind tunnel test was performed for the anemometer listed below in accordance with transfer function protocols defined by ASTM D 5096-02, ISO 17713-1, and IEC 61400-12-1. The following data and transfer function is the relationship between the reference wind speed measurement in the wind tunnel test section and the unadjusted signal output from the instrument under test (IUT) given the prescribed speed range.

IUT Model No: NRG #40
IUT Serial No: 179500095371
IUT Output: AC Sine Wave

Test Date and Time: 12/31/08 2:42 AM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

Wind Tunnel Test Facility

Otech Tunnel ID: WT2B
 Type: Eiffel (open circuit, suction)
 Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
 Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Data Acquisition

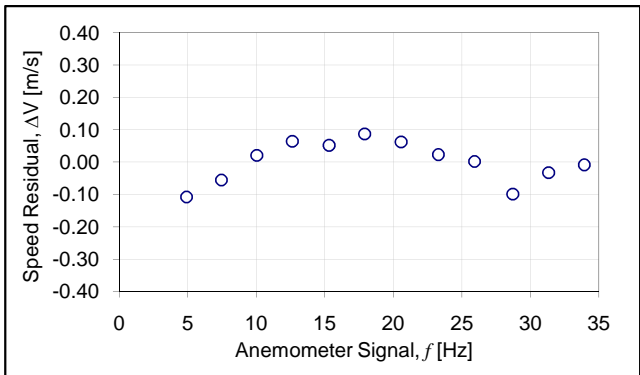
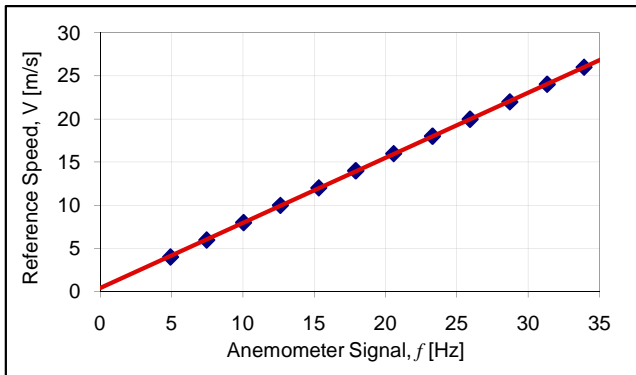
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
 Software: National Instruments LabVIEW 8.5
 Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Measuring Equipment

Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
 Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
 Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
 Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

Test Conditions

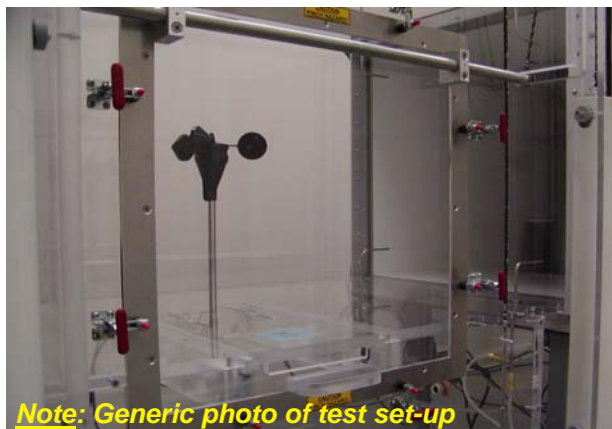
Reference Speed Position Correction = 1
 Reference Speed Blockage Correction = 1
 Mean Ambient Pressure = 102132 Pa
 Mean Ambient Temperature = 20.9 deg C
 Mean Relative Humidity = 33.8% RH
 Mean Density = 1.2067 kg/cubic meter



Transfer Function
Test Results:

$V \text{ [m/s]} = 0.754 f \text{ [Hz]} + 0.4$

r = 0.99996 std. err. estimate = 0.0669 m/s



Note: Generic photo of test set-up

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
4.003	4.925	-0.108	0.465%
7.992	10.043	0.020	0.472%
12.005	15.324	0.051	0.477%
15.976	20.576	0.061	0.464%
19.955	25.931	0.002	0.464%
23.996	31.337	-0.034	0.462%
25.978	33.932	-0.009	0.472%
21.956	28.718	-0.099	0.460%
17.990	23.298	0.023	0.478%
13.993	17.914	0.086	0.467%
9.986	12.631	0.064	0.465%
5.966	7.459	-0.056	0.468%

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Customer: NRG Systems, Inc.

This document reports that a wind tunnel test was performed for the anemometer listed below in accordance with transfer function protocols defined by ASTM D 5096-02, ISO 17713-1, and IEC 61400-12-1. The following data and transfer function is the relationship between the reference wind speed measurement in the wind tunnel test section and the unadjusted signal output from the instrument under test (IUT) given the prescribed speed range.

IUT Model No: NRG #40
IUT Serial No: 179500095399
IUT Output: AC Sine Wave

Test Date and Time: 12/31/08 11:00 AM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

Wind Tunnel Test Facility

Otech Tunnel ID: WT2B
 Type: Eiffel (open circuit, suction)
 Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
 Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Data Acquisition

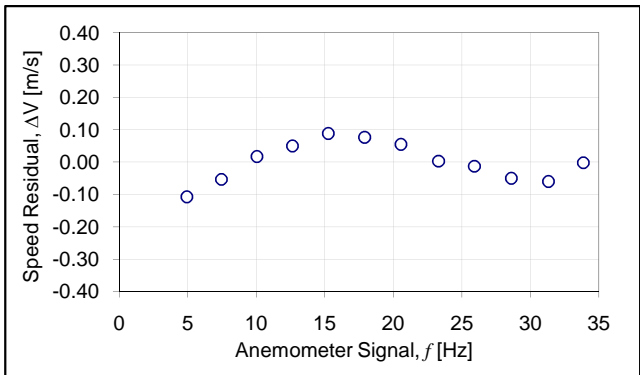
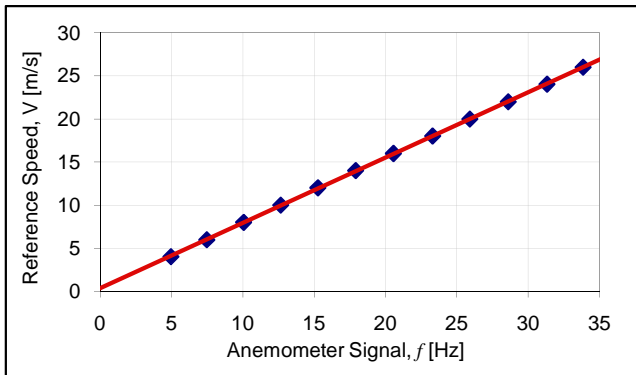
Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
 Software: National Instruments LabVIEW 8.5
 Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Measuring Equipment

Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
 Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
 Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
 Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

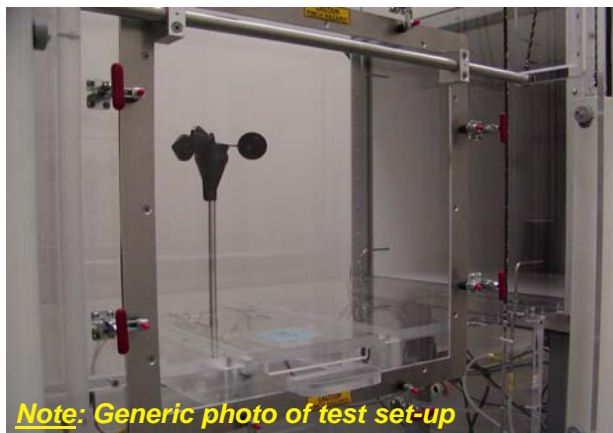
Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
 Reference Speed Blockage Correction = 1
 Mean Ambient Pressure = 102271 Pa
 Mean Ambient Temperature = 20.9 deg C
 Mean Relative Humidity = 33.8% RH
 Mean Density = 1.2083 kg/cubic meter



Transfer Function
Test Results:

$V \text{ [m/s]} = 0.756 f \text{ [Hz]} + 0.38$
 r = 0.99997 std. err. estimate = 0.0632 m/s



Note: Generic photo of test set-up

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
4.011	4.945	-0.108	0.490%
7.995	10.050	0.017	0.467%
12.001	15.254	0.088	0.461%
15.972	20.551	0.054	0.474%
19.953	25.906	-0.013	0.470%
23.997	31.318	-0.060	0.481%
25.971	33.852	-0.002	0.468%
21.952	28.599	-0.050	0.465%
17.995	23.296	0.003	0.464%
13.992	17.904	0.076	0.480%
9.988	12.643	0.049	0.466%
5.968	7.462	-0.053	0.468%

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

Test Date: 12 January 2010

Revision No: 0

Customer Information

NRG Systems, Inc.
 110 Riggs Road
 Hinesburg, VT 05461
 USA

Wind Tunnel Test Facility

Otech Tunnel ID: WT1C
 Type: Eiffel (open circuit, suction)
 Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m x 1.22 m
 Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Measuring Equipment

Reference Speed: Four United Sensor Type PA Pitot-static tubes sensed by an MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (NIST traceable)
 Amb. Pressure: Setra Model 270 Barometer (NIST traceable)
 Amb. Temperature: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)
 Relative Humidity: OMEGA HX94 SS Probe (NIST traceable)

Instrument Under Test (IUT)

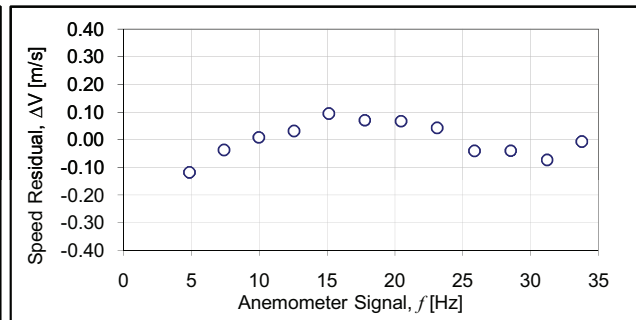
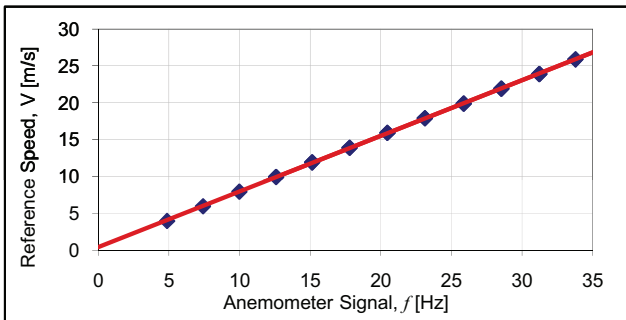
Model No: NRG #40
 Serial No: 179500139572
 Output: AC Sine Wave
 Test Procedure: OTECH-CP-001

Data Acquisition

Hardware: National Instruments CDAQ-9172 USB 2.0 chassis with NI 9205 32-chan 16-bit AI module
 Software: National Instruments LabVIEW 8.5
 Signal Reduction Method for IUT: FFT to determine frequency

Test Conditions

Reference Speed Position Correction = 1
 Reference Speed Blockage Correction = 1
 Mean Ambient Pressure = 101,469 Pa
 Mean Ambient Temperature = 22.4 deg C
 Mean Relative Humidity = 40.4% RH
 Mean Density = 1.1916 kg/cubic meter

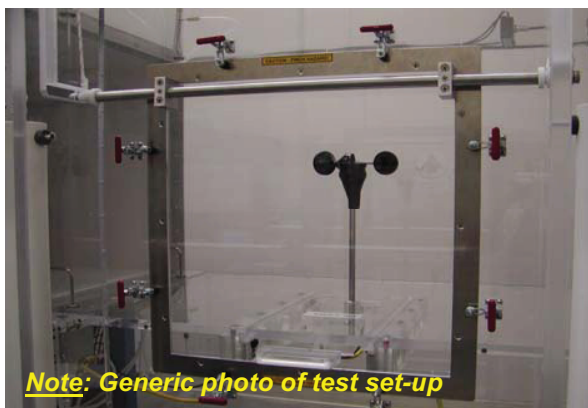


Transfer Function

$V \text{ [m/s]} = 0.755 f \text{ [Hz]} + 0.42$

Test Results:

r = 0.99996 std. err. estimate = 0.0672 m/s



Note: Generic photo of test set-up

Approved by: Rachael Coquilla, Chief Engineer

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.976	4.865	-0.118	0.519%
7.968	9.981	0.008	0.492%
11.947	15.134	0.095	0.472%
15.942	20.459	0.067	0.462%
19.919	25.865	-0.040	0.470%
23.924	31.211	-0.073	0.478%
25.927	33.775	-0.007	0.473%
21.933	28.532	-0.040	0.468%
17.925	23.117	0.043	0.471%
13.927	17.788	0.070	0.492%
9.951	12.575	0.032	0.487%
5.982	7.412	-0.037	0.475%

This document reports that the above IUT was tested at Otech Engineering, Inc., a wind tunnel laboratory accredited in accordance with the recognised International Standard ISO/IEC 17025:2005 (Certificate number CL-126). This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (refer joint ISO-ILAC-IAF Communiqué dated January 2009). This report shall not be reproduced except in full, without written approval from Otech Engineering, Inc.



REPORT DI INSTALLAZIONE SODAR
MONTESCAGLIOSO (MT)

26.11.2021

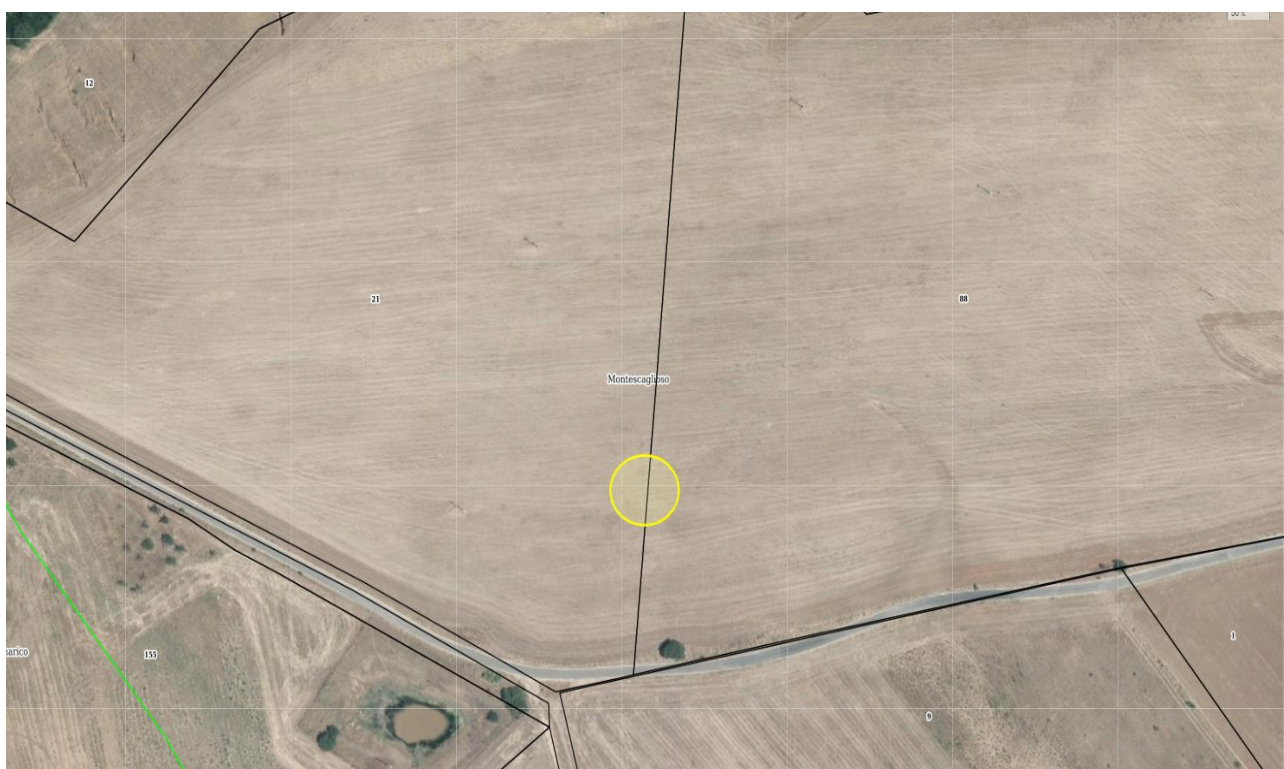
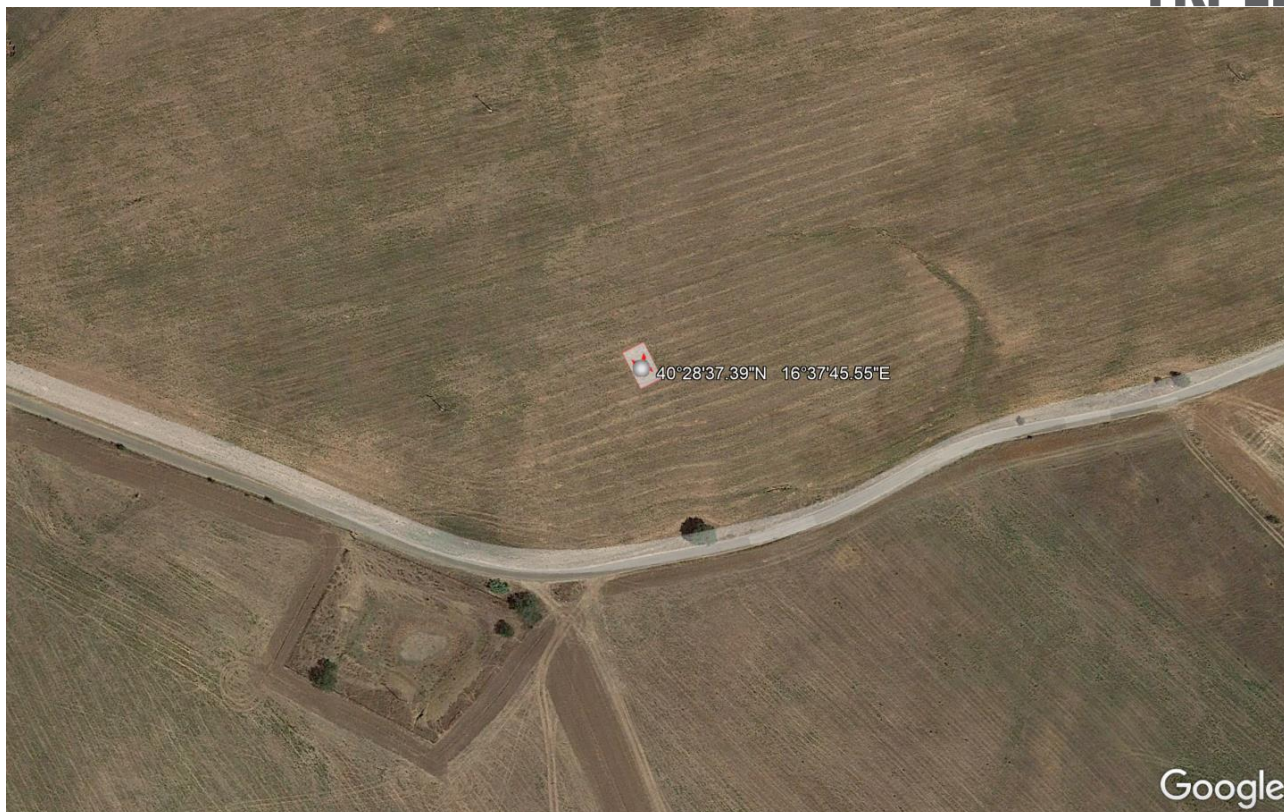


LUOGO DI INSTALLAZIONE	MONTESCAGLIOSO - C.da Imperatore	
CODICE STAZIONE	1021	
DATA DI INSTALLAZIONE	26/11/2021	
UNITA'	FRI1	
MODELLO	AQ System AQ500	
COORDINATE GEOGRAFICHE	X (Est)	16°37'45.55"E
	Y(Nord)	40°28'37.38"N

DATI PRIMA INSTALLAZIONE	
MESSA IN ESERCIZIO	13:00
ORIENTAMENTO	340°
VOLUME	250W
RANGE	20 a 150m
GSM SIGNAL	buono
GSM NUMBER	3355710658
LIVELLO GASOLIO	100%
ORE GRUPPO ELETTROGENO	2986h

NOTE	
Operazioni eseguite: posizionamento secondo programma, installazione pannelli solari, controllo del gruppo elettrogeno (livello olio, filtro carburante e filtro olio)	
OPERATORI	Carmine Libonati - Gianpaolo Mangione - Piero Vetere

FRI-EL S.p.A.Piazza della Rotonda 2 | I-00186 Roma (RM) | T +39 06 6880 4163 | F +39 06 6821 2764 | www.fri-el.it | fri-elspa@legalmail.itP. Iva 01652230218 | Cod. Fisc. 07321020153 | Iscritta nel Registro delle Imprese di Roma n. 07321020153 | Cap. Soc. € 5.000.000,00 int. vers.
Società unipersonale soggetta a direzione e coordinamento di FRI-EL Green Power SpA. Iscritta nel Registro delle Imprese di Roma n.01533770218



Foglio 64	Particelle 21-88
Proprietario terreno:	Deveteris Michele

FRI-EL S.p.A.

Piazza della Rotonda 2 | I-00186 Roma (RM) | T +39 06 6880 4163 | F +39 06 6821 2764 | www.fri-el.it | fri-elspa@legalmail.it

P. Iva 01652230218 | Cod. Fisc. 07321020153 | Iscritta nel Registro delle Imprese di Roma n. 07321020153 | Cap. Soc. € 5.000.000,00 int. vers.
 Società unipersonale soggetta a direzione e coordinamento di FRI-EL Green Power SpA. Iscritta nel Registro delle Imprese di Roma n.01533770218

**FRI-EL S.p.A.**

Piazza della Rotonda 2 | I-00186 Roma (RM) | T +39 06 6880 4163 | F +39 06 6821 2764 | www.fri-el.it | fri-elspa@legalmail.it

P. Iva 01652230218 | Cod. Fisc. 07321020153 | Iscritta nel Registro delle Imprese di Roma n. 07321020153 | Cap. Soc. € 5.000.000,00 int. vers.
Società unipersonale soggetta a direzione e coordinamento di FRI-EL Green Power SpA. Iscritta nel Registro delle Imprese di Roma n.01533770218