



COMUNE DI LUCERA

PROVINCIA DI FOGGIA



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA

D.Lgs. 387/2003

PROCEDIMENTO UNICO AMBIENTALE (PUA)

Valutazione di

Impatto Ambientale (V.I.A.)

D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. (art. 27)

"Norme in materia ambientale"

PROGETTO

LUCERIA

DITTA

ATS Engineering s.r.l.

A 12

Pagg. 28

Titolo dell'allegato:

STUDIO DELLA PRODUCIBILITA' ENERGETICA

1	EMISSIONE	05/02/2021 DATA

CARATTERISTICHE GENERALI D'IMPIANTO

GENERATORE - Altezza mozzo: fino a 140 m
Diametro rotore: fino a 180 m
Potenza unitaria: fino a 6 MW

IMPIANTO - Numero generatori: 33
Potenza complessiva: fino a 198 MW

Il proponente:

ATS Engineering s.r.l.
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il progettista:

ATS Engineering srl
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il tecnico:

Ing. Eugenio Di Gianvito
atsing@atsing.eu

Indice

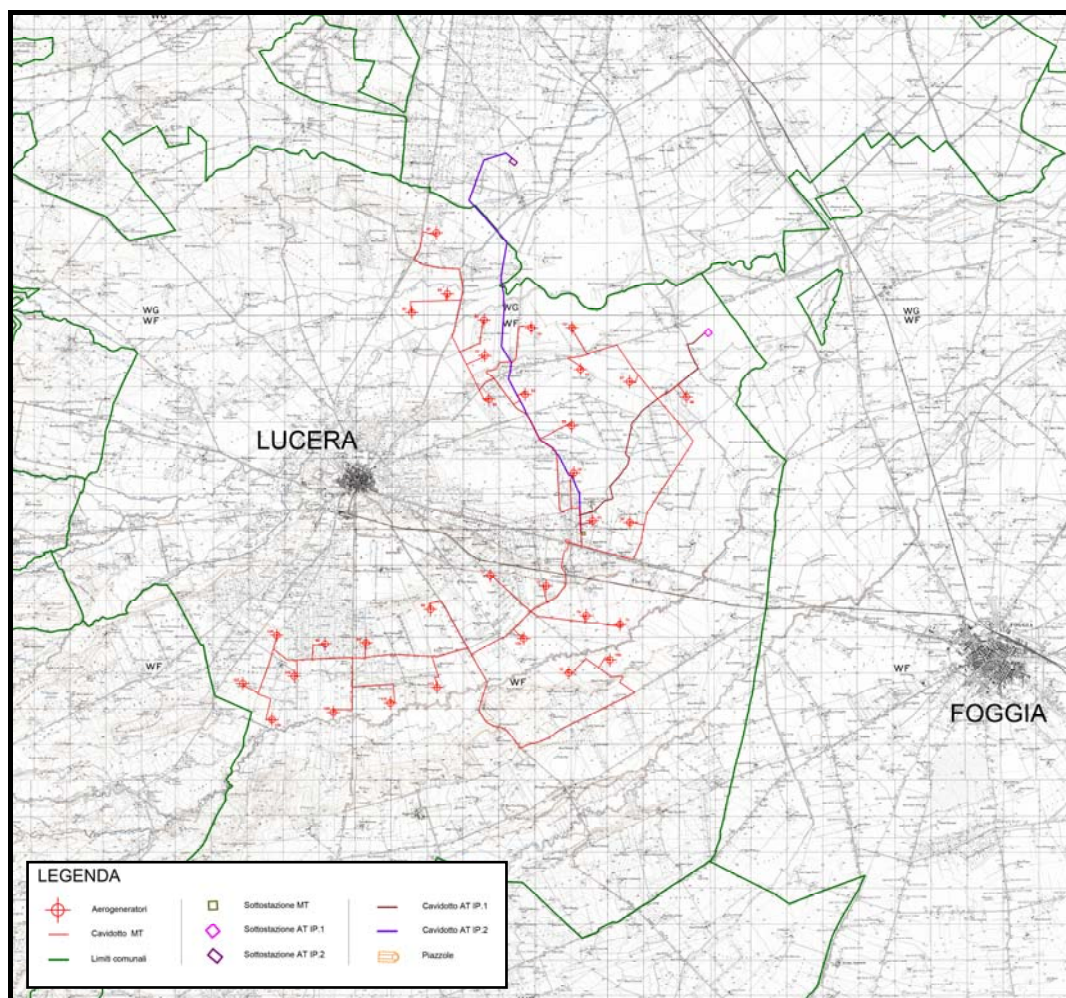
1. Premessa.....	2
2. Descrizione generale del progetto	2
3. Potenziale eolico dell'area di progetto	4
4. Stima della producibilità energetica	12
5. Conclusioni.....	18

1. Premessa

La presente relazione sullo studio della producibilità energetica riporta i risultati della valutazione della risorsa eolica e i calcoli di rendimento energetico per il progetto *LUCERIA*, un impianto industriale per la produzione di energia elettrica alimentato da fonte rinnovabile eolica, proposto dalla *ATS Engineering s.r.l.*, con sede legale in Torremaggiore (FG), Piazza Giovanni Paolo II, n. 8, che ha previsto la realizzazione di un impianto eolico ubicato nel territorio comunale di *LUCERA* in provincia di *FOGGIA*.

2. Descrizione generale del progetto

La superficie territoriale totale dell'area di progetto - che prevede l'installazione di n. 33 aerogeneratori di potenza nominale attiva pari a **6 MW** per una potenza complessiva di **198 MW** - è di 16,5 ettari (165.000 mq), ossia 5.000 mq per aerogeneratore, considerando in tale previsione anche le piazzole, le fondazioni, la cabina, le strade e la superficie deiavidotti. Il progetto, oltre all'ubicazione nell'area di n. 33 aerogeneratori, prevede anche la realizzazione di una linea interrata di collegamento alla sottostazione MT-AT da realizzare.



Inquadramento territoriale su IGM in scala 1:50.000

Per una identificazione univoca di ogni singolo aerogeneratore nella tabella seguente si riportano le coordinate relative all'ubicazione georeferenziata di ognuno di essi nel sistema di riferimento *UTM33N-WGS84*.

Numero WTG	UTM33N – WGS84	
	Est	Nord
7b	534.358	4.591.416
7c	535.301	4.591.174
10	533.865	4.589.815
10b	535.021	4.590.175
12	533.235	4.592.230
13b	532.608	4.590.771
17	531.679	4.592.518
46	537.156	4.597.527
51	534.535	4.594.060
52	535.580	4.594.012
57	534.009	4.595.403
60	533.948	4.596.707
63	532.648	4.597.595
65	534.198	4.598.284
67	535.570	4.597.944
72	533.963	4.599.451
74	532.824	4.599.448
77	531.522	4.598.683
80	531.501	4.599.673
83	529.483	4.599.892
85	530.475	4.600.406
87	530.167	4.602.106
88	531.636	4.597.461
90	530.006	4.591.595
94	528.205	4.590.646

96	527.056	4.590.614
100	525.710	4.590.868
102	524.755	4.589.511
104	525.573	4.588.504
106	526.198	4.589.721
109	527.287	4.588.709
113	530.191	4.589.399
115	528.885	4.588.967

Coordinate aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM33N-WGS84

3. Potenziale eolico dell'area di progetto

Il parco eolico *LUCERIA*, essendo costituito da n. 33 aerogeneratori - di potenza nominale attiva pari a 6 MW - per una potenza complessiva 198 MW.

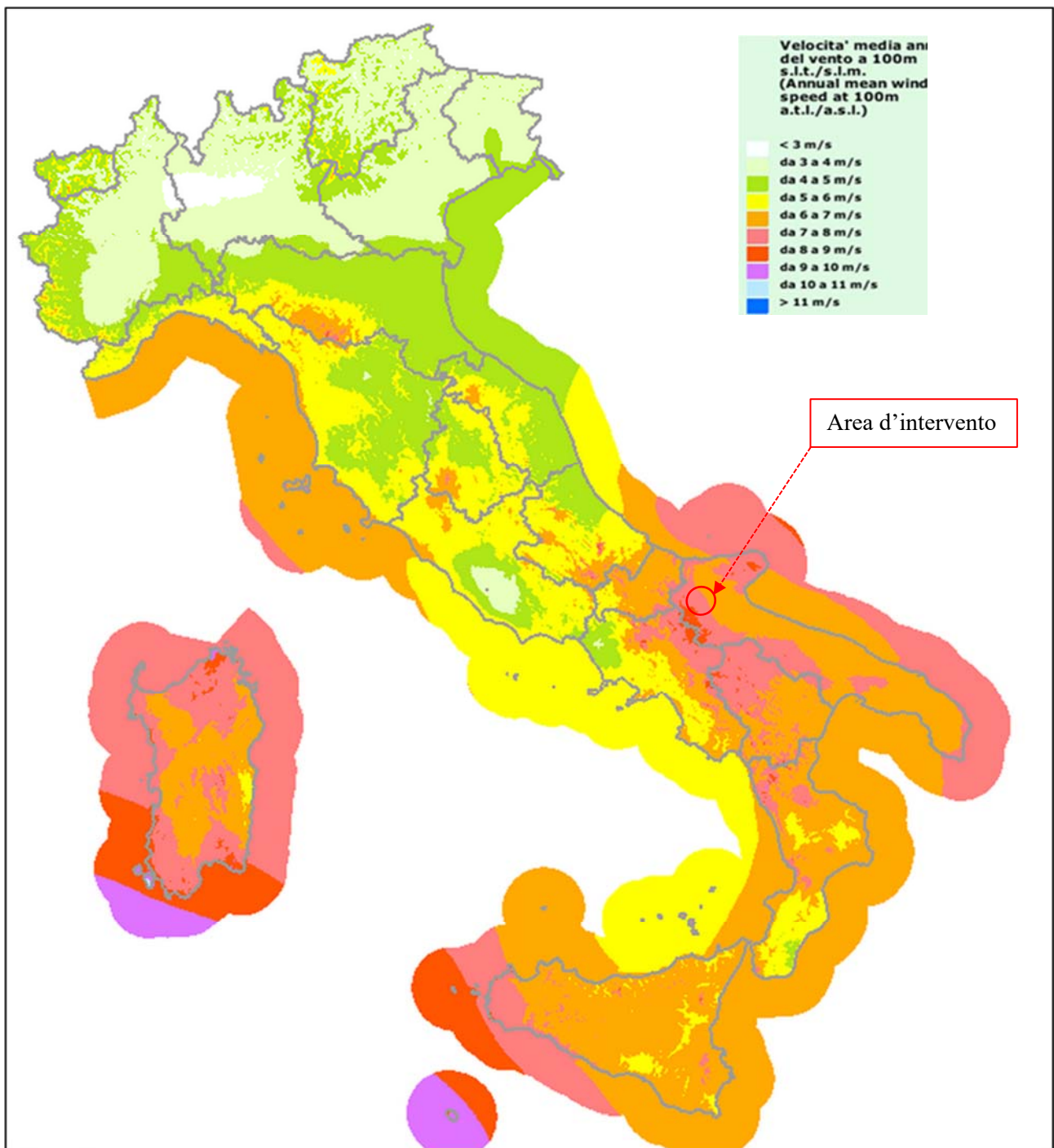
Le aree idonee agli impianti di grandi e medie dimensioni, secondo il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (P.P.T.R.) sono:

le aree produttive pianificate;

le aree agricole di mitigazione delle zone industriali;

le aree prossime ai bacini estrattivi.

La sovrapposizione di tali aree ai bacini con un buon indice di ventosità e potenzialità eolica - individuate dall'*Atlante eolico* del Cesi e dall'*Atlante Eolico Regionale* - definisce gli ambiti ottimali per l'installazione degli impianti eolici.

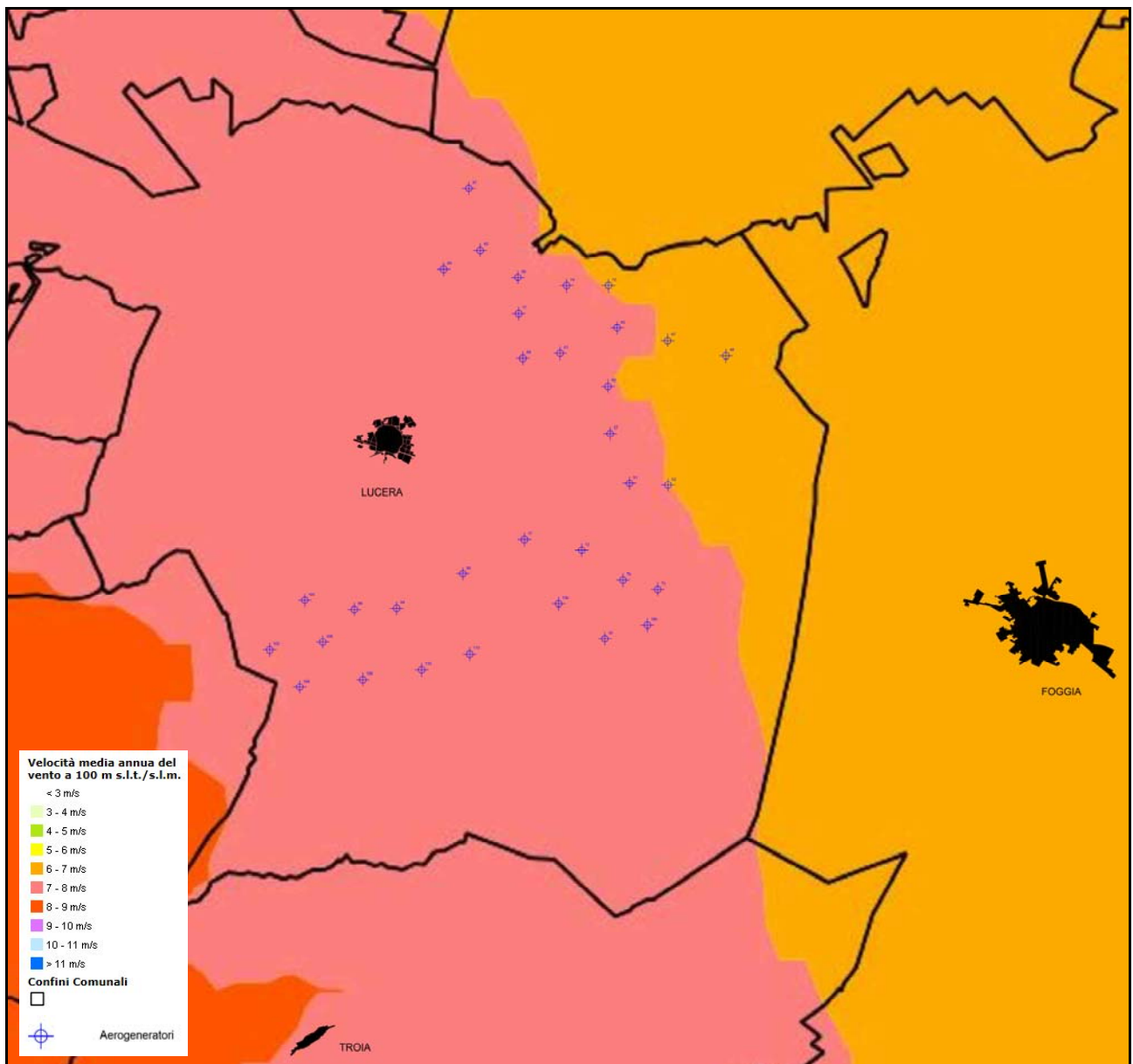


Atlante eolico interattivo italiano con velocità media a 100 m – C.E.S.I.

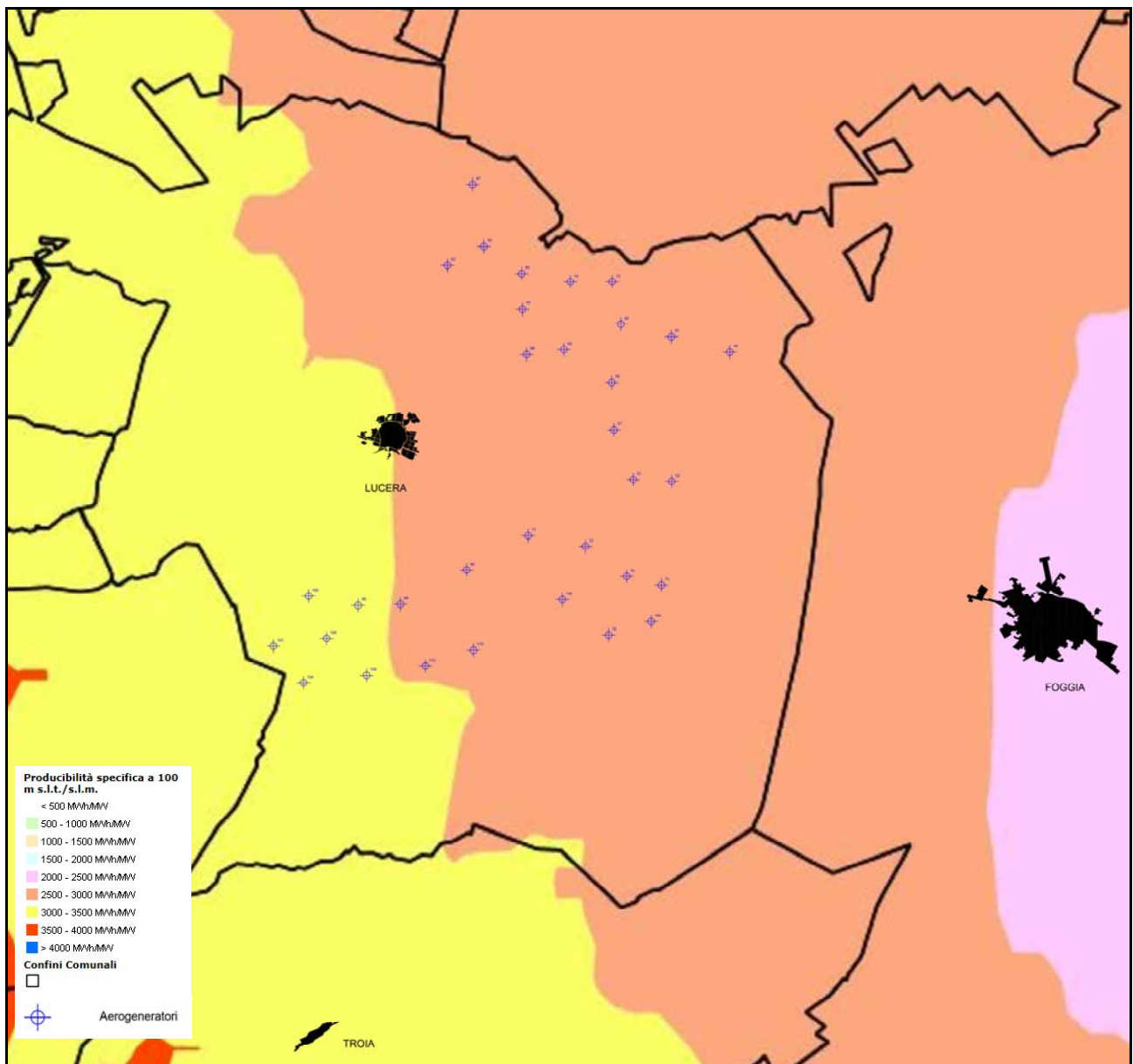
Durante gli studi preliminari e dall'interpretazione dei dati rilevati da stazioni anemologiche presenti in provincia ed in prossimità dell'area di interesse, è stata verificata la presenza di una risorsa eolica che renderebbe conveniente la realizzazione del progetto in termini di producibilità; infatti dall'*Atlante Eolico*

Italiano Interattivo del C.E.S.I. si desume che la velocità del vento, nella provincia di Foggia, sia compresa tra i 6 e 9 m/s alla quota di 100 metri, rendendo questa come una delle zone migliori in Italia in termini di producibilità energetica.

Nelle mappe seguenti si evince nel dettaglio come alla quota di 100 m s.l.t., cioè ad un'altezza prossima a quella delle turbine - altezza rotore pari a 140 m - la velocità media del vento è compresa tra i 6 e 7 m/s per gli aerogeneratori: T72, T67, T46, T52 e tra i 7 e 8 m/s per gli aerogeneratori: T87, T85, T83, T80, T74, T77, T65, T63, T88, T60, T57, T51, T17, T12, T7b, T7c, T13b, T10, T10b, T90, T100, T96, T94, T102, T106, T104, T109, T115, T113 mentre la producibilità varia nell'intervallo compreso tra le 2500 e 3000 Mwh per gli aerogeneratori: T87, T85, T83, T80, T74, T72, T77, T65, T88, T63, T67, T46, T60, T57, T51, T52, T17, T12, T90, T7b, T7c, T13b, T10b, T10, T94, T113, T115 e tra i 3000 e 3500 Mwh per gli aerogeneratori: T100, T96, T106, T102, T104, T109.



Impianto su Atlante eolico interattivo con velocità media annua del vento a 100 m s.l.m.



Impianto su Atlante eolico interattivo con produciibilità specifica a 100 m s.l.m.

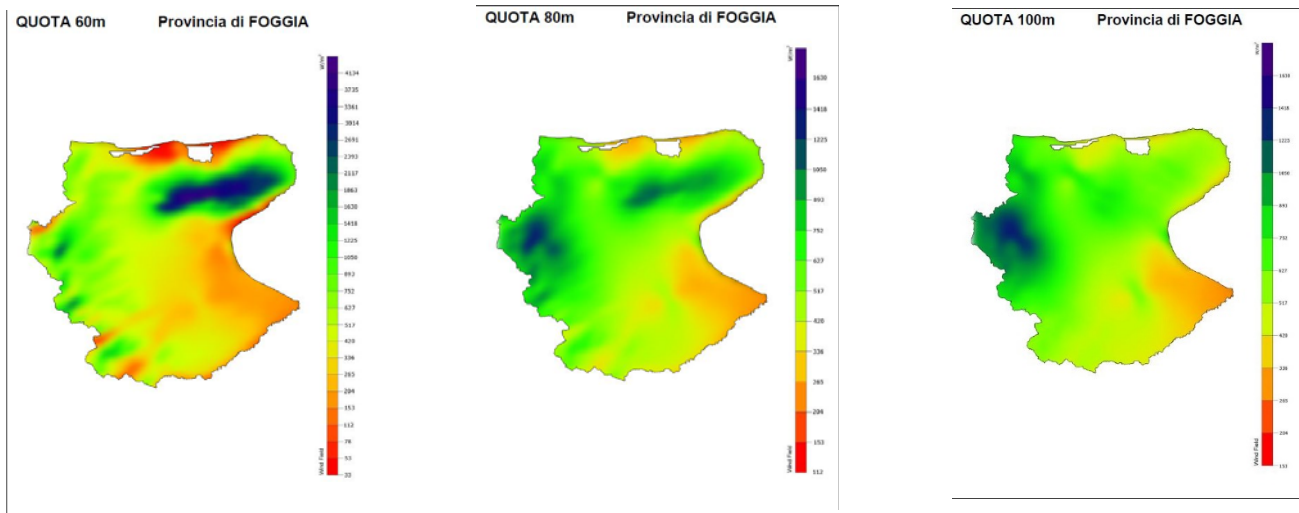
Quanto rilevato è stato confermato da:

- CREA;
- l'Atlante Eolico Italiano Interattivo del C.E.S.I.;

Il CREA (Centro Ricerca Energia & Ambiente) dell'Università del Salento, in risposta alle direttive emanate dalla Regione Puglia e alla sempre crescente richiesta di installazione di impianti eolici, ha analizzato le peculiarità atte alla caratterizzazione eolica delle circoscrizioni provinciali dei comuni pugliesi, riportando per ciascuna gli elementi utili alla valutazione di idoneità eolica in relazione ai criteri tecnici richiesti dalle direttive Regionali.

Gli studi del CREA, ricostruendo le caratteristiche meteorologiche, anemologiche e geomorfologiche del territorio regionale, hanno ottenuto informazioni su:

- Direzione prevalente del vento;
- Velocità media del vento, ponderata sulla potenza.



Alla consultazione degli atlanti delle mappature dei venti e dei dati storici raccolti dai centri di Ricerca dedicati alla caratterizzazione ed all'analisi statistica dell'evoluzione della meteorologia, al monitoraggio delle variazioni delle condizioni climatiche, alla caratterizzazione del moto dei flussi d'aria, è stata affiancata una raccolta dei dati anemometrici nella zona dell'area di progetto.

I dati anemometrici a disposizione sono stati raccolti da stazioni anemometriche caratterizzate da una altezza della torre tubolare di 101.2 m, e analizzati con il software Wind PRO al fine di stimare la velocità del vento a lungo termine e le distribuzioni di frequenza riportati di seguito. La velocità media ottenuta è di 6.42 m/s.

Gli stessi dati sono stati elaborati al fine di ottenere un *wind shear* fino ad una altezza prossima a quella del mozzo delle turbine considerate cioè 140 m; in questo caso la velocità media ottenuta è di 6,87 m/s.

Di seguito viene sinteticamente riportata la distribuzione statistica della velocità media del vento e i valori di turbolenza dedotti da tutte le stazioni anemometriche installate nella zona.

Bin	Start	End	Sum	0-N	1-NNE	2-ENE	3-E	4-ESE	5-SSE	6-S	7-SSW	8-WSW	9-W	10-WNW	11-NNW
Mean			6.268	6.035	2.339	2.550	6.743	5.904	4.242	4.706	6.294	7.555	4.391	6.860	6.955
0		0.499	2526	216	90	75	91	177	111	82	81	95	129	402	977
1	0.500	1.499	7867	617	558	569	598	738	782	651	604	573	672	727	778
2	1.500	2.499	13395	979	580	576	952	1799	1579	975	824	776	1124	1459	1772
3	2.500	3.499	14557	1069	306	293	790	2499	1812	866	694	670	921	2045	2592
4	3.500	4.499	15914	1071	151	129	780	3035	1741	712	696	726	708	2516	3649
5	4.500	5.499	17309	1209	54	93	764	3327	1332	564	608	659	611	2903	5185
6	5.500	6.499	17951	1267	34	50	895	3505	896	478	597	598	484	2928	6219
7	6.500	7.499	17846	1315	16	32	984	3159	539	401	595	694	374	2794	6943
8	7.500	8.499	15946	1218	10	17	1069	2516	366	367	673	727	343	2462	6178
9	8.500	9.499	12534	954	14	23	990	1521	210	313	561	826	202	2208	4712
10	9.500	10.499	9650	694	11	13	737	926	144	204	519	849	175	2129	3249
11	10.500	11.499	6877	408	5	10	524	676	108	117	376	722	98	1674	2159
12	11.500	12.499	4405	212	4	2	385	444	66	68	271	531	57	1099	1266
13	12.500	13.499	2772	112	2	4	308	234	48	48	195	404	44	598	775
14	13.500	14.499	1719	66	3	3	206	132	22	27	105	275	18	361	501
15	14.500	15.499	1037	38	0	2	98	54	10	7	59	193	11	231	334
16	15.500	16.499	609	23	0	0	42	37	1	7	41	135	5	100	218
17	16.500	17.499	400	19	1	0	28	22	1	3	26	96	1	52	151
18	17.500	18.499	210	19	0	0	8	6	0	0	13	66	0	20	78
19	18.500	19.499	100	10	0	0	6	4	0	0	5	38	0	7	30
20	19.500	20.499	53	10	0	0	3	3	0	0	6	15	0	2	14
21	20.500	21.499	28	1	0	0	0	0	0	0	5	13	1	3	5
22	21.500	22.499	8	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	3
23	22.500	23.499	9	0	0	0	2	2	0	0	4	1	0	0	0
24	23.500	24.499	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
25	24.500	25.499	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	25.500	26.499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	26.500	27.499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	27.500	28.499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	28.500	29.499	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
30	29.500	30.499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Distribuzione delle frequenze ad una quota di 101.2 m

Bin	Start	End	Mean	0-N	1-NNE	2-ENE	3-E	4-ESE	5-SSE	6-S	7-SSW	8-WSW	9-W	10-WNW	11-NNW
Mean			0.08	0.10	0.15	0.12	0.08	0.07	0.09	0.12	0.12	0.12	0.10	0.06	0.08
0		0.4999													
1	0.5000	1.4999													
2	1.5000	2.4999													
3	2.5000	3.4999													
4	3.5000	4.4999	0.11	0.14	0.19	0.15	0.12	0.10	0.11	0.15	0.17	0.16	0.13	0.08	0.10
5	4.5000	5.4999	0.10	0.13	0.16	0.13	0.11	0.09	0.10	0.14	0.15	0.16	0.11	0.07	0.09
6	5.5000	6.4999	0.09	0.11	0.14	0.10	0.09	0.08	0.09	0.12	0.15	0.15	0.11	0.06	0.08
7	6.5000	7.4999	0.08	0.10	0.12	0.13	0.07	0.07	0.09	0.11	0.13	0.13	0.10	0.06	0.07
8	7.5000	8.4999	0.07	0.09	0.13	0.09	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.12	0.08	0.05	0.07
9	8.5000	9.4999	0.07	0.09	0.11	0.09	0.06	0.06	0.08	0.10	0.11	0.11	0.08	0.06	0.07
10	9.5000	10.4999	0.07	0.09	0.10	0.08	0.06	0.06	0.07	0.10	0.10	0.10	0.08	0.06	0.08
11	10.5000	11.4999	0.08	0.09	0.10	0.09	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09	0.09	0.07	0.06	0.08
12	11.5000	12.4999	0.08	0.09	0.12	0.15	0.07	0.05	0.06	0.08	0.09	0.09	0.08	0.06	0.08
13	12.5000	13.4999	0.08	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.08	0.08	0.09	0.07	0.07	0.09
14	13.5000	14.4999	0.08	0.09	0.08	0.09	0.07	0.06	0.05	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09
15	14.5000	15.4999	0.08	0.09		0.08	0.07	0.07	0.05	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09
16	15.5000	16.4999	0.09	0.09			0.08	0.08	0.06	0.05	0.10	0.09	0.12	0.08	0.09
17	16.5000	17.4999	0.09	0.09	0.08		0.07	0.08	0.08	0.07	0.09	0.09	0.12	0.09	0.09
18	17.5000	18.4999	0.08	0.09			0.08	0.08			0.08	0.07		0.10	0.08
19	18.5000	19.4999	0.08	0.09			0.06	0.06			0.09	0.08		0.10	0.08
20	19.5000	20.4999	0.08	0.09			0.08	0.00			0.09	0.09		0.12	0.07
21	20.5000	21.4999	0.08	0.10							0.07	0.08	0.09	0.12	0.08
22	21.5000	22.4999	0.09								0.10	0.05		0.17	0.07
23	22.5000	23.4999	0.04				0.00	0.00			0.08	0.05			
24	23.5000	24.4999	0.07								0.07				
25	24.5000	25.4999	0.32				0.32								
26	25.5000	26.4999													
27	26.5000	27.4999													
28	27.5000	28.4999													
29	28.5000	29.4999	0.01				0.00	0.01							
30	29.5000	30.4999													

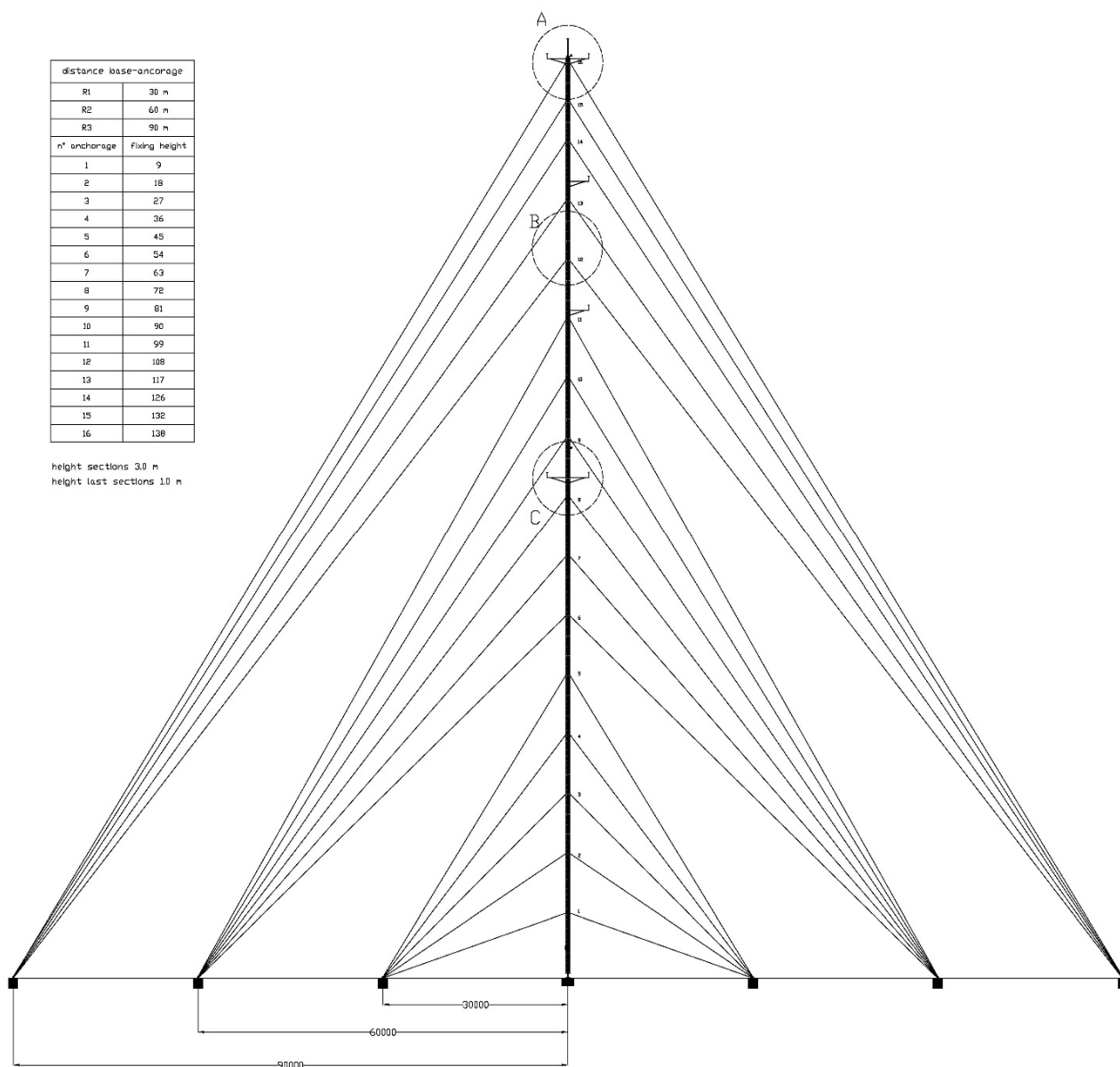
Valori della turbolenza ad una quota di 101.2 m

Gli stessi dati sono confermati da una seconda torre anemometrica posta nel punto:

(41°31'59.39"N; 15°26'53.99"E)

La strumentazione anemometrica installata consente di registrare le seguenti grandezze:

- Velocità medie del vento (valore mediato ogni 10 min) a 75, 100, 120, 137 e 139 m dal suolo;
- Direzioni medie del vento (valore mediato ogni 10 min) alle altezze di 75 e 139 m dal suolo;



Torre anemometrica

L'analisi di questi dati è di fondamentale importanza per la corretta progettazione dell'impianto eolico in quanto questi dati influiscono direttamente su parametri quali, ad esempio, la disposizione degli aerogeneratori sul terreno, la mutua distanza da tenere tra le macchine per evitare perdita di produzione di energia o fenomeni di stress sulle componenti meccaniche degli aerogeneratori causati dall'effetto "scia".

La turbolenza è un parametro che fornisce un'informazione importante sulle caratteristiche fluidodinamiche della risorsa eolica in quanto restituisce la variabilità relativa della velocità istantanea del vento rispetto al suo valor medio nell'intervallo considerato.

Ad esempio, un valore di turbolenza (TI) superiore a 0,18 (o equivalentemente 18%), indica un fenomeno ventoso piuttosto disturbato che potrebbe sollecitare eccessivamente le macchine per la produzione di energia eolica ed inficiarne la produttività. In generale la turbolenza diminuisce man mano che ci si allontana dalla crosta terrestre in quanto sono gli ostacoli e l'orografia ad alterare i profili fluidodinamici.

4. Stima della producibilità energetica

Per la determinazione della producibilità dell'impianto è necessario disporre del diagramma di potenza (Curva di potenza) caratterizzante gli aerogeneratori considerati, le cui caratteristiche sono definite nell'allegato *Caratteristiche macchina tipo*, che fornisce il valore di potenza estraibile in relazione ai differenti valori assunti dalla velocità del vento e la distribuzione della probabilità di velocità (densità di probabilità di Weibull).

La valutazione della produzione annua di energia mediante un aerogeneratore può essere effettuata molto semplicemente conoscendo la distribuzione di frequenza della velocità del vento, valutata all'altezza media del rotore, e la curva di potenza della macchina. Infatti, per ciascuna classe di velocità, il prodotto della potenza prodotta dalla turbina eolica per il corrispondente numero di ore/annue di persistenza di tale velocità del vento fornisce direttamente la produzione netta di energia. La somma delle produzioni energetiche relative a tutte le classi di velocità del vento è pari alla produzione energetica annua totale:

$$E_{E,N} = \sum_{i=1}^N n_i \cdot P_i$$

Un fattore molto rilevante per la valutazione della produzione di energia e della redditività dell'iniziativa è il cosiddetto "rendimento di schiera" del parco eolico. Infatti, per effetto del disturbo aerodinamico creato da ciascuna macchina sulle altre, la produzione di energia di una turbina inserita in un gruppo di macchine è minore della produzione energetica della stessa macchina installata in posizione isolata.

L'andamento della distribuzione di Weibull rappresenta in ordinate la probabilità in termini percentuali che il vento durante l'anno abbia una certa velocità; infatti l'area sottesa dalla curva è sempre uguale a uno.

La sua forma varia da luogo a luogo, dipendendo soprattutto dalle condizioni climatiche, dall'orografia e dal tipo di superficie ed è data dalla seguente formula:

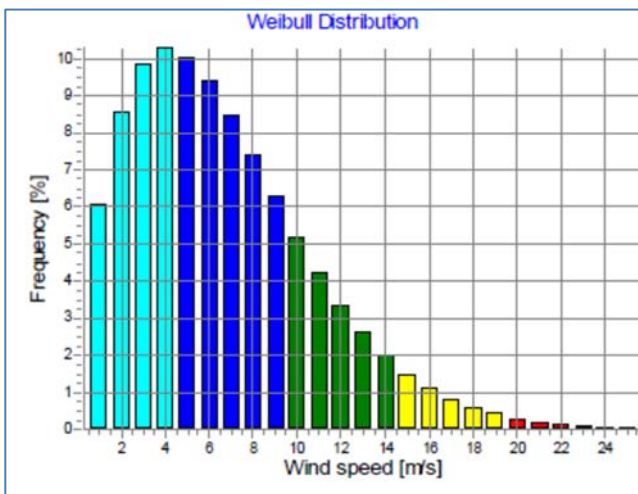
$$F(v) = \exp[-(v/A)^K]$$

Dove:

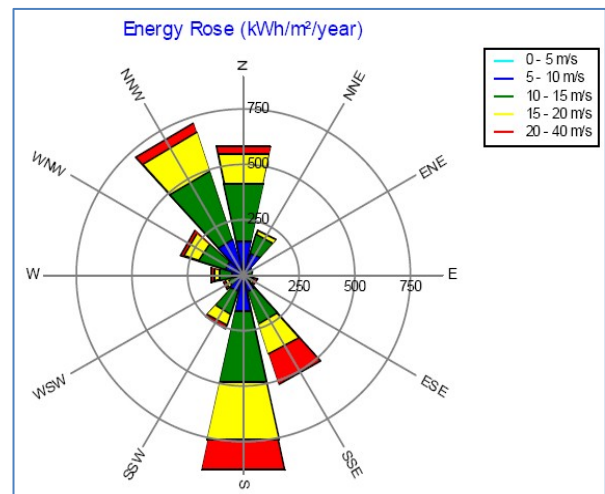
- $F(v)$ è l'intervallo di tempo per il quale la velocità media supera il valore v ;
- K il parametro di forma, adimensionale, legato all'orografia del sito ed alle caratteristiche di ventosità proprie dell'area;
- A , parametro di scala (m/s), strettamente legato alla velocità media del vento.

Nota la distribuzione di Weibull del sito, l'andamento del fattore di potenza e la curva di potenza dell'aerogeneratore che si vuole installare, è possibile determinare il numero di ore/anno in cui la macchina è in grado di funzionare e la quantità di energia elettrica prodotta.

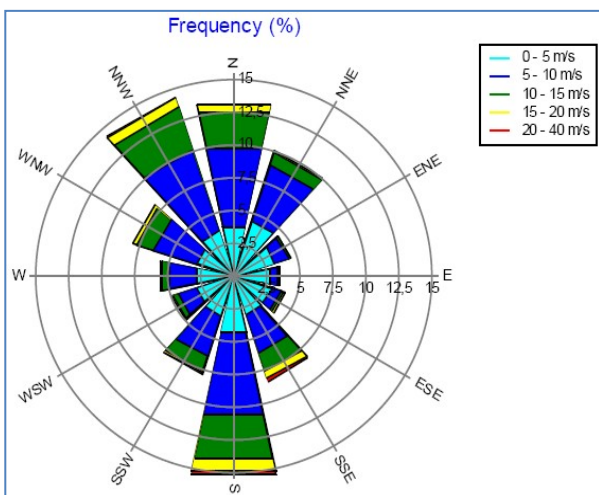
in grado di funzionare e la quantità di energia elettrica prodotta.



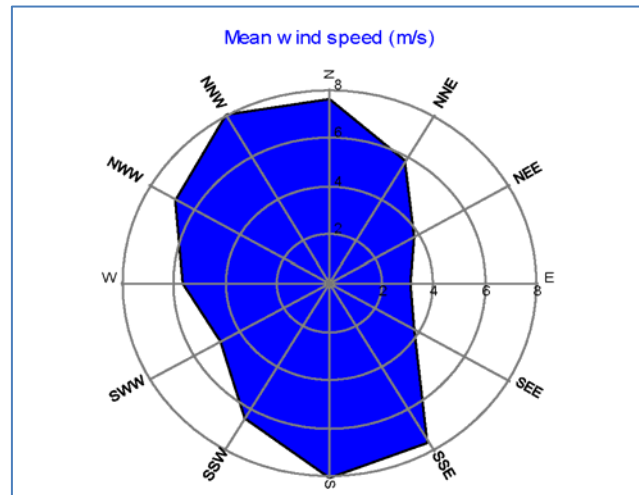
Distribuzione di Weibull



Energia del vento nel centro del sito



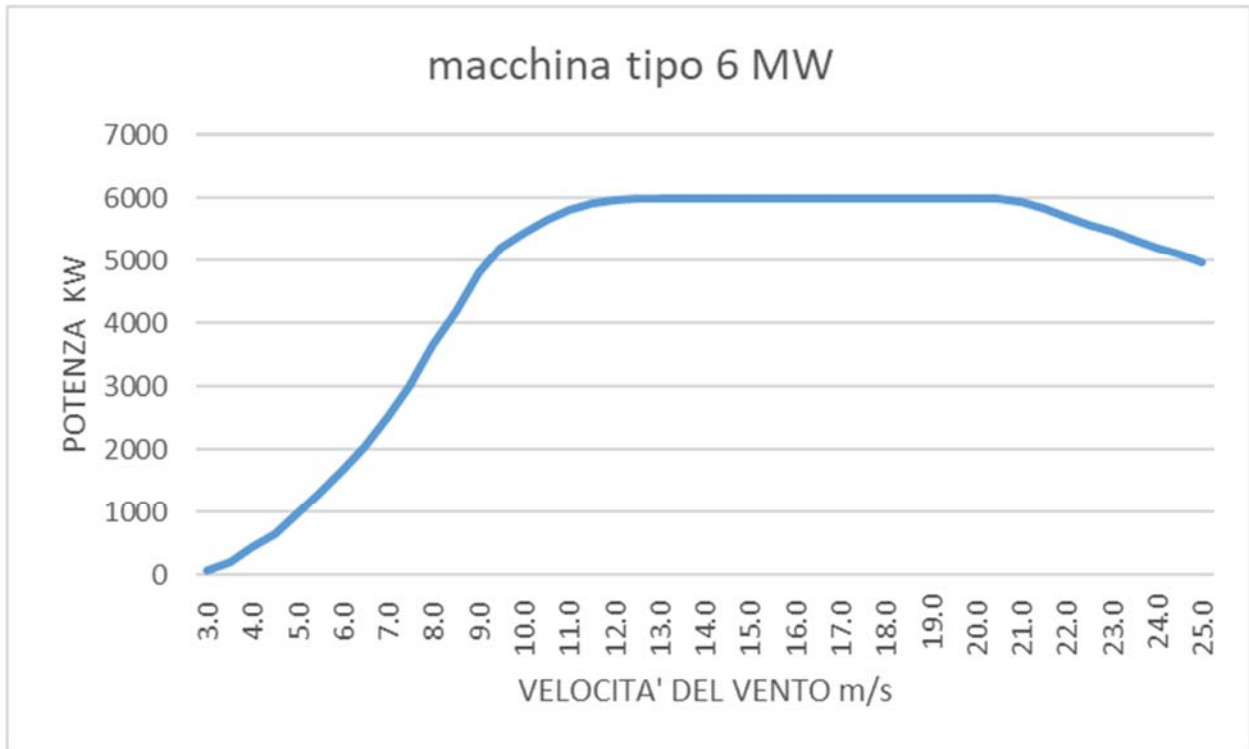
Frequenza del vento nel centro del sito



Direzione dei venti

Dai dati si evince come alla quota di 100 metri sul livello del suolo, ad una altezza prossima a quella del mozzo degli aerogeneratori considerati pari a 140 m, la **velocità media** è pari a circa **7 m/s** la direzione del vento sia in prevalenza da N, NNW e S.

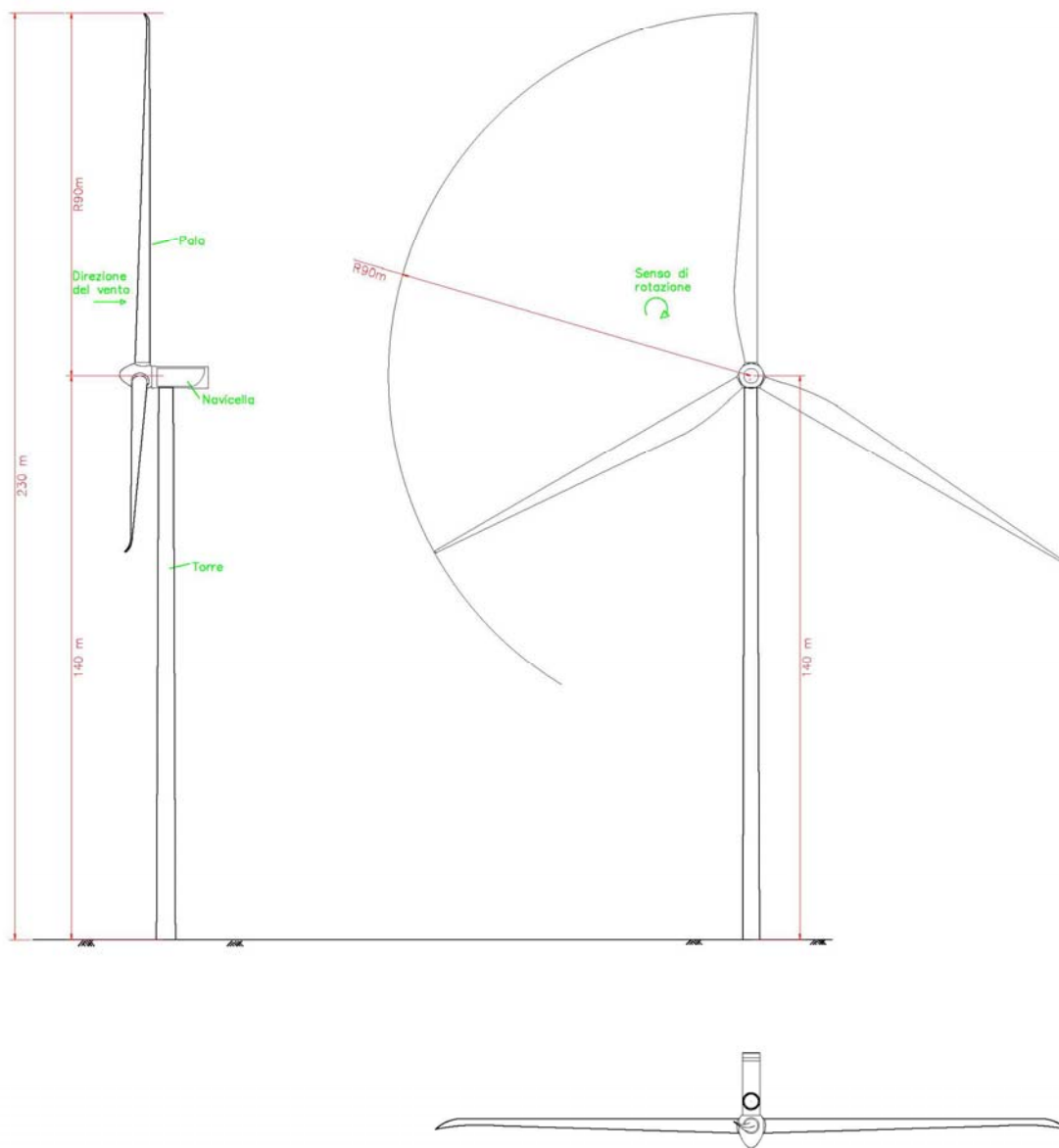
Le producibilità in MWh/anno stimate tengono conto delle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori, già considerate nelle curve di potenza.



Curva di potenza aerogeneratore tipo

VELOCITA' DEL VENTO (m/s)	POTENZA (KW)
3.0	59
3.5	208
4.0	458
4.5	652
5.0	958
5.5	1300
6.0	1676
6.5	2040
7.0	2520
7.5	3048
8.0	3641
8.5	4178
9.0	4807
9.5	5206
10.0	5454
10.5	5652
11.0	5812
11.5	5917
12.0	5961
12.5	5995
13.0	5996
13.5	5997
14.0	5998
14.5	5999
15.0	6000
15.5	6000
16.0	6000
16.5	6000
17.0	6000
17.5	6000
18.0	6000
18.5	6000
19.0	6000
19.5	6000
20.0	6000
20.5	6000
21.0	5956
21.5	5832
22.0	5708
22.5	5584
23.0	5460
23.5	5336
24.0	5212
24.5	5088
25.0	4964

Tabella curva di potenza aerogeneratore tipo



Aerogeneratore tipo: pianta, prospetto frontale e prospetto laterale

CARATTERISTICHE:

Altezza mozzo: fino a 140 m.

Diametro rotore: fino a 180 m.

Potenza massima unitaria: fino a 6 MW

Tipo Aerogeneratore	Potenza nominale (kW)	Producibilità aerogeneratore (KWh/anno)	Capacity factor
E126 7,580 MW	7.580	7.884.000,00	0,12
SG 6.0-170	6.000	15.592.800,00	0,30
VESTAS V164-8MW	8.000	15.330.000,00	0,22
Aerogeneratore tipo	6.000	22.075.200,00	0,42

Producibilità dell'impianto per ogni singolo aerogeneratore

Ai fini della valutazione della fattibilità dell'impianto, c'è da evidenziare che i valori sopra riportati tengono conto dei parametri di incertezza legati a:

- Stima della ventosità;
- Variabilità della velocità media in relazione al periodo di deduzione della stessa;
- Estrapolazione della velocità all'altezza del mozzo;
- Accuratezza del modello di calcolo;
- Perdita elettrica;
- Perdite di scia;
- Disponibilità aerogeneratori;
- Disponibilità sottostazione;
- Disponibilità rete;
- Degradazione superficie pale. Quantificabili in un'incertezza totale pari a circa il 21%.

5. Conclusioni

L'utilizzo dell'energia eolica in Puglia appare strategico, grazie alle favorevoli condizioni anemometriche in specifiche aree della regione. Le turbine prese in considerazione sono in grado di garantire una producibilità energetica superiore a 22.000 MWh di energia all'anno per aerogeneratore di progetto, rendendo valida la realizzazione del parco eolico da un punto di vista tecnico-economico.



CERTIFICATO

Certificato n. 8417

SMEA S.r.l.

Sede legale: Via A. Guariglia, 12 – 84127 Salerno (SA) Sede operativa: Via Camporeale, 6 - 83031 Ariano Irpino (AV)

QS Zürich AG certifica con il presente che il Sistema di Gestione dell'impresa succitata è stato valutato e soddisfa i requisiti definiti nelle norme riportate di seguito:

UNI EN ISO 9001: 2008
UNI EN ISO 14001: 2004
OHSAS 18001: 2007

Il Sistema di Gestione comprende:

FORNITURA, INSTALLAZIONE, DISINSTALLAZIONE E MANUTENZIONE DI TORRI ANEMOMETRICHE TUBOLARI E TRALICCIATE ON SHORE ED OFF SHORE. ELABORAZIONE ED ANALISI DATI DI VENTO. PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE, INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE DI IMPIANTI EOLICI E SOLARI. TRADING TITOLI MERCATI ENERGETICI. ESCO.

Settore EA 28, 34, 35

Nel corso della validità del presente certificato il Sistema di Gestione dell'impresa deve permanentemente soddisfare i requisiti delle norme internazionali e tale adempimento sarà regolarmente controllato da QS Zürich AG.

Per informazioni puntuali ed aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nello stato della certificazione di cui al presente certificato, si prega di contattare administrator@qsitalia.com



Data del' audit: 25.07.2012

Emissione: 02.08.2012

Data scadenza certificazione: 24.07.2015

QS Zürich AG
P.O. Box 6335
CH-8050 Zürich
qs-zuerich@quality-service.ch



SCESm 047
www.sas.ch

Direction

Svend Ole Hansen ApS

SCT JØRGENS ALLÉ 7 · DK-1615 KØBENHAVN V · DENMARK
 TEL: (+45) 33 25 38 38 · FAX: (+45) 33 25 38 39 · WWW.SOHANSEN.DK



WIND
 ENGINEERING
 FLUID
 DYNAMICS

CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 13.02.4101

Date of issue: Jun 10, 2013

Type: NRG #40

Serial number: 179500068797

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: Jun 1, 2013

Anemometer calibrated: Jun 9, 2013

Calibrated by: jth

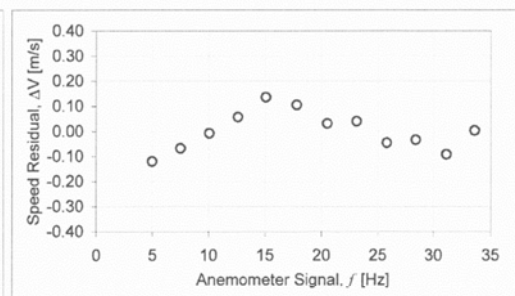
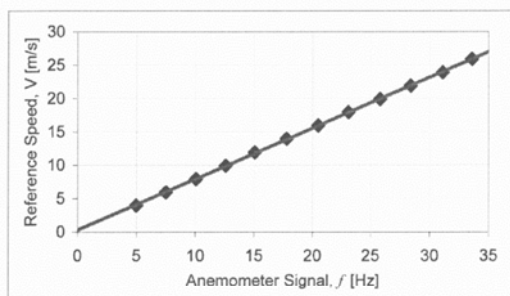
Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, aht

Calibration equation obtained: $v [m/s] = 0.761 f[Hz] + 0.31$

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.987	4.988	-0.120	0.546%
7.959	10.058	-0.009	0.486%
11.923	15.076	0.135	0.472%
15.955	20.510	0.031	0.475%
19.917	25.816	-0.046	0.469%
23.917	31.132	-0.092	0.476%
25.889	33.597	0.002	0.473%
21.899	28.404	-0.034	0.466%
17.939	23.105	0.039	0.475%
13.959	17.790	0.105	0.472%
9.950	12.589	0.057	0.476%
5.960	7.510	-0.068	0.547%



DANAK
 CAL Reg.nr. 452
 Accreditation to ISO 17025



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

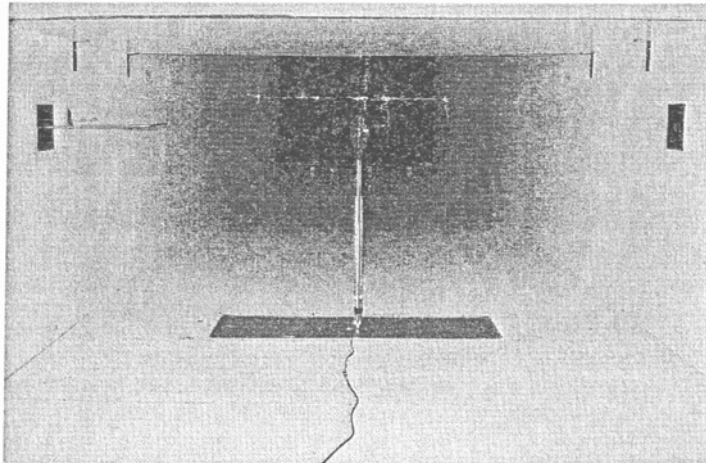


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 "MEASNET - Test report on the calibration campaign" for further details.

Svend Ole Hansen ApS

SCT JØRGENS ALLÉ 7 · DK-1615 KØBENHAVN V · DENMARK
 TEL: (+45) 33 25 38 38 · FAX: (+45) 33 25 38 39 · WWW.SOHANSEN.DK



WIND
 ENGINEERING
 FLUID
 DYNAMICS

CERTIFICATE FOR CALIBRATION OF CUP ANEMOMETER

Certificate number: 13.02.3990

Date of issue: Apr 20, 2013

Type: NRG #40

Serial number: 179500068954

Manufacturer: NRG Systems, 110 Commerce Street, Hinesburg, Vermont 05461, USA

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

Anemometer received: Apr 3, 2013

Anemometer calibrated: Apr 19, 2013

Calibrated by: jth

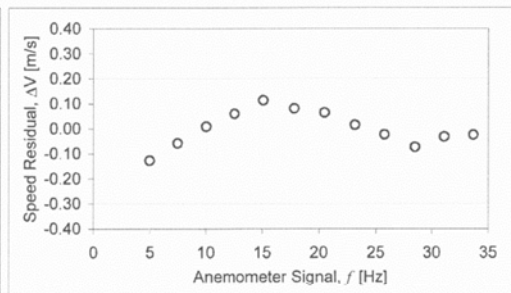
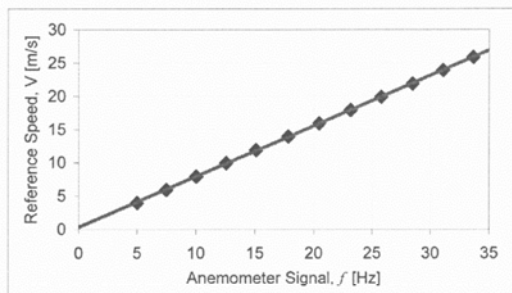
Calibration procedure: IEC 61400-12-1, MEASNET

Certificate prepared by: jsa

Approved by: Calibration engineer, aht

Calibration equation obtained: $v [m/s] = 0.76 f [Hz] + 0.32$

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Ref. Speed Uncertainty
3.980	4.989	-0.128	0.605%
7.955	10.043	0.008	0.520%
11.901	15.100	0.113	0.487%
15.938	20.479	0.064	0.481%
19.888	25.795	-0.023	0.486%
23.899	31.088	-0.033	0.483%
25.872	33.674	-0.025	0.472%
21.892	28.500	-0.074	0.487%
17.930	23.166	0.015	0.481%
13.934	17.819	0.081	0.485%
9.926	12.570	0.060	0.488%
5.954	7.496	-0.058	0.514%



DANAK
 CAL Reg.nr. 452
 Accreditation to ISO 17025



EQUIPMENT USED

Serial number	Description
-	Boundary layer wind tunnel.
1256	Control cup anemometer.
-	Mounting tube, D = 25 mm
t3	PT100 temperature sensor, wind tunnel.
t4	PT100 temperature sensor, control room.
950610	PPC500 Furness pressure manometer
Z0420014	HMW71U Humidity transmitter
U4220037	PTB100AVaisala analogue barometer.
P11	Pitot tube
HB2835279	Computer Board. 16 bit A/D data acquisition board.
-	PC dedicated to data acquisition.

Traceable calibrations of the equipment are carried out by external accredited institutions: Furness (PPC500) and Saab Metech. A real-time analysis module within the data acquisition software detects pulse frequency.

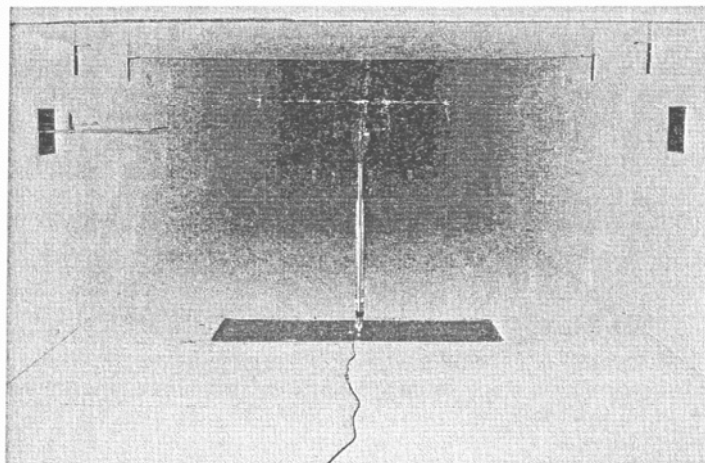


Photo of a cup anemometer in the wind tunnel. The shown anemometer is of the same type as the calibrated one.

UNCERTAINTIES

The documented uncertainty is the total combined uncertainty at 95% confidence level ($k=2$) in accordance with EA-4/02. The uncertainty at 10 m/s comply with the requirements in the MEASNET procedure that prescribes an absolute uncertainty less than 0.1 m/s at a mean wind velocity of 10 m/s, that is 1%. See Document 97.00.004 "MEASNET - Test report on the calibration campaign" for further details.



NRG #40C Anemometer, Calibrated, With Boot

The industry standard anemometer used worldwide. Constructed of rugged Lexan cups molded in one piece for repeatable performance. Includes calibration certificate.

SPECIFICATIONS

Sensor type

Applications

Sensor range

Instrument compatibility

Signal type

Anemometer Transfer Function

Output voltage at threshold

Output voltage at 60Hz

Calibration

Output signal range

Uncertainty

Distance constant (63% recovery)

Moment of inertia

Swept diameter of rotor

Mounting

Tools required

Operating temperature range

Operating humidity range

Connections

Weight

Dimensions

Description

3-cup anemometer

- wind resource assessment
- meteorological studies
- environmental monitoring

1 m/s to 96 m/s (2.2 mph to 215 mph) (highest recorded)

all NRG loggers

Output signal

low level AC sine wave, frequency linearly proportional to wind speed

- Consensus Transfer Function:
Scale Factor (Slope): 0.765 m/s/Hz (1.711 mph/Hz)
Offset: 0.35 m/s (0.78 mph)
- refer to the white paper "The Maximum Type 40 Anemometer Calibration Project" for more information on the consensus transfer function

80 mV (peak-to-peak) minimum

- 12 V (peak-to-peak) typical
- output amplitude NOT proportional to wind speed

each anemometer individually calibrated, calibration reports provided via electronic download

0 Hz to 125 Hz (highest recorded)

Accuwind (Riso-R-1556) Classification:

- Class 2.4A
- Class 7.7B
- IEC 61400-12-1 operational standard uncertainty:
 - ± 0.14 m/s at 10 m/s for Class A
 - ± 0.45 m/s at 10 m/s for Class B
- refer to calibration sheet for information on calibration uncertainty
- refer to application note "#40C Anemometer Uncertainty" for definitions and more information

Response characteristics

- 2.55 m (8.37 feet) at 5m/s per ASTM D 5096-02
- 2.56 m (8.40 feet) at 10m/s per ASTM D 5096-02

- 1.01×10^{-4} kg-m²
- 74.5×10^{-6} S-ft²

190 mm (7.5 inches)

Installation

onto a 13 mm (0.5 inch) diameter mast with cotter pin and set screw

0.25 inch nut driver, petroleum jelly, electrical tape

Environmental

-55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)

0 to 100% RH

Physical

4-40 brass hex nut/post terminals

0.14 kg (0.3 pounds)

- 3 cups of conical cross-section, 51 mm (2 inches) dia.
- 81 mm (3.2 inches) overall assembly height

Materials

	<u>MATERIALS</u>
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

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



NRG #200P Wind Direction Vane, 10K, With Boot

The industry standard wind direction vane used worldwide. Thermoplastic and stainless steel components resist corrosion and contribute to a high strength-to-weight ratio.

SPECIFICATIONS

Sensor type	Description continuous rotation potentiometric wind direction vane
Applications	<ul style="list-style-type: none">• wind resource assessment• meteorological studies• environmental monitoring
Sensor range	360° mechanical, continuous rotation
Instrument compatibility	all NRG loggers
Signal type	Output signal 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)
Threshold	Response characteristics 1 m/s (2.2 miles per hour)
Supply voltage	Power requirements Regulated potentiometer excitation of 1 V to 15 V DC
Mounting	Installation 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
Operating temperature range	Environmental -55 °C to 60 °C (-67 °F to 140 °F)
Operating humidity range	0 to 100% RH
Lifespan	50 million revolutions (2 to 6 years normal operation)
Connections	Physical 4-40 brass hex nut/post terminals
Weight	0.14 kg (0.3 pounds)
Dimensions	<ul style="list-style-type: none">• 21 cm (8.3 inches) length x 12 cm (4.3 inches) height• 27 cm (10.5 inches) swept diameter
Wing	Materials black UV stabilized injection molded plastic
Body	black UV stabilized static-dissipating plastic
Shaft	stainless steel
Bearing	stainless steel
Boot	protective PVC sensor terminal boot included
Terminals	brass



NRG #110S Temperature Sensor with Radiation Shield

Durable integrated circuit temperature sensor provides a high level voltage output signal. Ideal for collecting temperature data for energy density calculations and monitoring air temperature at remote sites.

SPECIFICATIONS

Sensor type

Applications

Sensor range

Instrument compatibility

Signal type

Transfer function

Accuracy

Electrical time constant

Output signal range

Thermal time constant

Supply voltage

Supply current

Mounting

Tools required

Operating temperature range

Operating humidity range

Lifespan

Connections

Cable length

Weight

Dimensions

Cable

Probe

Shield

Description

integrated circuit temperature sensor with six plate radiation shield

- wind resource assessment
- meteorological studies
- environmental monitoring

-40 °C to 52.5 °C (-40 °F to 126.5 °F)

all NRG loggers

Output signal

linear analog voltage

Temp = (Voltage x 55.55) - 86.38 °C
[Temp = (Voltage x 100) - 123.5 °F]

- offset is +/- 0.8 °C (1.4 °F) maximum
- nonlinearity is +/- 0.33 °C (+/- 0.6 °F) maximum
- total error +/- 1.1 °C (2 °F) maximum

250 µs

0 V to 2.5 V DC

Response characteristics

10 minutes

Power requirements

4 V to 35 V DC

300 µA max. (no load on output)

Installation

attaches to tower with included hose clamps

- 8mm (5/16 inch) nut driver or flat blade (-) screwdriver (to install hose clamps)
- sheet metal shears or similar (for trimming hose clamps)

Environmental

-40 °C to 52.5 °C (-40 °F to 126.5 °F)

0 to 100% RH

10 years +

Physical

wire leads:

- signal (clear wire)
- ground (black wire)
- excitation (red wire)
- shield wire for earth ground

5 m (16 feet)

0.47 kg (1.04 pounds)

- sensor only: 30.5 mm (1.2 inches) height x 12.7 mm (0.5 inch) diameter
- sensor with radiation shield: 127 mm (5 inches) diameter x 127 mm (5 inches) height

Materials

3 conductor 22 AWG, with overall foil shield and drain wire, chrome PVC jacket

aluminum, epoxy filled

UV-stabilized thermoplastic solar radiation shield

A601



DIMENSIONS

Height	5.51" (140 mm)
Width	6.87" (175 mm)

SPECIFICATIONS

LIGHT OUTPUT AND OPERATION

Flashing	~11 cd
Steady ON	~4 cd
Vertical divergence	0 to 6°
Autonomy (flashing) at full charge	300 hours
Available LED colour	Red, green, amber, blue or white
Coloured lens option	Yes
Ambient Operating Temperature	-22 to 122 °F (-30 to 50 °C)
Ambient Storage Temperature	-40 to 176 °F (-40 to 80 °C)
Programmable	Infrared

CONSTRUCTION

Battery (average 5-year life)	Non-replaceable
Mounting options	3 bolt
Weight	4.85 lb (2.2 kg)
Waterproof	Yes

ACCESSORIES

	Infrared Programmer Security Bolt Mounting Plate Bird Deterrent Frangible Coupling Stake Mounting System Stake Tapper
--	---