REGIONE LIGURIA

Comuni:

Mallare (SV) – Orco Feglino (SV) – Altare (SV)

LOCALITA' BRIC DEL BORRO, BRIC PRA BOE', ACQUE, ISOLA GRANDE

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
3 AEROGENERATORI

Progetto Stralcio – Torri assoggettate a procedura di VIA (rif. Decreto del Direttore Generale Settore Valutazione di Impatto Ambientale N.118 del 02.04.2009)

Sezione 9:

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE ED ALLEGATI

Titolo Elaborato:

STIMA DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO EOLICO

N. Elaborato CN.SIA01 Data: **GIUGNO 2011**

Committente

Via Nazionale, 2
25052 Piancogno (BS)
p.iva 00814870986

Rappresentante Legale
Dott. Elio Rosario Gheza

Progettazione

Via A. De Gasperi, 34
82018 San Giorgio del Sannio (BN)
p.iva 01269320626

Progettista
Dott. Ing. Vittorio Iacono

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI NAPOLI
DOTT. ING. IACONO VITTORIO
SEZIONE A
SETTORI: CIVILE E AMBIENTALE - INDUSTRIALE - DELL'INFORMAZIONE
N° ISCRIZ.: 13366

00	GIU. 2011	DF		M.E.D.	ML		PROCEDURA DI VIA REGIONALE
REV.	DATA	sigla	firma	responsabile	sigla	firma	DESCRIZIONE
		REDAZIONE		CONTROLLO-EMISSIONE			

INDICE

1. PREMESSA 3

2. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO 3

3. ANALISI DEI DATI ANEMOMETRICI 4

3.1. CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI ANEMOMETRICHE DI MALLARE (Loc. Bric Pra Boè) 4

3.2. DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLA VELOCITA' MEDIA AL CENTRO DELLA WIND FARM 29

3.3. CLASSIFICAZIONE DEL SITO SECONDO NORMATIVA CEI ENV 61400-1 IIIed. 31

4. STIMA DI PRODUCIBILITÀ 32

4.1. METODOLOGIA 32

4.2. CALCOLO DELLA PRODUZIONE ENERGIA ANNUALE (AEP) 35

5. CONCLUSIONI 40

1. PREMESSA

Lo scopo di tale documento è valutare la risorsa eolica presente nell'area oggetto di studio e di elaborare una stima di producibilità per lo sviluppo progettuale di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica.

Nei paragrafi successivi viene mostrata una sintesi delle caratteristiche anemologiche ed una stima di produzione media annua di energia della windfarm costituita da 3 aerogeneratori di 2.3 MW del tipo Enercon E70 da installare nei comuni di Mallare (SV) ed Orco Feglino (SV).

2. INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'impianto oggetto dello studio è sito in località "Bric del Borro – Bric Pra Boè", a Sud del Comune di Mallare e ad Est del centro abitato di Bormida, l'area risulta essere ben esposta ai venti dominanti come confermato anche dalle misure illustrate di seguito.

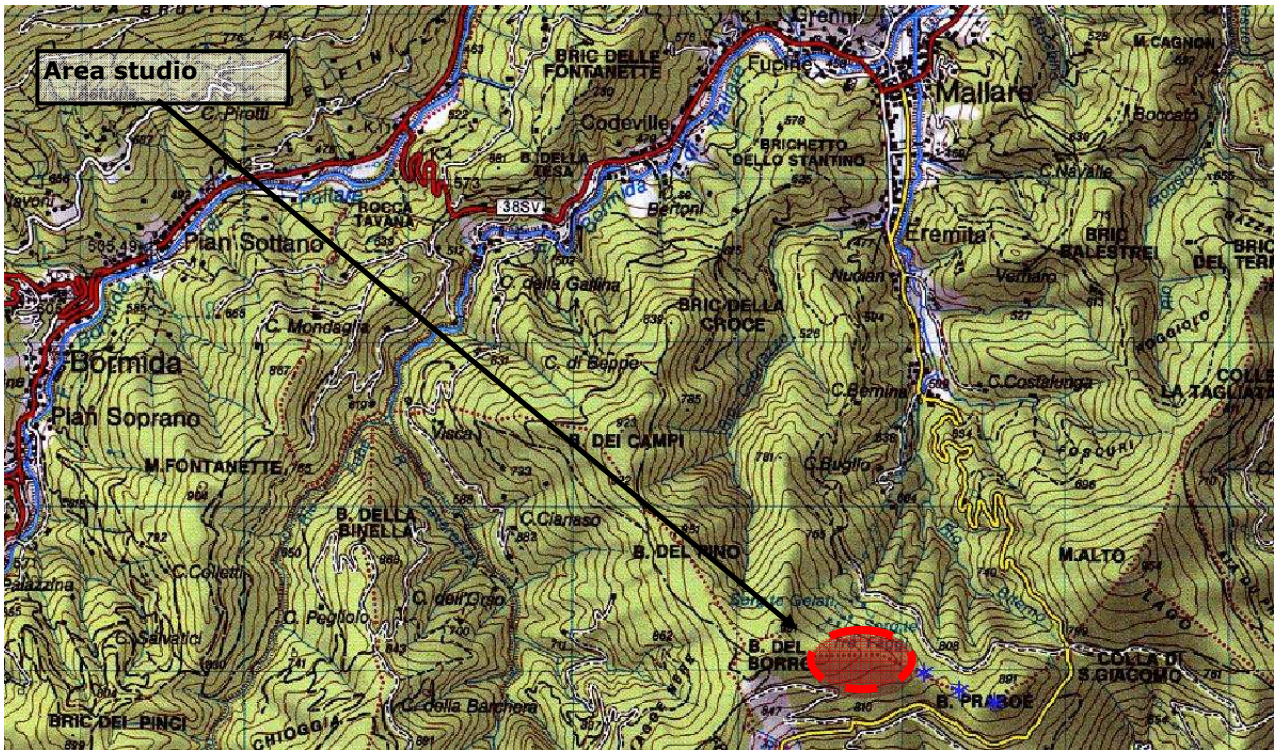


Figura 1: Area di impianto in relazione al centro abitato di Mallare. È visibile (icone in blu) il layout di impianto già autorizzato rappresentato da n° 3 turbine Enercon E 70 da 2 MW.

3. ANALISI DEI DATI ANEMOMETRICI

Per la caratterizzazione anemologica del sito sono state utilizzate due stazioni di misura entrambe installate in sito nella medesima posizione in agro del comune di Mallare (SV) costituite da una stazione di misura di 40 m (il cui database ricopre un periodo di monitoraggio che va dal 17/01/2006 al 19/08/2006), dismessa per far posto ad una nuova stazione di tipo tralicciato di altezza 30 m installata in data 12/04/2007. Entrambe le installazioni sono state eseguite in ottemperanza alle raccomandazioni della ISO 61400-12.

3.1. CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI ANEMOMETRICHE DI MALLARE (Loc. Bric Pra Boè)

Per la stima della risorsa eolica e per la valutazione della produzione di energia elettrica dall'installazione di aerogeneratori del sito individuato il località Bric Pra Boè in agro del Comune di Mallare (AV), sono stati utilizzati i dati monitorati da entrambe le stazioni anemometriche installate al centro della wind farm rispettivamente di altezza 40 m (di tipo tubolare) e e 30 m (di tipo tralicciata), installate rispettivamente in data 17/01/2006 e 12/04/2007. La posizione geografica di ambedue le stazioni è individuabile attraverso le coordinate di seguito riportate:

COORDINATE GB fuso Ovest	
Latitudine Nord	4900755
Longitudine Est	1444136
Altitudine	850 m s.l.m.

COORDINATE WGS 84 fuso 32	
Latitudine Nord	4900742
Longitudine Est	1444107

Di seguito sono elencati e rappresentati i documenti e le informazioni relative alle citate stazioni anemometriche.

Caratteristiche tecniche delle stazioni di rilevamento	
Descrizione	Tipo
Anemometro 40/30 m	NRG Maximum Anemometer Calibrated
Anemometro 10 m	NRG Maximum Anemometer
Banderuola 40/30 m	NRG #200P Wind Direction Vane 10 K
Banderuola 10 m	NRG #200P Wind Direction Vane 10 K
Data Logger	Symphonie NRG Logger
Data Card	MMC Card
Torre	ES 40/30
Cavo schermato tripolare	sensor cable 3C 20 ga
Cavo schermato bipolare	sensor cable 2C 20 ga
Calata in rame per scarico a terra	giallo verde d= 16 mm
Captatore di fulmini	ES
Dispersore di terra	Acciaio ramato

I sensori di velocità utilizzati sono del tipo NRG #40 Maximum Anemometer.
I sensori di direzione utilizzati sono del tipo NRG #200P Wind Direction Vane – 10K.
Il sistema di raccolta e registrazione dati è affidato ad un componente elettronico DATA LOGGER del tipo Nomad 2 dal quale periodicamente, in concomitanza dei sopralluoghi manutentivi, si prelevano i dati attraverso sostituzione e formattazione del supporto elettronico (Compact flash)
La strumentazione utilizzata consente la rilevazione della velocità del vento con un intervallo di campionamento di 1 s inoltre, per ogni intervallo di 10 minuti vengono calcolati e memorizzati la velocità media, minima, massima e la deviazione standard. Ciò consente una corretta stima della distribuzione statistica dei dati ed una approfondita analisi della turbolenza del vento che è un parametro importante per la corretta scelta delle macchine e della loro disposizione nel layout della Wind Farm.
Tutti i sensori utilizzati sono fissati su supporti metallici con una lunghezza dei bracci sensori (mounting booms) di 1500 mm.

Il supporto per il sensore di direzione (banderuola) viene installato seguendo la direzione del Nord e la banderuola viene sistemata in modo da formare un angolo di 0° rispetto al Nord.
I supporti dei sensori di velocità vengono disposti lungo la direzione del vento predominante.
I sensori utilizzati sono di costruzione americana, prodotti dalla casa NRG Systems e quelli di velocità posizionati alla sommità di ambedue le stazioni di misura sono anemometri calibrati e certificati:
NRG #40C Maximum Anemometer – Calibrated;
NRG #200P Wind Direction Vane – 10K.

L'immagine che segue mostra la posizione della stazione anemometrica rispetto al Layout di progetto e nei confronti delle posizioni delle turbine già autorizzate e di futura installazione.

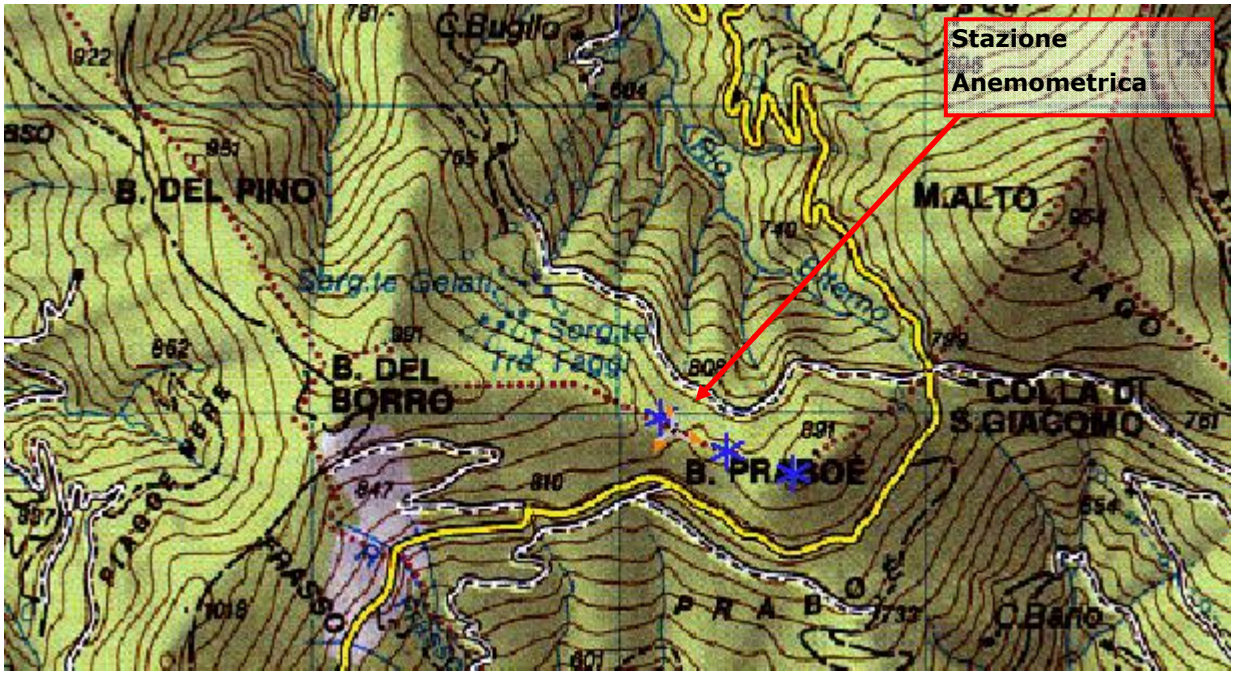


Figura 2: - Posizione della stazione anemometrica al centro dell'area di studio ed evidenza delle posizioni delle turbine già autorizzate (icone blu)

A seguire sono riportati il report di installazione, i certificati di calibrazione ed i rapporti di manutenzione di ambedue le torri anemometriche:

STAZIONE ANEMOMETRICA DI 40 m (dismessa in data 19/08/2006)

P&L System snc di Palumbo e Lombardi - Via Zona 167 - 71025 Castelluccio dei Sauri (FG) – Italy
Tel. & Fax: +39 0881 962759 E – mail: info@plsystem.it Internet: http://www.plsystem.it
Partita IVA N. 03128680711

REPORT INSTALLAZIONE STAZIONE ANEMOMETRICA

1. *Identificazione del sito*

Stazione anemometrica	Mallare
Coordinate Gauss Boaga (Roma 40) – Fuso Est	N 4900755 E 1444136
Altitudine (s.l.m.)	849 m
Altezza complessiva torre	40 m
Cliente	Fen Energia S.p.a.

2. *Installazione apparecchiature elettriche*

Anemometro

Marca/modello	*N. di serie*	*Quota (m)*	*Azimuth (°)*
N.R.G. Maximum #40C	24851	40	180
N.R.G. Maximum #40S	n/c	30	180
N.R.G. Maximum #40S	n/c	10	180

Banderuola

Marca/modello	*N. di serie*	*Quota (m)*	*Azimuth (°)*
NRG #200P	- - -	40	0
NRG #200P	- - -	10	0

Sensore di temperatura

Marca/modello	*N. di serie*	*Quota (m)*	*Azimuth (°)*

Barometro

Marca/modello	*N. di serie*	*Quota (m)*	*Azimuth (°)*

Data logger

Marca/modello	*N. di matricola*
N.R.G - Symphonie	30907489

Kit GSM

Modello modem	*N. dati*	*Note*

Note

.....

.....

.....

.....

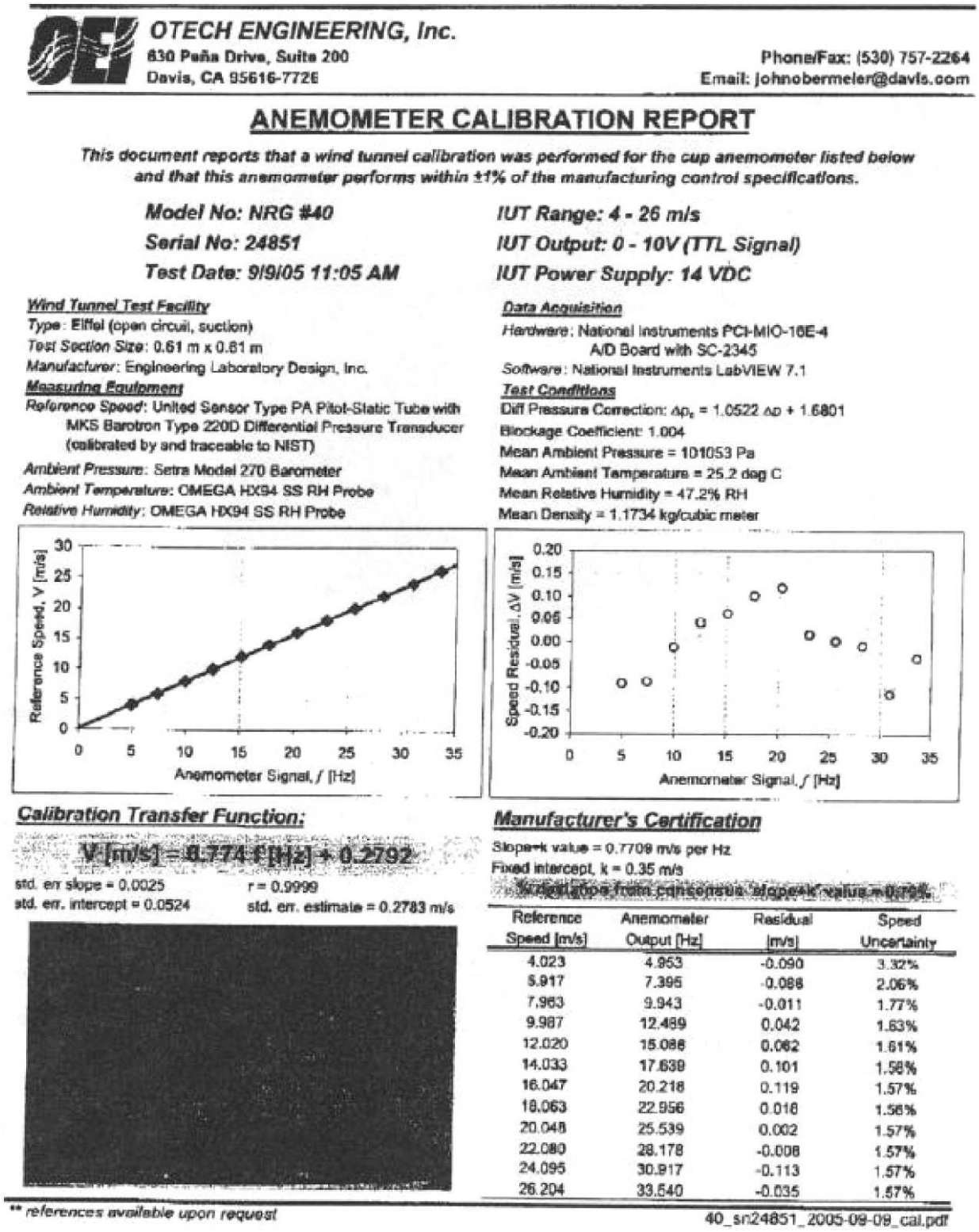
.....

Si consegna il lavoro finito in data .....17/01/2006.....

Per la Energy System Services S.r.l. .....Rocco Mescia..... .....

Per la Committente ....

Figura 3: - Report Installazione stazione anemometrica Loc. Case del Vetro



OTECH ENGINEERING, Inc.
630 Peña Drive, Suite 200
Davis, CA 95616-7726
Phone/Fax: (530) 757-2264
Email: johnobermeier@davis.com

ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

This document reports that a wind tunnel calibration was performed for the cup anemometer listed below and that this anemometer performs within ±1% of the manufacturing control specifications.

Model No: NRG #40
Serial No: 24851
Test Date: 9/9/05 11:05 AM

IUT Range: 4 - 26 m/s
IUT Output: 0 - 10V (TTL Signal)
IUT Power Supply: 14 VDC

Wind Tunnel Test Facility
Type: Eiffel (open circuit, suction)
Test Section Size: 0.61 m x 0.61 m
Manufacturer: Engineering Laboratory Design, Inc.

Measuring Equipment
Reference Speed: United Sensor Type PA Pitot-Static Tube with MKS Barotron Type 220D Differential Pressure Transducer (calibrated by and traceable to NIST)
Ambient Pressure: Setra Model 270 Barometer
Ambient Temperature: OMEGA HX94 SS RH Probe
Relative Humidity: OMEGA HX94 SS RH Probe

Data Acquisition
Hardware: National Instruments PCI-MIO-16E-4 A/D Board with SC-2345
Software: National Instruments LabVIEW 7.1

Test Conditions
Diff Pressure Correction: $\Delta p_c = 1.0522\ \Delta p + 1.6801$
Blockage Coefficient: 1.004
Mean Ambient Pressure = 101053 Pa
Mean Ambient Temperature = 25.2 deg C
Mean Relative Humidity = 47.2% RH
Mean Density = 1.1734 kg/cubic meter

Calibration Transfer Function:

V [m/s] = 0.774 f [Hz] + 0.2792

std. err slope = 0.0025
r = 0.9999
std. err. intercept = 0.0524
std. err. estimate = 0.2783 m/s

Manufacturer's Certification

Slope k value = 0.7709 m/s per Hz
Fixed intercept, k = 0.35 m/s
% deviation from consensus slope k value = 0.79%

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Speed Uncertainty
4.023	4.953	-0.090	3.32%
5.917	7.395	-0.088	2.06%
7.963	9.943	-0.011	1.77%
9.987	12.489	0.042	1.63%
12.020	15.086	0.062	1.61%
14.033	17.639	0.101	1.58%
16.047	20.216	0.119	1.57%
18.063	22.956	0.016	1.56%
20.048	25.539	0.002	1.57%
22.080	28.178	-0.008	1.57%
24.095	30.917	-0.113	1.57%
26.204	33.540	-0.035	1.57%

** references available upon request

40_sn24851_2005-09-09_cal.pdf

Figura 4: - Certificato di calibrazione sensore 40 m

GIERRET S.R.L. via Alcide de Gasperi n°44, 82018 S.Giorgio del Sannio (BN)					
SCHEDA SITO EOLICO					
Numero di sito	**45**	Progetto numero		**PIN: xxxxxxx**	
Nome del sito	**Pra Boè**	**Nome del progetto : Mallare**			
Ubicazione sito	**Comune di Mallare prov. di Savona**				
N. foglio catastale	**30**	Proprietario	**Suolo Comunale**		
N. particella	**138**				
Latitudine WGS 84 T32	**4900742 Nord**	Fuso Orario			
Longitudine WGS 84 T32	**444107 Est**	Declinazione magnetica			
Altitudine	**850 m s.l.m.**	Vento prevalente			
Descrizione del sito (tipi di alberi, colline, ecc.)	Sito circondanto da Nocelleto (basso fusto)				
Caratteristiche della zona (ostruzioni e distanze dalla torre)	Torre posizionata al centro della wind farm di studio				
Tipologia del suolo	Pedomontano				
Incarico di installazione firma: **P&L System**	**Data di installazione: 17 gennaio 2006**				
Data logger serie N° 30907489 tipo Symphonie					
	anemometro 1	**anemometro 2**	**anemometro 3**	**banderuola 1**	**banderuola 2**
Altezza di monitoraggio	**40m**	**30m**	**10m**	**40 m**	**10 m**
Numero di serie					
Principale o ridondante	Principale	Ridondante	Ridondante	Principale	Ridondante
Orientamento di installazione (Gradi - Magnetico)	180° da nord	180° da nord	180° da nord	0° nord	0° nord
Lunghezza supporto	1,2 mt	1,2 mt	1,2 mt	1,2 mt	1,2 mt
Orientamento supporto	180° da nord	180° da nord	180° da nord	0° nord	0° nord
Certificato di calibrazione-numero	**24851**				
Data di calibrazione					
Offset	0,2792	0,35	0,35	0	0
Unità di misura	m/s	m/s	m/s	deg	deg
Fattore di scala	0,7741	0,765	0,765	0,351	0,351
N. canale del data logger	1	2	3	7	8

MALLARE prov. di Savona 40 m			
Data sopralluogo	**NOTE**	**Manutenzione ordinaria**	**Manutenzione straordinaria**
17 gennaio 2006	Prima Installazione		Installazione ad opera di P&L System
4 aprile 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
11 maggio 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
25 maggio 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
16 giugno 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
27 luglio 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
19 agosto 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
12 ottobre 2006	Prelievo dati	Controllo tiranti	
19 agosto 2006	Prelievo dati	**Dismissione Torre**	

Figura 5: - Rapporto di manutenzione della stazione di 40 m

STAZIONE ANEMOMETRICA DI 30 m

Report Installazione Torre Anemometrica

GeoWind di Palossi Paolo

Via B. Alovisj 4
62027 San Severino Marche (MC)
tel & fax 0733/633902
e- mail:Info @geowind.it
http:/ www.geowind.it

Riferimento N° OA07001546
Del 26/03/2007

Committente: **FENENERGIA s.p.a.**

Referente **Ing. Massimo Serioli**

Località: Mallare (SV)

Denominazione Stazione:

MALLARE

Report Installazione Pagina 1

Caratteristiche del Sito:

Altezza s.l.m.	*mt*		
		Est	Nord
Coordinate		8°18' 00"	44° 15' 28"

Morfologia:

- [ ] Terreno Pianeggiante
- [X] Acclive
- [ ] Sconnesso

Tipo Fondo

- [ ] Argilloso
- [X] Roccioso
- [ ] Detrito
- [ ] Riporto
- [ ] Sottobosco
- [ ] Misto
- [ ] Altro:

Superfice

- [ ] Coltivata
- [X] Pascolo
- [ ] Bosco
- [ ] Vegetazione

Note:

GEOWIND

Caratteristiche Struttura

Tipologia:

Marca e Modello televes 360

Altezza: *mt* 30,0 + *0,50*

Tipo Base Di Appoggio: Basculante

costituita da:

N° 1 Modulo Base Basculante

N° 8 Moduli Intermedi

N° 1 Modulo Superiore

+ Prolunga *mt* *0,50*

Ancoraggi:

Tipo: Cavo mm 22 manicottato all'estremo

Caratteristiche Ancoraggi

	Distanza Da Base mt	Profondità cm	Terreno
1° serie	14,0	300,0	roccioso
2° serie			
3° serie			
4° serie			
5° serie			
6° serie			
7° serie			

Caratteristiche Tirafondi

Tipo: barra filettata mm 22

Sistema Di Fissaggio: iniezione boiacca in rapporto H2O/Cemento 1/2

Profondità cm 100 **Tipologia Terreno:** **roccioso**

Sistema Acquisizione Dati:

Tipo data Logger	symphonie	
Marca	NRG	
Modello	SYMPHONIE	
Identità	S/N	10223
Modem	Marca Modello	S/N
Pannello Solare	Marca Modello	S/N
Antenna	Marca Modello	S/N
Batteria	Marca Modello	S/N

Immissione configurazioni	☐ Diretta ☐ Lettore memory card ☐ Remota
data e ora:	



Report Installazione Pagina 4

Configurazione Strumentazione

Spd1	Tipo:	Anemometro		MT 30,0
	Marca	NRG		
	Modello	Maximum #40		
	Certificato Calibrazione N°	34658 (@16% -0.5796)	Slope	
	Connesso in data:	13/4/07	*ora:*	15.30

Spd2	Tipo:	Anemometro		MT 20,0
	Marca	NRG		
	Modello	Maximum 40		
	Certificato Calibrazione N°	Non Calibrato	Slope	
	Connesso in data:	13/4/07	*ora:*	15.30

Vane 7	Tipo:	Banderuola		MT
	Marca	NRG		
	Modello	200P		
	Certificato Calibrazione N°	Non disponibile	Slope	
	Connesso in data:	13/4/07	*ora:*	15.30

Vane 8	Tipo:	Banderuola		MT
	Marca	NRG		
	Modello	200P		
	Certificato Calibrazione N°	Non disponibile	Slope	
	Connesso in data:	25/4/07	*ora:*	18.00

Report Installazione Pagina 6

Attivazione e Controlli

a) Struttura:

Data

		OK	DATA:	Valore		N°
1	Solidità Ancoraggi	X	14/4/07			
2	Indurimento Fissaggio	X	14/4/07			
2	Linearità Struttura	X	14/4/07			
3	Perpendicolarità Struttura	X	14/4/07			
4	Orizzontalità Bracci di Supporto	X	14/4/07			
5	Tensione Stralli	X	14/4/07	N	1800,00	1
		X	14/4/07	N	2050,00	2
		X	14/4/07	N	1250,00	3
		X	14/4/07	N	1200,00	4
				N		5
				N		6
				N		7

B) Strumenti

Postazione 1 (P1)					
Descrizione:					
Tipo di Supporto	Braccio GW			mt	30
Orientamento Supporto	Sud				
Tipo di Sensore	Anemometro			s/n	
Cavo Connessione	Belden Bipolare			mt.	6
Data connessione	13/04/2007	ora	12.00		
Attendibilità dati dal	13/04/2007	ora	15.30		
Controllo Connessione Elettrica	Timbro e Firma Responsabile Installazione GEOWIND				

Postazione 2					
Descrizione:					
Tipo di Supporto	Braccio GW			mt	30
Orientamento Supporto	Nord				
Tipo di Sensore	Banderuola			s/n	
Cavo Connessione	Belden Quadripolare			mt.	35
Data connessione	13/04/2007	ora	12.45		
Attendibilità dati dal	13/04/2007	ora	15.30		
Controllo Connessione Elettrica	Timbro e Firma Responsabile Installazione GEOWIND				

Postazione 3					
Descrizione:					
Tipo di Supporto	Braccio GW			mt	20
Orientamento Supporto	Sud				
Tipo di Sensore	Anemometro			s/n	
Cavo Connessione	Belden Bipolare			mt.	6
Data connessione	13/04/2007	ora	12.30		
Attendibilità dati dal	13/04/2007	ora	15.30		
Controllo Connessione Elettrica	Timbro e Firma Responsabile Installazione GEOWIND				

Postazione 4					
Descrizione:					
Tipo di Supporto	Braccio GW			mt	20
Orientamento Supporto	Nord				
Tipo di Sensore	Banderuola			s/n	
Cavo Connessione	Belden Quadripolare			mt.	25
Data connessione	24/04/2007	ora	12.45		
Attendibilità dati dal	24/04/2007	ora	15.30		
Controllo Connessione Elettrica	Timbro e Firma Responsabile Installazione GEOWIND				

Datalogger

data: 13/04/2007

	Tipo Controllo:	OK	ORA	Valore		N°
7	Connessione Antenna	n.n.				
8	Ora e Data	ok	15.30.00	15.30		
9	Connessioni Ingressi	OK	15.30.00			
10	Segnale GSM	n.n.				
11	Medmory Card	OK	15.30.00			
12	Batteria 1	OK	15.30.00			
13	Batteria 2	n.p.				
14	Batteria 3	n.p.				
15	Isolamento Armadietto	OK	15.30.00			
16	Sequenza fili	OK	15.30.00			
17						
18						
10	Segnali in Ingresso		15.30.00	m/s	7,58	1
11			15.30.00	m/s	5,61	2
12				m/s		3
13				m/s		4
14				m/s		5
15				m/s		6
16				m/s		
17				m/s		
18				m/s		
19				m/s		
20				m/s		
21				m/s		
22				°	320,00	7
23				°	236*	8
24				°		9
25				°		10
26				°		11
27				°		12
28				°		
29				°		

Timbro e Firma



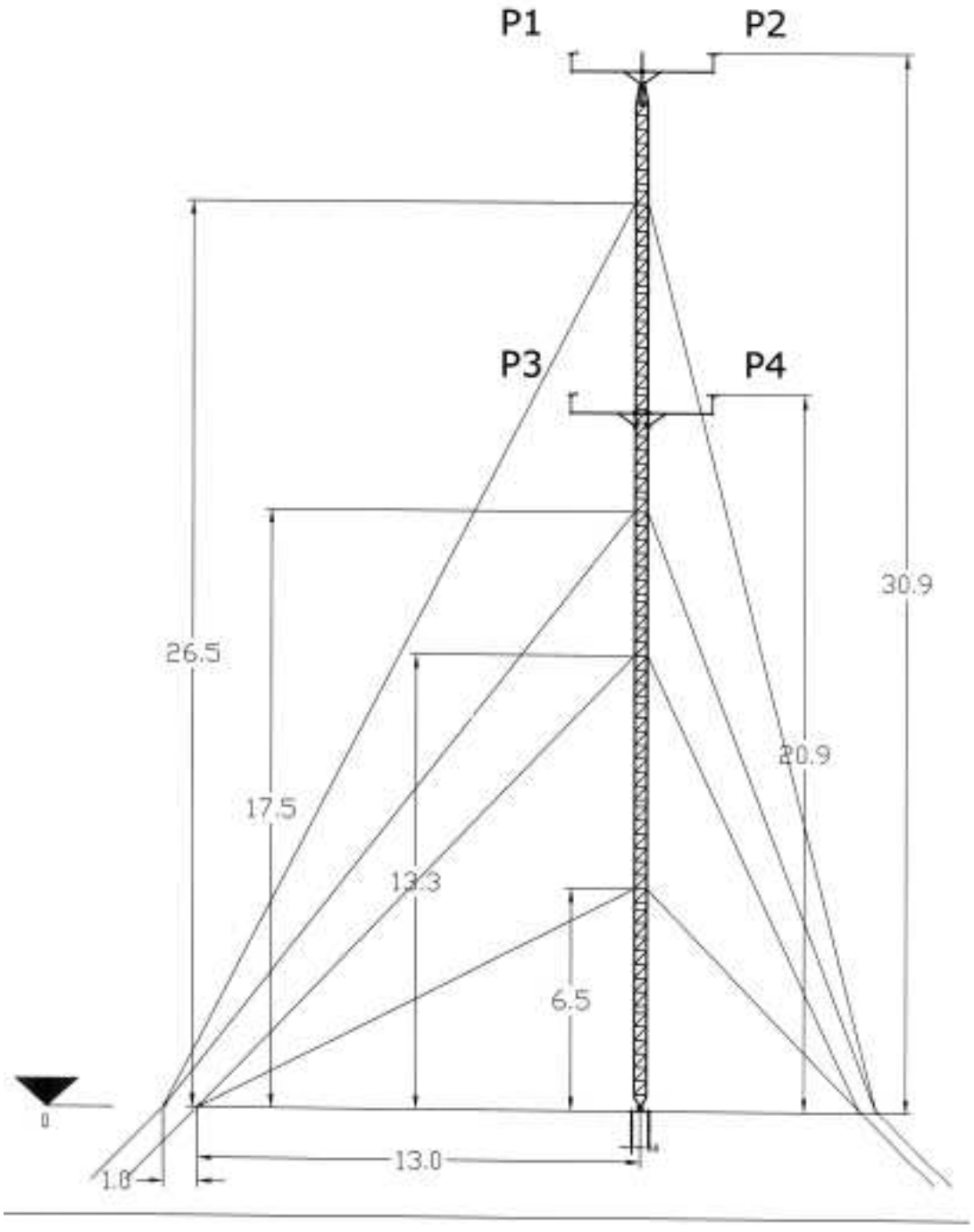
* lettura effettuata il 25 /04/2007 alle ore 18.00

LISTA DEGLI ALLEGATI

All. 1	*Schema Struttura e Disposizione Sensori e Stralli*
All. 2	*Schema Fondazioni*
All. 3A	*Partcolari Basamento e Ancoraggi*
All.3B	*Partcolari Basamento e Ancoraggi*
All. 3C	*Partcolari Basamento e Ancoraggi*
All. 4A	*Particolari Bracci di Supporto*
All.4B	*Piacche di fissaggio Bracci di Supporto*
All. 5	*Particolare completo postazione doppia*

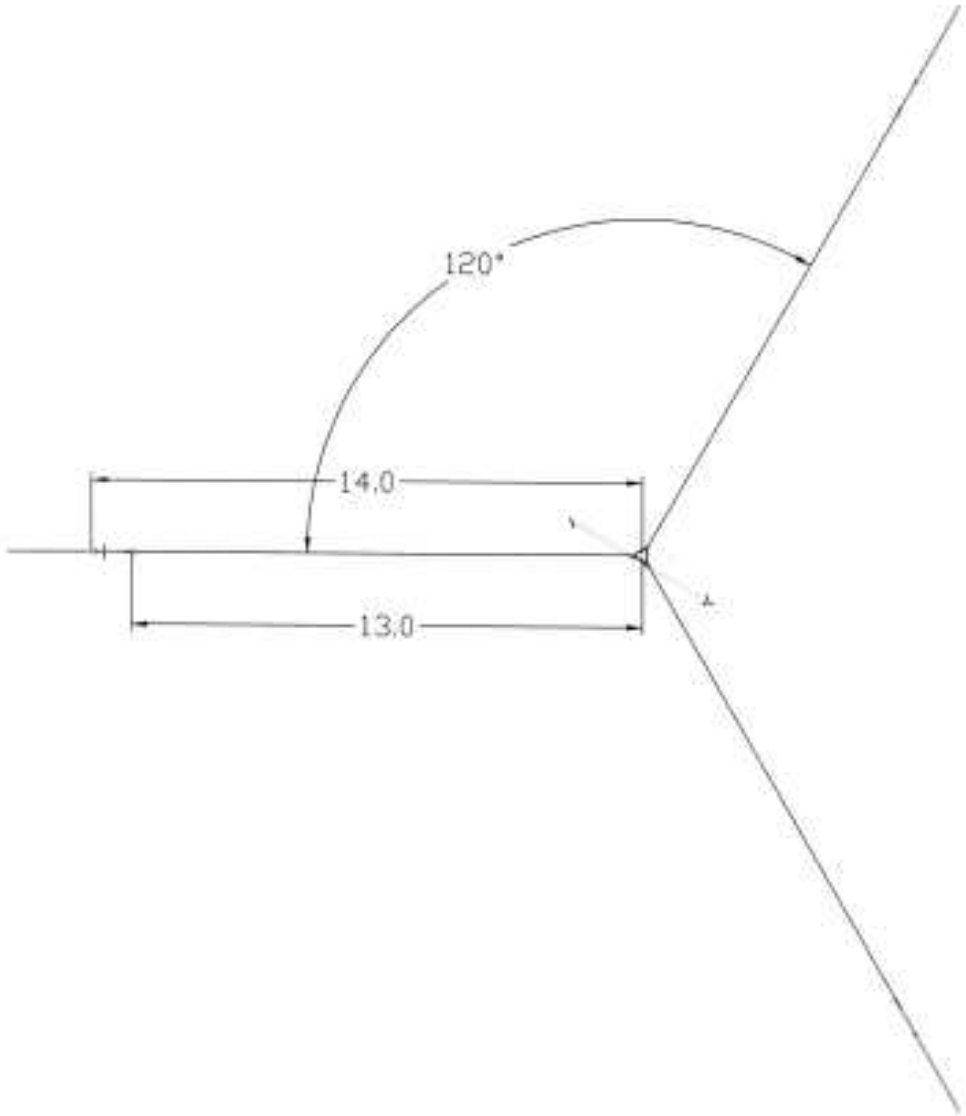
Allegato N° 1

scala 1:150

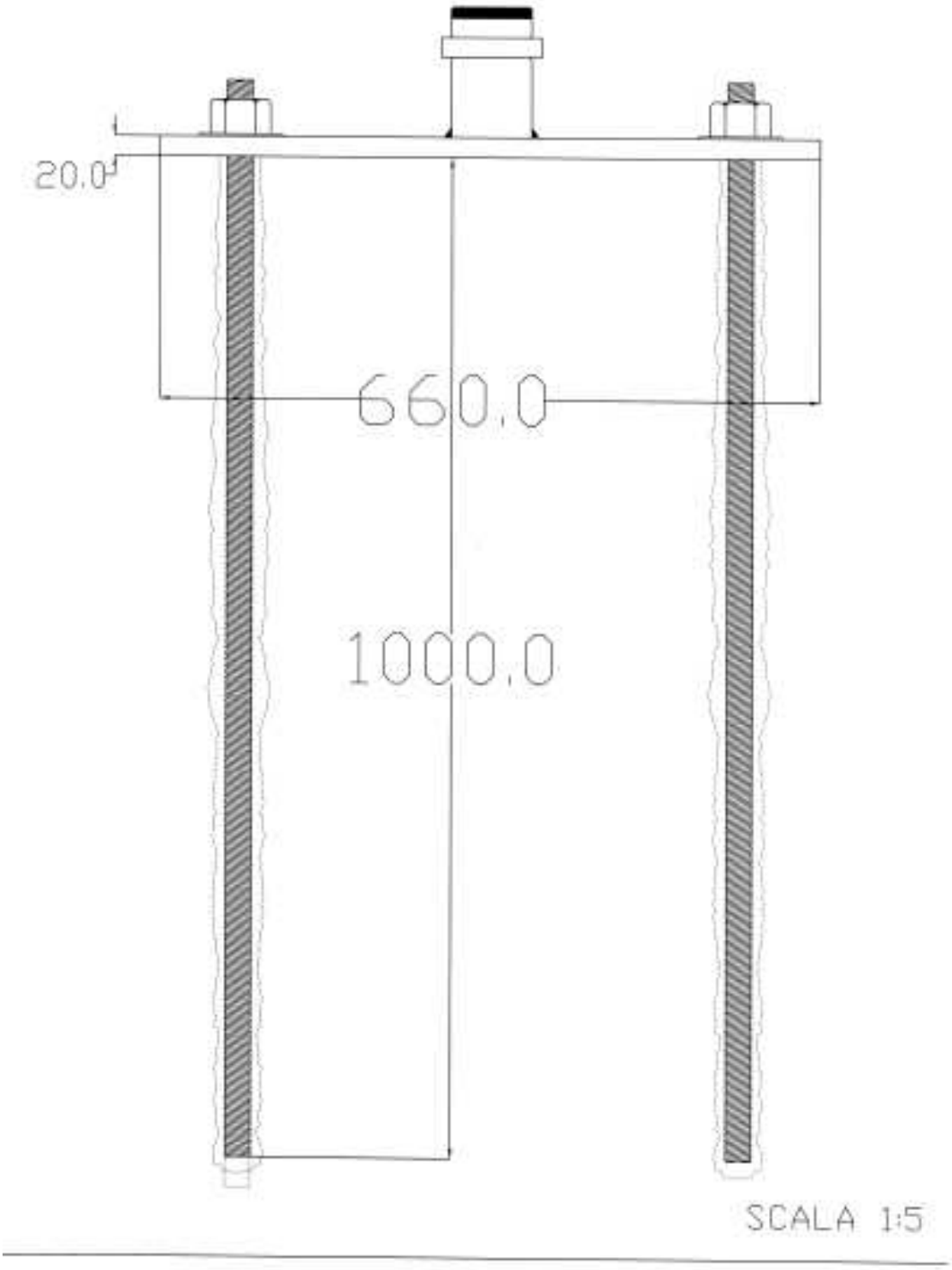


Allegato N° 2

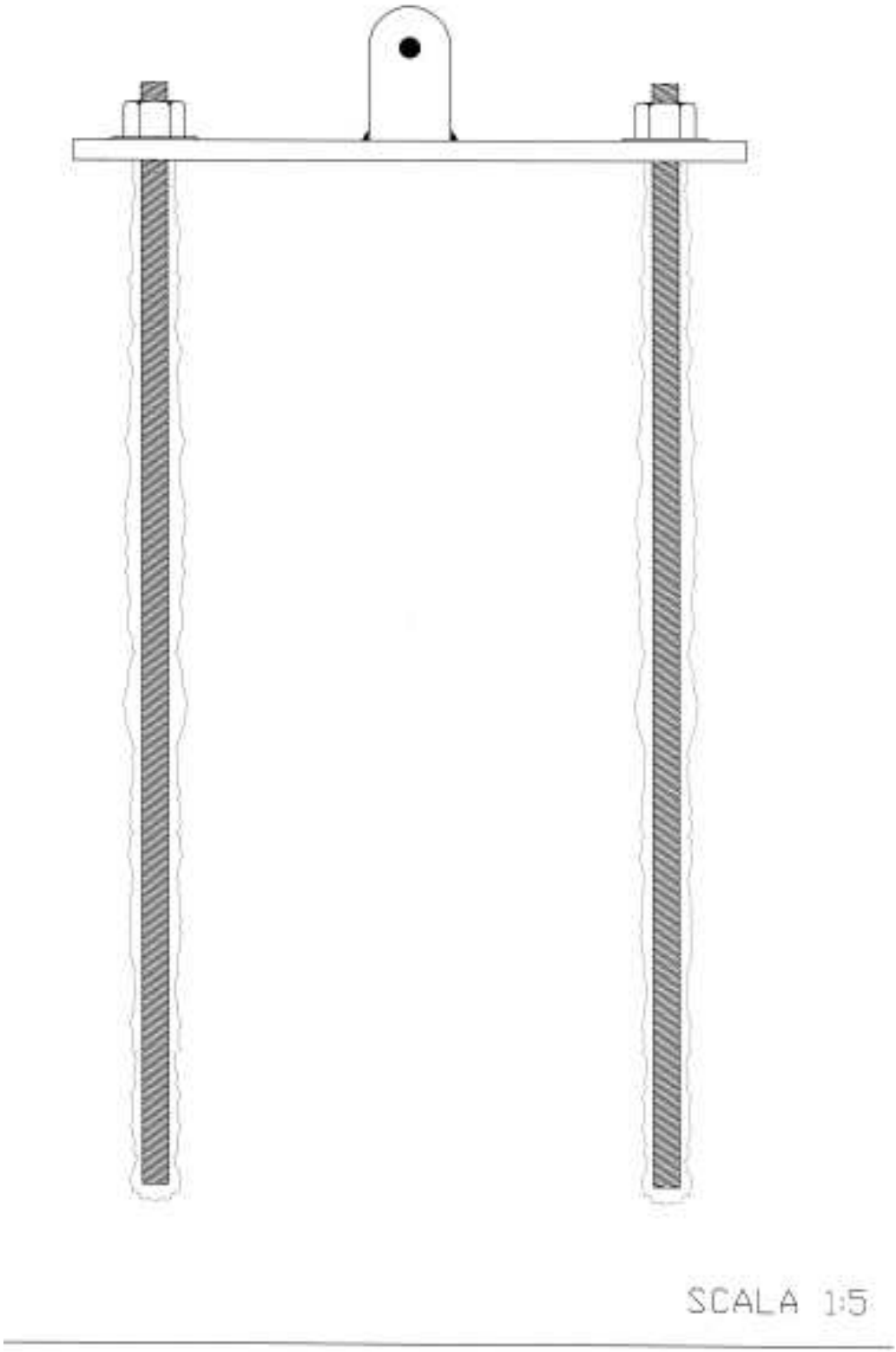
scala 1:150



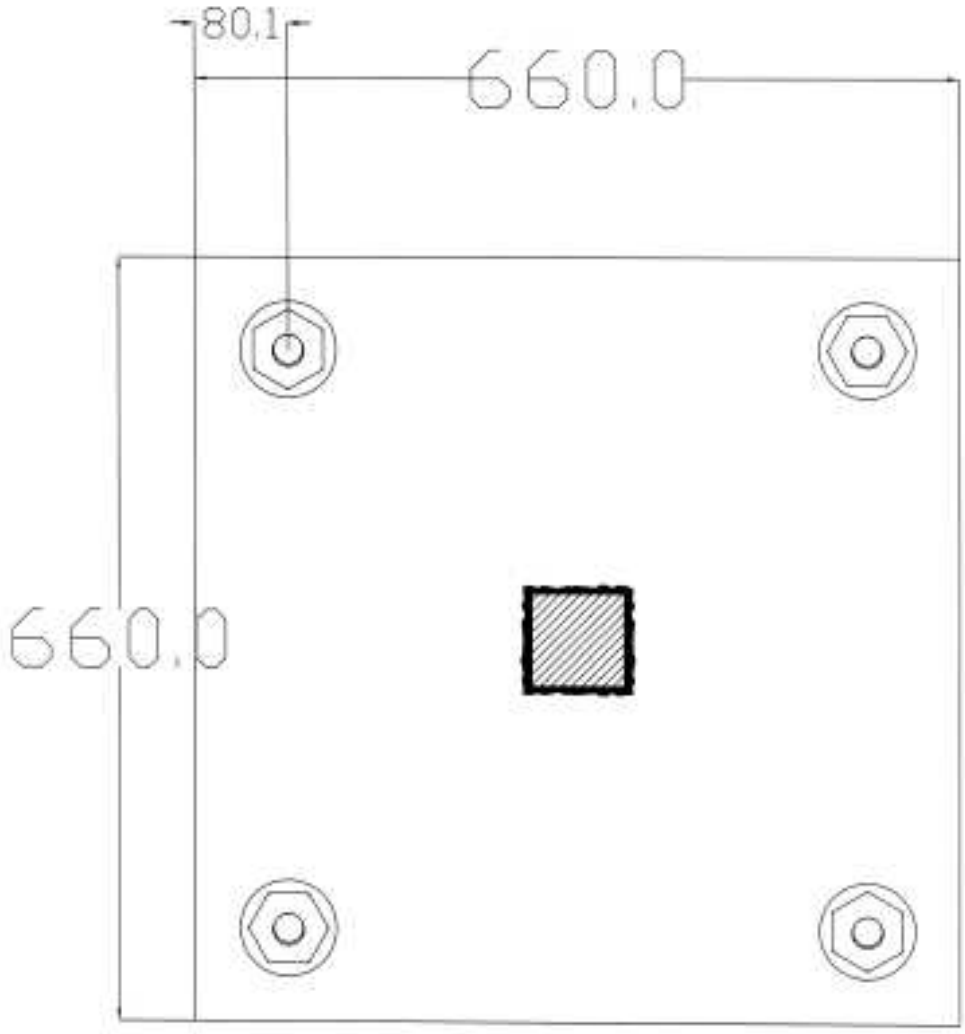
ALLEGATO 3A



ALLEGATO 3B

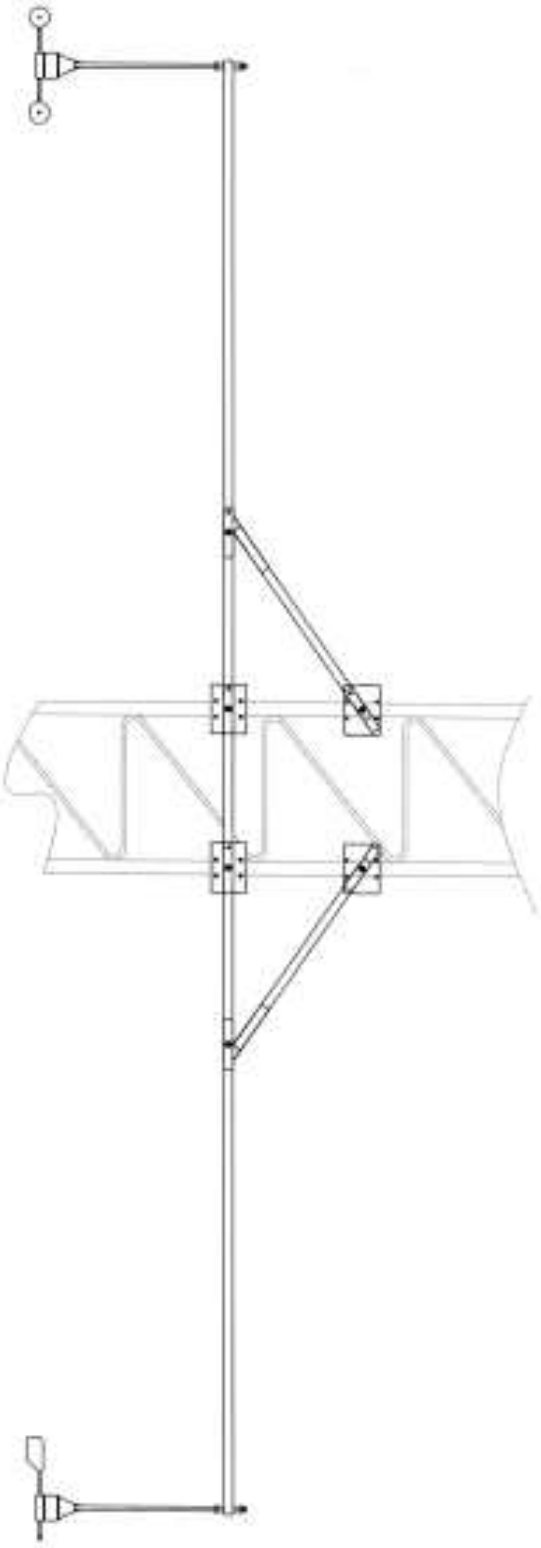


ALLEGATO 3C

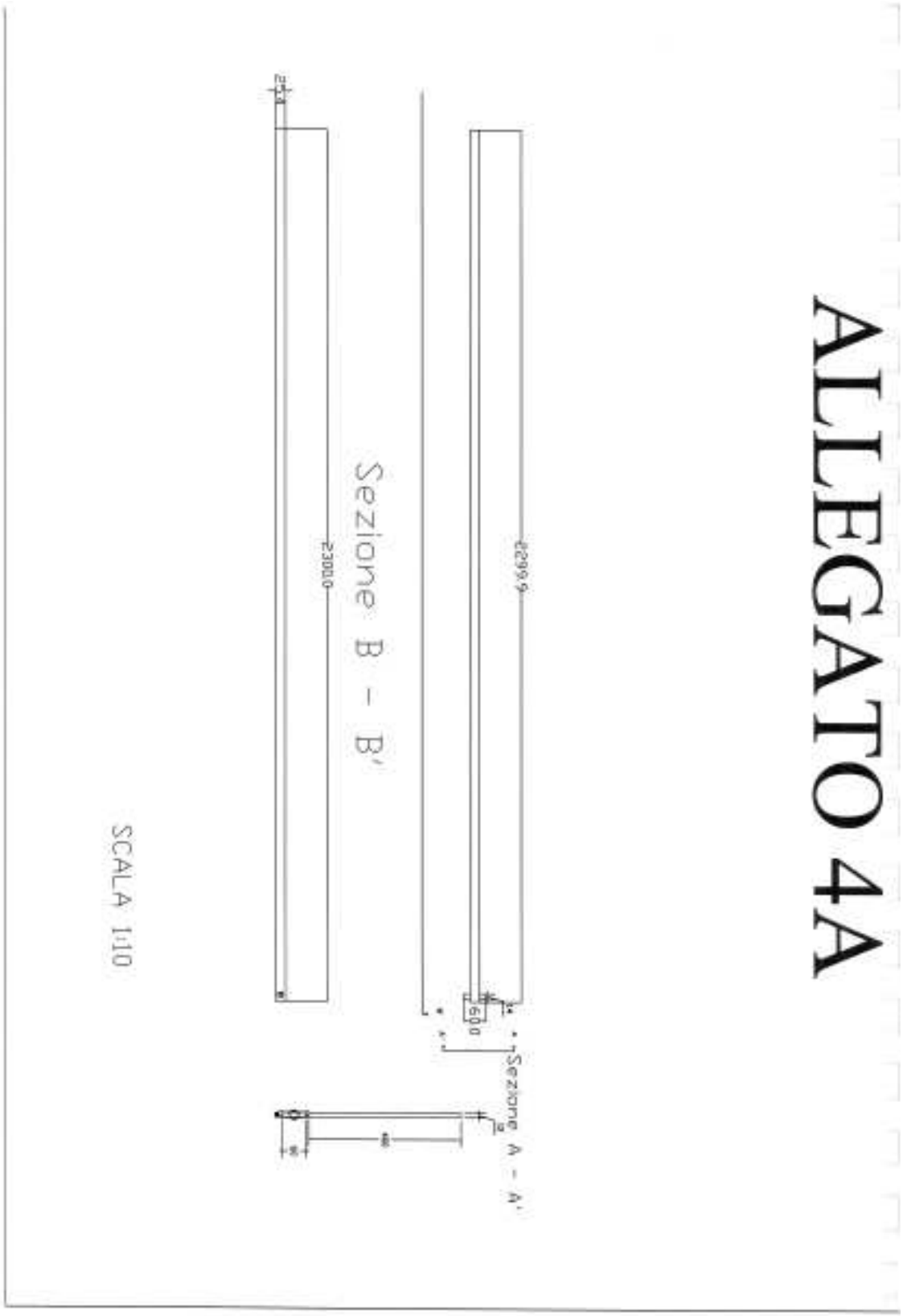


SCALA 1:5

ALLEGATO 5



ALLEGATO 4A



Documentazione Fotografica

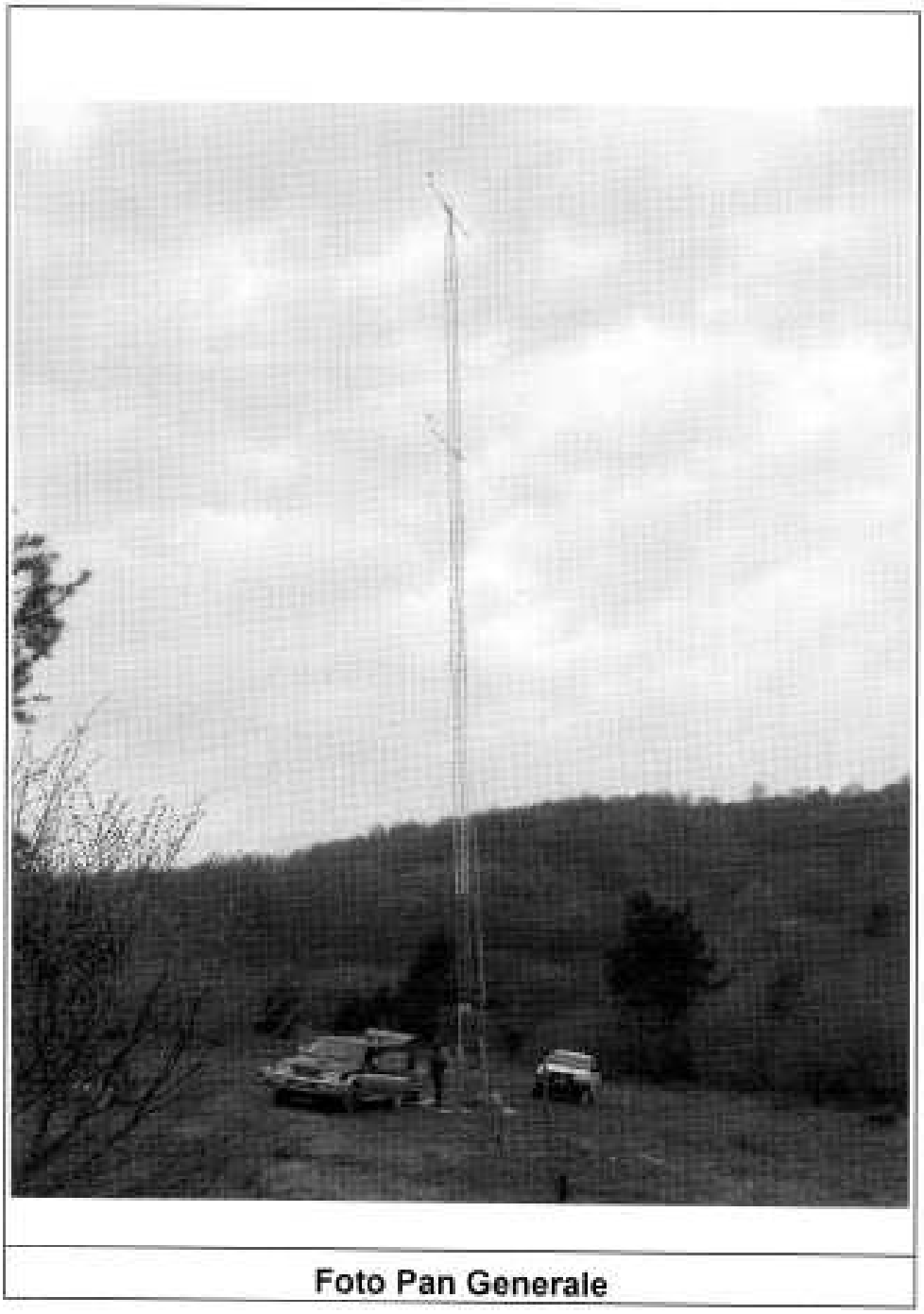
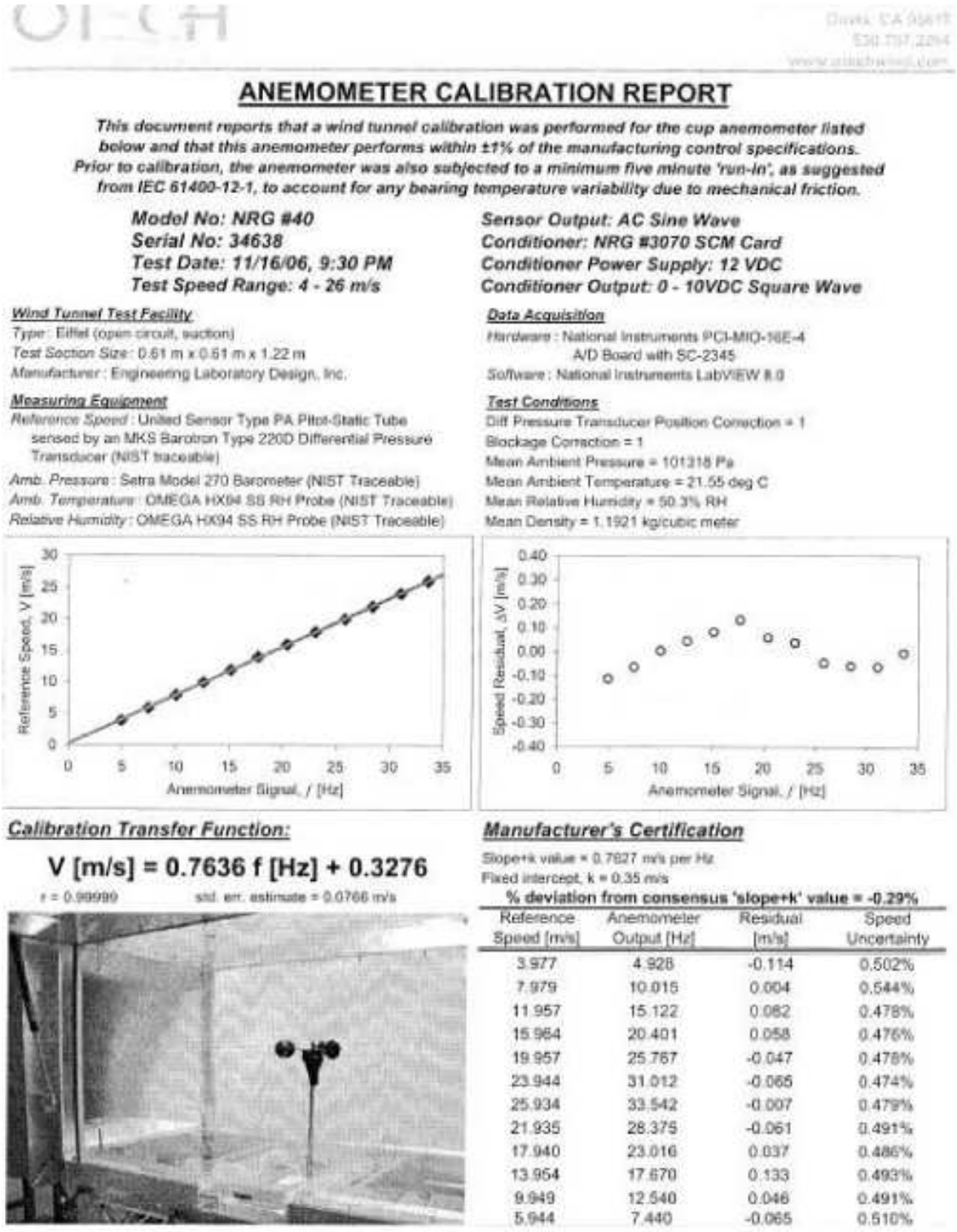


Foto Pan Generale

Report Installazione Pagina 1



ANEMOMETER CALIBRATION REPORT

This document reports that a wind tunnel calibration was performed for the cup anemometer listed below and that this anemometer performs within ±1% of the manufacturing control specifications. Prior to calibration, the anemometer was also subjected to a minimum five minute 'run-in', as suggested from IEC 61400-12-1, to account for any bearing temperature variability due to mechanical friction.

Model No: NRG #40
Serial No: 34638
Test Date: 11/16/06, 9:30 PM
Test Speed Range: 4 - 26 m/s

Sensor Output: AC Sine Wave
Conditioner: NRG #3070 SCM Card
Conditioner Power Supply: 12 VDC
Conditioner Output: 0 - 10VDC Square Wave

Wind Tunnel Test Facility
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: United Sensor Type PA Pitot-Static Tube 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 RH Probe (NIST Traceable)
Relative Humidity: OMEGA HX94 SS RH Probe (NIST Traceable)

Data Acquisition
Hardware: National Instruments PCI-MIO-16E-4 A/D Board with SC-2345
Software: National Instruments LabVIEW 8.0

Test Conditions
Diff Pressure Transducer Position Correction = 1
Blockage Correction = 1
Mean Ambient Pressure = 101318 Pa
Mean Ambient Temperature = 21.55 deg C
Mean Relative Humidity = 50.3% RH
Mean Density = 1.1921 kg/cubic meter

Calibration Transfer Function:

V [m/s] = 0.7636 f [Hz] + 0.3276

r = 0.99999 std. err. estimate = 0.0766 m/s

Manufacturer's Certification

Slope+k value = 0.7627 m/s per Hz
Fixed intercept, k = 0.35 m/s
% deviation from consensus 'slope+k' value = -0.29%

Reference Speed [m/s]	Anemometer Output [Hz]	Residual [m/s]	Speed Uncertainty
3.977	4.928	-0.114	0.502%
7.979	10.015	0.004	0.544%
11.957	15.122	0.082	0.478%
15.964	20.401	0.058	0.476%
19.957	25.767	-0.047	0.478%
23.944	31.012	-0.065	0.474%
25.934	33.542	-0.007	0.479%
21.935	28.375	-0.061	0.491%
17.940	23.016	0.037	0.486%
13.954	17.670	0.133	0.493%
9.949	12.540	0.046	0.491%
5.944	7.440	-0.065	0.510%

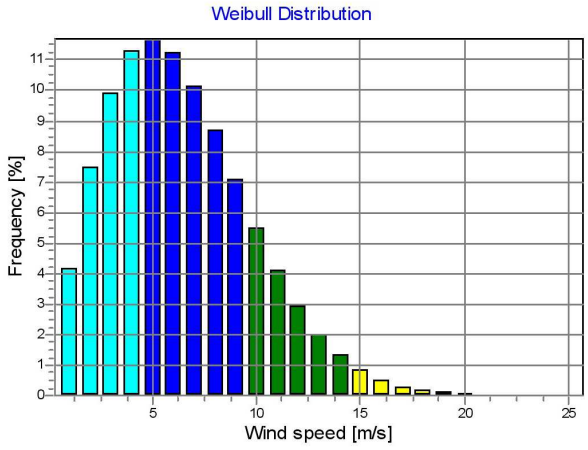
Figura 6: - Certificato di calibrazione sensore 40 m

GIERRET S.R.L. via Alcide de Gasperi n°44, 82018 S.Giorgio del Sannio (BN)					
SCHEDA SITO EOLICO					
Numero di sito	**45**	Progetto numero		**PIN: xxxxxxx**	
Nome del sito	**Pra Boè**	**Nome del progetto : Mallare**			
Ubicazione sito	**Comune di Mallare prov. di Savona**				
N. foglio catastale	**30**	Proprietario	**Suolo Comunale**		
N. particella	**138**				
Latitudine WGS 84 T32	**4900742 Nord**	Fuso Orario			
Longitudine WGS 84 T32	**444107 Est**	Declinazione magnetica			
Altitudine	**850 m s.l.m.**	Vento prevalente			
Descrizione del sito (tipi di alberi, colline, ecc.)	Sito circondanto da Nocelleto (basso fusto)				
Caratteristiche della zona (ostruzioni e distanze dalla torre)	Torre posizionata al centro della wind farm di studio				
Tipologia del suolo	Pedomontano				
Incarico di installazione firma: **Geowind (torre tralicciata)**	**Data di installazione: 12 aprile 2007**				
Data logger serie N° 0994 Tipo Symphonie					
	anemometro 1	**anemometro 2**	**anemometro 3**	**banderuola 1**	**banderuola 2**
Altezza di monitoraggio	**30m**	**20m**		**30 m**	**20 m**
Numero di serie					
Principale o ridondante	Principale	Ridondante		Principale	Ridondante
Orientamento di installazione (Gradi - Magnetico)	180° da nord	180° da nord		0° nord	0° nord
Lunghezza supporto	1,5 mt	1,5 mt		1,5 mt	1,5 mt
Orientamento supporto	180° da nord	180° da nord		0° nord	0° nord
Certificato di calibrazione-numero	**34638**				
Data di calibrazione					
Offset	0,3276	0,35		0	0
Unità di misura	m/s	m/s		deg	deg
Fattore di scala	0,7636	0,765		0,351	0,351
N. canale del data logger	1	2		7	8

MALLARE Prov. di Savona			
Data sopralluogo	**NOTE**	**Manutenzione ordinaria**	**Manutenzione straordinaria**
12 aprile 2007	**Prima Installazione a cura della Geowind**		
27 maggio 2007	Prelievo dati	Controllo Tiranti	
18 luglio 2007	Prelievo dati	Controllo Tiranti	
12 ottobre 2007	Prelievo dati	Controllo Tiranti	
11 aprile 2008	Prelievo dati	Controllo Tiranti	
12 agosto 2008	Prelievo dati	Controllo Tiranti	
6 ottobre 2008	Prelievo dati	Controllo Tiranti	
12 maggio 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	MANUTENZIONE TORRE A CURA DI ENERMED SERVICE.
16 luglio 2009	Prelievo dati	Controllo Tiranti	

3.2. DISTRIBUZIONE STATISTICA DELLA VELOCITA' MEDIA AL CENTRO DELLA WIND FARM

I dati a disposizione di ambedue le stazioni di monitoraggio sono stati analizzati ed elaborati al fine di stimare le caratteristiche della risorsa eolica nella località di sviluppo dell'indagine anemometrica. A tale scopo è stata calcolata la statistica del vento con il software WindPRO utilizzando i dati di velocità e direzione del vento dei sensori a 40, 30 e 20 m presenti sulla stazione anemometrica. Di seguito è sinteticamente riportata la distribuzione statistica della velocità media del vento e l'analisi delle direzioni di provenienza ad un'altezza media di 30 m s.l.t. nel punto di installazione del Mast.



Weibull Data

Sector	A-parameter [m/s]	Wind speed [m/s]	k- parameter	Frequency [%]	Wind gradient exponent
0 N	8,77	7,77	2,035	50,4	0,000
1 NNE	4,31	3,99	1,292	4,6	0,000
2 ENE	2,34	2,07	2,196	1,2	0,000
3 E	1,80	1,60	2,156	0,6	0,000
4 ESE	2,09	1,86	2,563	1,1	0,000
5 SSE	3,62	3,21	2,257	4,6	0,000
6 S	6,00	5,31	1,981	29,2	0,000
7 SSW	3,66	3,26	1,769	3,8	0,000
8 WSW	1,75	1,56	1,852	0,3	0,000
9 W	2,09	1,87	1,732	0,2	0,000
10 WNW	3,04	2,69	2,059	0,5	0,000
11 NNW	4,45	3,99	1,637	3,6	0,000
All	6,87	6,14	1,651	100,0	

Figura 7: Distribuzione in frequenza della velocità con i dati rilevati a 50 m in tutti i settori di direzione. La legenda accanto al grafico indica i parametri caratteristici stimati della distribuzione Weibull (A=parametro di scala k=parametro di forma). la velocità media rilevata è indicata nella colonna Wind speed.

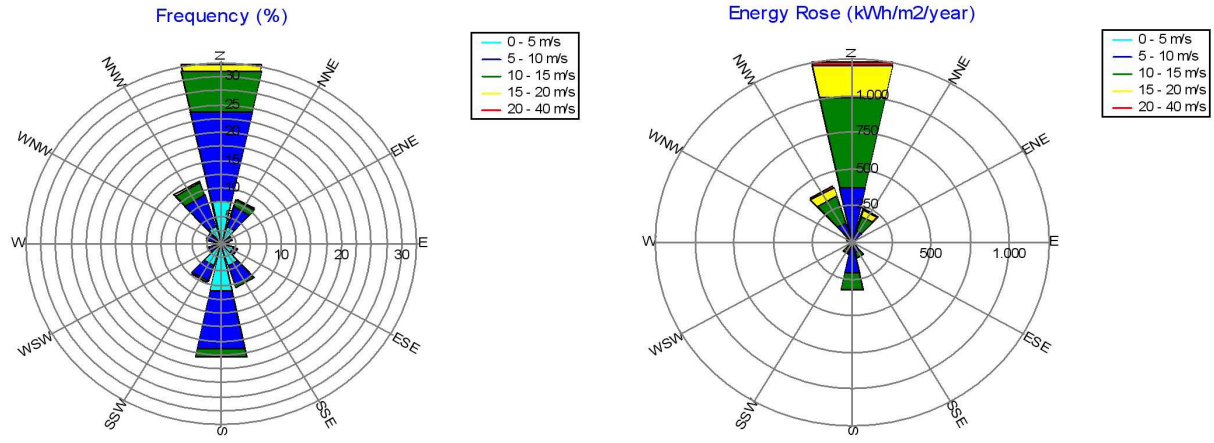


Figura 8: Frequenza percentuale ed energia dei dati del vento nei diversi settori della wind rose

Come si può notare, i dati indicano che i settori più ventosi e le cui frequenze sono più alte sono relativi ai quadranti nord e sud. In particolare, il settore nord, ed in piccola parte quello nord occidentale, sono quelli più produttivi.

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 stazione anemometrica evidenzia una velocità media del sito che, nella zona di impianto interessata dal posizionamento delle nuove tre turbine in aggiunta a quelle già autorizzate e considerate nella stima di producibilità, arriva a **6,70 m/s a 64 m** sul livello del terreno.

La turbolenza è un parametro che fornisce un'informazione importante sulle caratteristiche fluidodinamiche della vena fluida in quanto restituisce la variabilità relativa della velocità del vento entro l'intervallo considerato. Ad esempio, un valore di turbolenza (TI) superiore a 0,18 (o equivalentemente 18%), indica un fenomeno ventoso piuttosto disturbato che potrebbe eventualmente sollecitare eccessivamente le macchine per la produzione di energia eolica ed inficiarne la produttività. In genere la turbolenza diminuisce man mano che ci si allontana dalla superficie terrestre in quanto gli ostacoli e l'orografia alterano il profilo fluidodinamico.

Per il sito in esame si riscontrano i seguenti valori, diagrammati in funzione della velocità media e delle direzioni di provenienza:

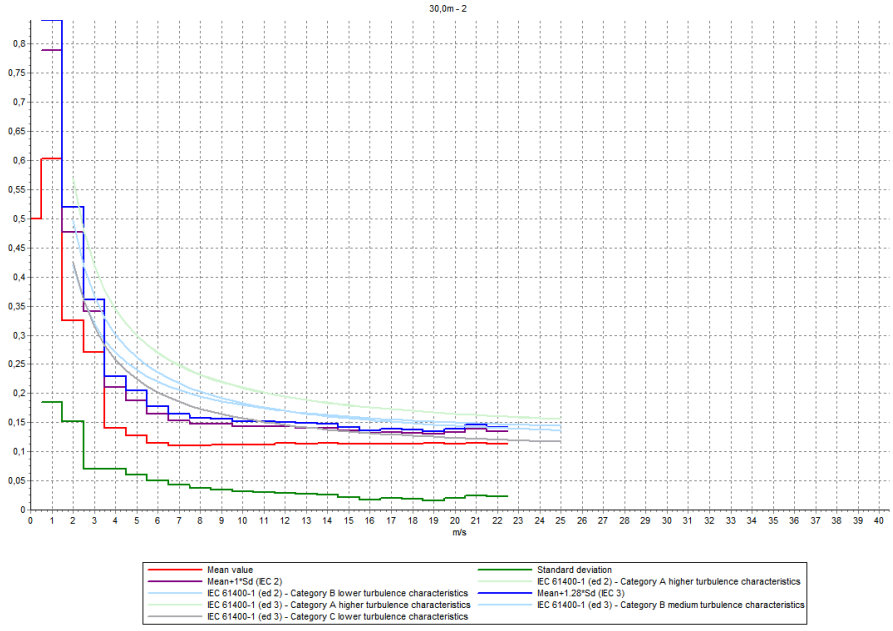


Figura 9: Raffronto dei valori percentuali della turbolenza calcolata in sito con i principali parametri di rispetto delle diverse edizioni della Norma di riferimento IEC 61400.

I parametri di turbolenza sono fortemente legati alla velocità del fluido e devono essere studiati approfonditamente per comprenderne gli effetti sull'impianto. E' però già indicativo il fatto che il valore medio totale calcolato su tutti i dati, per le diverse velocità, sia inferiore al 13 %

3.3. CLASSIFICAZIONE DEL SITO SECONDO NORMATIVA CEI ENV 61400-1 IIIed.

Per scegliere correttamente il tipo di aerogeneratore, bisogna tener conto che le turbine per installazioni "on-shore" vengono classificate in quattro differenti classi con robustezza che diminuisce al crescere del numero identificativo della classe.

Un parametro fondamentale, indicato nella normativa, che definisce tali classi di aerogeneratori è la Vref (velocità di riferimento del vento) definito come parametro base della velocità estrema del vento che è la velocità del vento con un periodo di ritorno di 50 anni calcolata su un intervallo base di 10 minuti.

La tabella che segue specifica i valori della Vref che definiscono le quattro classi degli aerogeneratori.

Tabella 1: parametri di base per la classificazione degli aerogeneratori CEI-EN 61400 2007-04

Classe di aerogeneratori		I	II	III	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	Valori
A	I_{ref} (-)	0,16			specificati
B	I_{ref} (-)	0,14			dal
C	I_{ref} (-)	0,12			progettista

Nella Tab. 1, i valori di parametro si applicano all'altezza del mozzo e

V_{ref} è la velocità del vento di riferimento media su 10 min,

A indica la categoria con caratteristiche di turbolenza superiori,

B indica la categoria con caratteristiche di turbolenza medie,

C indica la categoria con caratteristiche di turbolenza inferiori e

I_{ref} è il valore atteso dell'intensità[2] della turbolenza a 15 m/s.

È importante sottolineare che i valori sopra indicati si applicano all'altezza del mozzo della turbina.

Per esempio un aerogeneratore progettato per la classe I, definita dalla velocità di riferimento Vref di 50 m/s, è dimensionato per resistere a climi per cui il valore estremo della velocità media (su 10 minuti) del vento all'altezza del mozzo dell'aerogeneratore, con un periodo di ricorrenza di 50 anni è inferiore o uguale alla relativa Vref di 50 m/s.

Si comprende quindi che, una volta individuato il sito di installazione, una opportuna scelta dell'aerogeneratore può essere effettuata solamente dopo il calcolo della velocità di riferimento Vref (all'altezza del mozzo della turbina) relativa al sito stesso.

Per la stima statistica della velocità di riferimento Vref di un sito occorre conoscere la distribuzione statistica della massima velocità media annuale in intervalli di dieci minuti. Tale procedura è fortemente raccomandata per la installazione di strutture speciali soprattutto laddove non ne esistano di precedenti. Per farsi un'idea di quale sia la classe del vento del sito in esame si può applicare una procedura abbreviata anch'essa suggerita da una norma IEC [Wind Energy Handbook Wiley] che consiste nel moltiplicare per 5 la velocità media annuale del sito all'altezza del mozzo. Dai dati a disposizione, il sito in oggetto può ritenersi un sito di classe II; tale dato risulta confermato anche da diverse simulazioni effettuate con il software Wasp e da altri studi più accurati eseguiti nella stessa provincia.

La turbina presa in considerazione nel progetto consiste è la Enercon E70-2.3 MW che è certificata di classe I e II

4. STIMA DI PRODUCIBILITÀ

4.1. METODOLOGIA

Il programma utilizzato per le stime e le simulazione di seguito proposte, è WIND PRO con implementazione di WAsP che è uno dei principali e più completi strumenti di analisi del vento attualmente disponibile sul mercato. Il software è stato usato per la creazione dell'atlante europeo del vento che mira a stabilire la base meteorologica per la valutazione dei potenziali eolici.

Il funzionamento del software è piuttosto semplice:

- i dati di input necessari alla determinazione delle mappe eoliche sono
  - l'orografia della zona interessata,
  - i dati sul vento (velocità e direzione) di almeno un punto dell'area considerata,
  - caratteristiche di "rugosità" del terreno,
  - eventuali ostacoli

- L'output è costituito dal cosiddetto WindAtlas o atlante del vento ovvero una climatologia del vento della zona considerata con cui è possibile elaborare una mappa eolica della zona in esame e, una volta scelto il sito dove installare l'impianto eolico, è inoltre capace di calcolare la producibilità annua di una singola macchina e di una intera wind farm portando in conto le eventuali interferenze tra le pale dovute all'effetto scia e l'eventuale presenza di ostacoli che possono alterare la distribuzione del vento.

Nel dettaglio Il modello WASP è composto da un set di modelli numerici che hanno il compito di correggere le misure anemometriche al fine di ottenere una climatologia del vento della zona considerata.

Questi modelli sono:

- Il modello per la stabilità: si basa su alcune correzioni da apportare al profilo logaritmico del vento al mutare delle condizioni di stabilità atmosferica e richiede come input le medie climatologiche e gli scarti quadratici medi del flusso di calore superficiale. Il modello è derivato dalla legge di resistenza geostrofica ed il profilo del vento è derivato da una espansione del primo ordine dell'espressione del flusso di calore sensibile per condizioni di neutralità atmosferica
- Il modello per il cambio di rugosità: si basa su alcune correzioni da apportare al campo dei venti nel caso in cui il terreno non è omogeneo. In questo caso al terreno sono assegnate delle lunghezze di rugosità in modo tale che il flusso del vento, passando tra due superfici disomogenee, è calcolato da considerazioni sullo stato limite superficiale. Tale modello gioca un ruolo sostanziale nella stima di producibilità di una wind farm in quanto stabilisce quale debba essere il fattore di crescita della velocità del vento con l'altezza. Risulta fondamentale dunque riprodurre in maniera rigorosa le caratteristiche di rugosità della zona in esame introducendo una mappa di rugosità del territorio.

- Il modello per l' effetto-barriera: entra in gioco considerando gli effetti di attrito causati dalla resistenza aerodinamica dovuta ad eventuali ostacoli con dimensioni variabili vicini all' anemometro o al sito eolico. Infatti è noto come in prossimità di un ostacolo, a distanze o quote comparabili con la sua altezza, il profilo del vento ne viene perturbato. Questo modello permette così di "pulire" il dato anemometrico eliminando questi effetti.
- Il modello per l' orografia: come i due precedenti, viene utilizzato per correggere i dati del vento da effetti dovuti alle disomogeneità del terreno circostante; in questo caso vengono calcolati gli effetti indotti dalle variazioni altimetriche del terreno intorno alla stazione di misura.

L'algoritmo è rappresentabile attraverso un diagramma di flusso

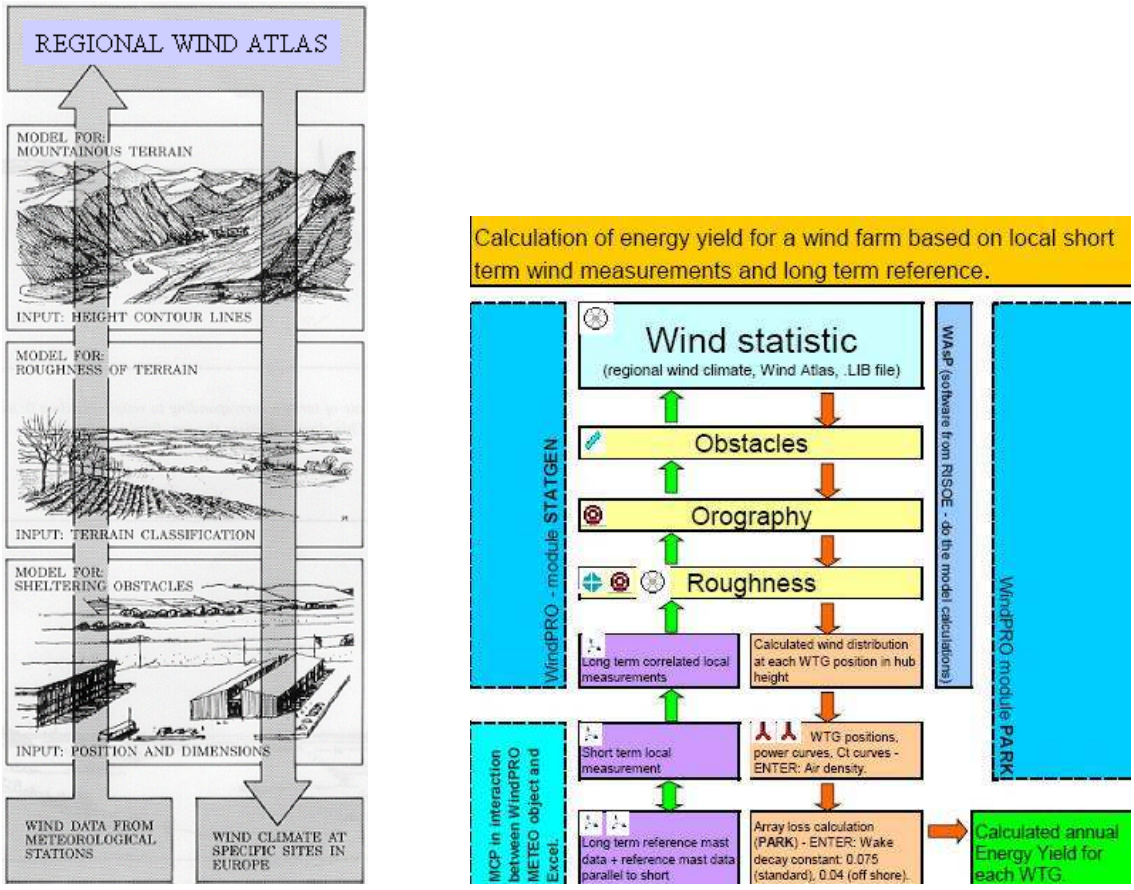


Figura 10 Diagramma di flusso del programma WAsP/Wpro

Il software WINDPRO utilizza come piattaforma di calcolo WAsP, arricchendolo di altre funzionalità di verifica e di correlazione tra i dati quali il modulo MCP (measure-correlate-predict), che consente di mettere in relazione tra loro i dati di diverse stazioni di misura e sfruttare serie storiche di lungo periodo per avere una climatologia con basse incertezze.

4.2. CALCOLO DELLA PRODUZIONE ENERGIA ANNUALE (AEP)

Per il calcolo della stima di producibilità di energia elettrica annua dell'impianto eolico è stato utilizzato un aerogeneratore della Enercon E-70 da 2.3 MW con una altezza del mozzo di 64 m. Si riporta di seguito la curva di potenza certificata dalla casa produttrice in condizioni di densità dell'aria standard, e quella corretta con le caratteristiche di densità mediamente attese in sito.

Power curve

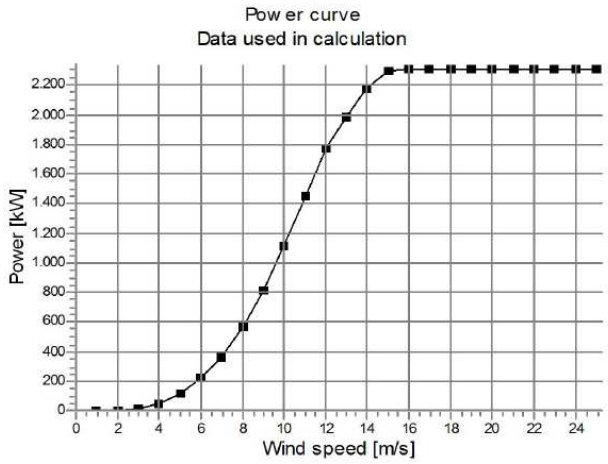
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	Wind speed [m/s]	Ct curve
1,0	0,0	0,00	1,0	0,00
2,0	2,0	0,10	2,0	0,77
3,0	18,0	0,27	3,0	0,76
4,0	56,0	0,36	4,0	0,76
5,0	127,0	0,42	5,0	0,76
6,0	240,0	0,46	6,0	0,76
7,0	400,0	0,48	7,0	0,76
8,0	626,0	0,50	8,0	0,76
9,0	892,0	0,50	9,0	0,76
10,0	1.223,0	0,50	10,0	0,76
11,0	1.590,0	0,49	11,0	0,76
12,0	1.900,0	0,45	12,0	0,76
13,0	2.080,0	0,39	13,0	0,67
14,0	2.230,0	0,34	14,0	0,47
15,0	2.300,0	0,28	15,0	0,37
16,0	2.310,0	0,23	16,0	0,29
17,0	2.310,0	0,19	17,0	0,24
18,0	2.310,0	0,16	18,0	0,20
19,0	2.310,0	0,14	19,0	0,17
20,0	2.310,0	0,12	20,0	0,15
21,0	2.310,0	0,10	21,0	0,13
22,0	2.310,0	0,09	22,0	0,11
23,0	2.310,0	0,08	23,0	0,10
24,0	2.310,0	0,07	24,0	0,09
25,0	2.310,0	0,06	25,0	0,08

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,113 kg/m³ Old WindPRO method (experience based "best fit" correction method)

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Ce	Interval [m/s]	Energy [MWh]	Acc.Energy [MWh]	Relative [%]
1,0	0,0	0,00	0,50- 1,50	0,2	0,2	0,0
2,0	1,8	0,10	1,50- 2,50	3,6	3,8	0,1
3,0	16,4	0,27	2,50- 3,50	18,7	22,5	0,5
4,0	50,9	0,36	3,50- 4,50	56,1	78,7	1,7
5,0	115,4	0,42	4,50- 5,50	121,9	200,6	4,3
6,0	218,1	0,46	5,50- 6,50	211,7	412,3	8,9
7,0	363,6	0,48	6,50- 7,50	314,1	726,4	15,7
8,0	569,0	0,50	7,50- 8,50	410,9	1.137,3	24,5
9,0	810,8	0,50	8,50- 9,50	483,5	1.620,8	35,0
10,0	1.111,7	0,50	9,50-10,50	523,2	2.144,0	46,2
11,0	1.452,0	0,49	10,50-11,50	524,8	2.668,8	57,6
12,0	1.776,3	0,47	11,50-12,50	482,2	3.151,0	68,0
13,0	1.989,7	0,41	12,50-13,50	406,5	3.557,5	76,7
14,0	2.181,6	0,36	13,50-14,50	321,9	3.879,4	83,7
15,0	2.300,0	0,31	14,50-15,50	241,2	4.120,6	88,9
16,0	2.310,0	0,26	15,50-16,50	171,1	4.291,8	92,6
17,0	2.310,0	0,21	16,50-17,50	117,5	4.409,3	95,1
18,0	2.310,0	0,18	17,50-18,50	79,4	4.488,7	96,8
19,0	2.310,0	0,15	18,50-19,50	53,1	4.541,8	98,0
20,0	2.310,0	0,13	19,50-20,50	35,3	4.577,1	98,7
21,0	2.310,0	0,11	20,50-21,50	23,4	4.600,5	99,2
22,0	2.310,0	0,10	21,50-22,50	15,5	4.616,1	99,6
23,0	2.310,0	0,09	22,50-23,50	10,4	4.626,4	99,8
24,0	2.310,0	0,08	23,50-24,50	7,0	4.633,4	99,9
25,0	2.310,0	0,07	24,50-25,50	2,8	4.636,3	100,0



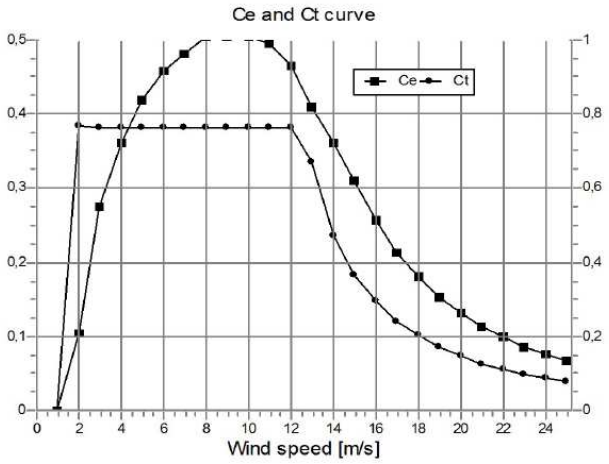


Figura 11: Curva di potenza della turbina di progetto

Le figure di seguito riportate mostrano la posizione di installazione degli aerogeneratori su stralcio cartografico IGM 1:50000 e su ortofoto:

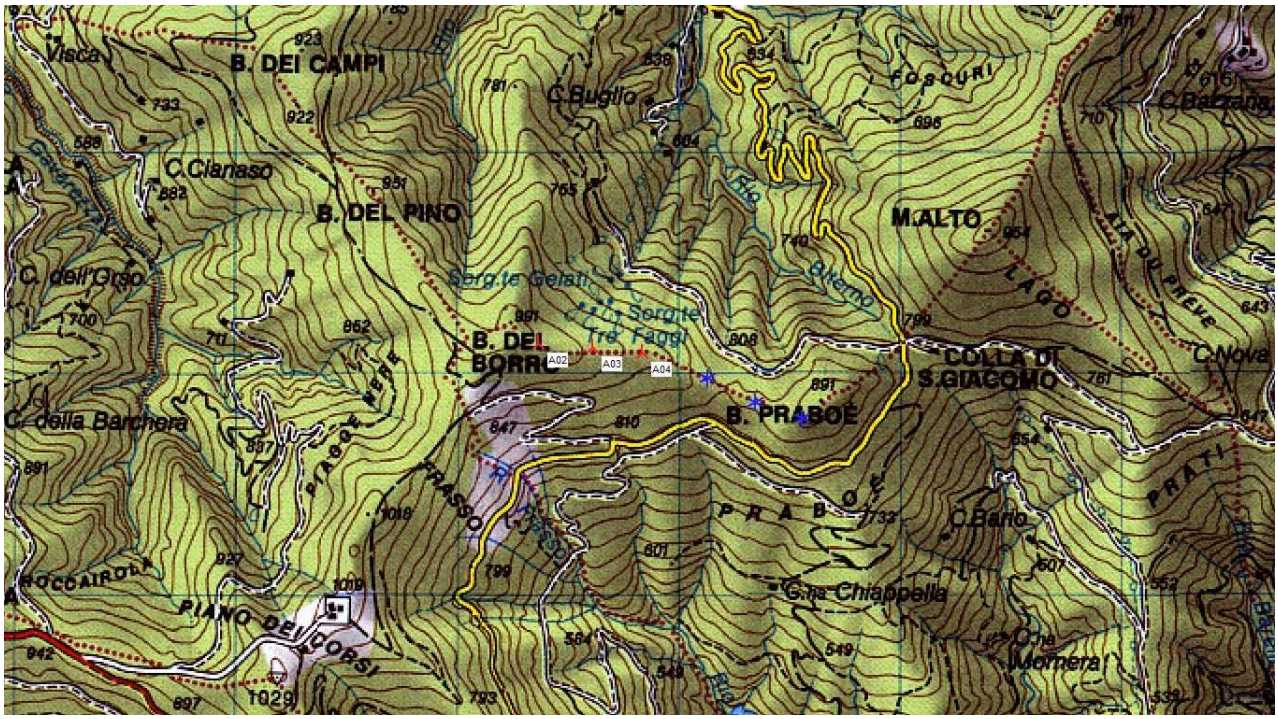


Figura 12: Layout del parco eolico previsto (in rosso) in aggiunta a quello già autorizzato(icone in blu) rappresentanti le turbine inserite nel modello di calcolo e considerate come già esistenti.

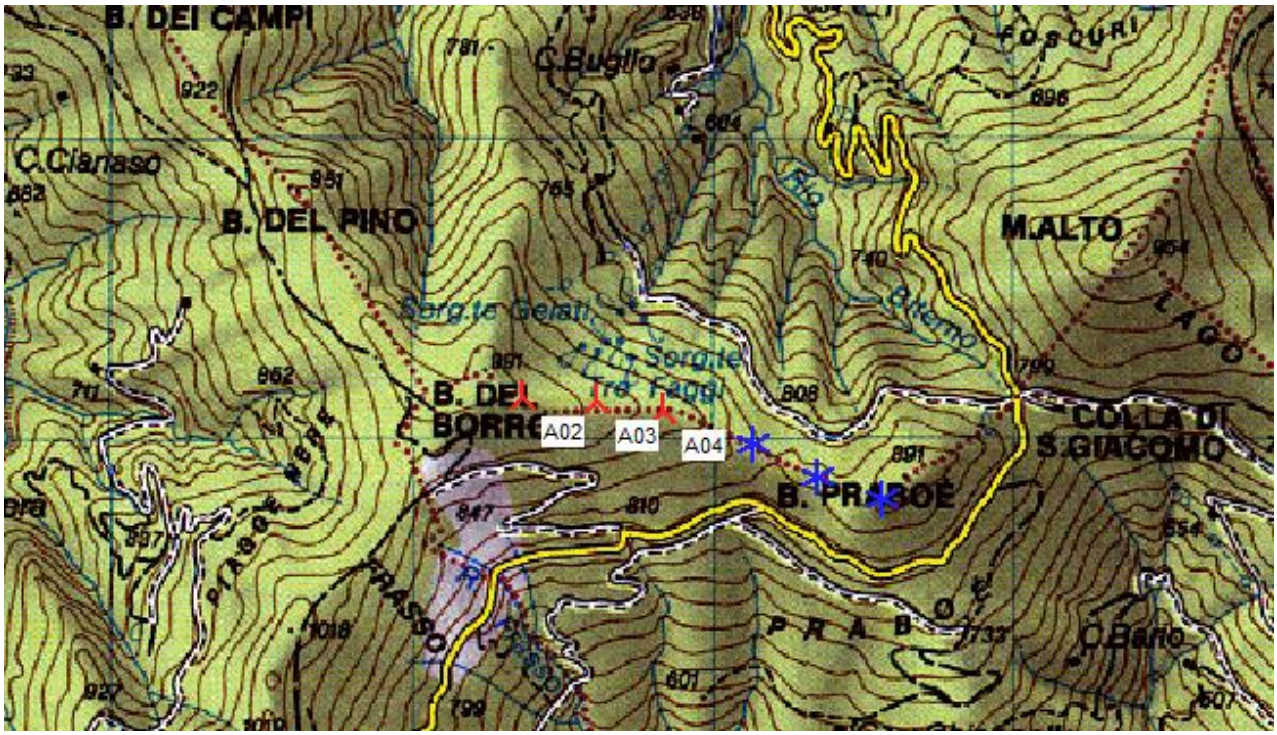


Figura 13: Dettaglio del Layout del parco eolico previsto (in rosso) in aggiunta a quello già autorizzato (icone in blu) rappresentanti le turbine inserite nel modello di calcolo e considerate come già esistenti.





Figura 14: - Layout visualizzato su Google-earth – Le turbine numerate rappresentanon gli aerogeneratori di nuova progettazione. Le non numerate si riferiscono agli aerogeneratori già autorizzati e considerati come esistenti nei calcoli di stima di producibilità. Dall'immagine è apprezzabile l'ottimale esposizione alla vena fluida che risulta essere proveniente quasi totalmente dal settore Nord (stesso orientamento dell'immagine proposta).

La simulazione è stata elaborata con il software Wind Pro ed è stato necessario tener conto del deficit produttivo dovuto alla densità dell'aria leggermente inferiore al valore standard di riferimento. I risultati sono mostrati sinteticamente nel report e nella tabella seguente:

Tabella 2: Report elaborazione della producibilità annua del parco eolico di progetto considerando l'esistenza sul territorio delle turbine già autorizzate.

PARK - Main Result

Calculation: MAL02 + Authorized 3 wtg

Wake Model N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

Air density calculation mode	Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude	1,113 kg/m³ to 1,127 kg/m³
Air density relative to standard	91,7 %
Hub altitude above sea level (asl)	914,5 m to 1.033,7 m
Annual mean temperature at hub alt.	6,7 °C to 7,5 °C
Pressure at WTGs	894,4 hPa to 907,5 hPa

Wake Model Parameters

Wake Decay Constant 0,075 Open farmland

Wake calculation settings

Angle [°]			Wind speed [m/s]		
start	end	step	start	end	step
0,5	360,0	1,0	0,5	30,5	1,0

Wind statistics IT Mast 0045.wws

WAsP version WAsP 6-9 for Windows RVEA0011 1, 0, 0, 13



Key results for height 50,0 m above ground level

Terrain GB1

	East	North	Name of wind distribution	Type	Wind energy [kWh/m²]	Mean wind speed [m/s]	Equivalent roughness
SD Mast 0045	1.444.136	4.900.755	SD Mast 0045-	WAsP (WAsP 6-9 for Windows RVEA0011 1, 0, 0, 13)	2.681	6,2	-0,4

Calculated Annual Energy for Wind Farm

WTG combination	Result PARK	Result-10,0%	GROSS (no loss)|Free WTGs	Specific results¤) Park efficiency	Capacity factor	Mean WTG result	Full load hours	Mean wind speed|@hub height
	[MWh/y]	[MWh]	[MWh/y]	[%]	[%]	[MWh/y]	[Hours/year]	[m/s]
Wind farm	27.333,0	24.599,7	27.744,8	98,5	21,8	4.100,0	1.907	6,6
New WTGs only	14.195,7	12.776,1	14.323,3	99,1	21,1	4.258,7	1.852	6,7
Existing park WTGs only	13.137,3	11.823,6	13.421,5	97,9	22,5	3.941,2	1.971	6,6
Existing park WTGs without new WTGs	13.208,9	11.888,0	13.421,5	98,4		3.962,7		0,0
Reduction for existing park WTGs caused by new	71,6	64,4						

¤) *Based on Result-10,0%*

Calculated Annual Energy for each of 3 new WTGs with total 6,9 MW rated power

Terrain	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Power curve Creator	Name	Annual Energy Result	Result-10,0%	Park Efficiency	Mean wind speed
				[kW]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[%]	[m/s]
A02 SD Mast 0045-12mesi +	Yes	ENERCON	E-70 E4 2,3 MW-2.300	2.300	71,0	64,0	EMD	Level 0 - guaranteed* - OM II/Rev 1.0 - 05/2005	4.636,3	4.173	99,4	6,67
A03 SD Mast 0045-12mesi +	Yes	ENERCON	E-70 E4 2,3 MW-2.300	2.300	71,0	64,0	EMD	Level 0 - guaranteed* - OM II/Rev 1.0 - 05/2005	4.769,0	4.292	99,2	6,73
A04 SD Mast 0045-12mesi +	Yes	ENERCON	E-70 E4 2,3 MW-2.300	2.300	71,0	64,0	EMD	Level 0 - guaranteed* - OM II/Rev 1.0 - 05/2005	4.790,5	4.311	98,8	6,74

Calculated Annual Energy for each of 3 existing park WTGs with total 6,0 MW rated power

Terrain	WTG type Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated	Rotor diameter	Hub height	Power curve Creator	Name	Annual Energy Calculated prod. without new WTGs	After New WTGs	Decrease due to new WTGs	Park Efficiency
				[kW]	[m]	[m]			[MWh]	[MWh]	[MWh %]	[%]
A 05 SD Mast 0045-	Yes	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	EMD	Level 0 - guaranteed* - Rev. 1.1 - 04/2005	4.200,9	4.161,5	39,4 0,9	98,4
A 06 SD Mast 0045-	Yes	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	EMD	Level 0 - guaranteed* - Rev. 1.1 - 04/2005	4.267,3	4.250,5	16,8 0,4	97,6
A 07 SD Mast 0045-	Yes	ENERCON	E-70 E4-2.000	2.000	71,0	64,0	EMD	Level 0 - guaranteed* - Rev. 1.1 - 04/2005	4.740,7	4.725,3	15,4 0,3	97,8

WindPRO is developed by EMD International A/S, Niels Jernesvej 10, DK-9220 Aalborg Ø, Tlf. +45 96 35 44 44, Fax +45 96 35 44 46, e-mail: windpro@emd.dk

Gierret energie rinnovabili	*MED* *Misure Elaborazione Dati*	**MAL02 Stima di producibilità turbine Enercon E70 - 2,3 MW**								
Site	***Loc. Est [m]***	***Loc. Nord [m]***	***Turbine Type***	***Power [KW]***	***Elevation a.s.l. [m]***	***Hub Height a.g.l. [m]***	***Net AEP [GWh]***	***Wake loss [%]***	***Net AEP - 10% [GWh]***	***Mean Wind Speed***	***Full Load Hours [MWh/MW]***
A02	1443328	4900958	ENERCON E-70 E4 2,3 MW-2.300	2300	969,7	64,0	4,493	0,60	4,044	6,67	1758
A03	1443574	4900941	ENERCON E-70 E4 2,3 MW-2.300	2300	939,1	64,0	4,625	0,80	4,163	6,73	1810
A04	1443799	4900914	ENERCON E-70 E4 2,3 MW-2.300	2300	910,0	64,0	4,650	1,20	4,185	6,74	1820
MEAN VALUES								**0,87**	**4,130**		**1796**
TOTAL							**13,768**		**12,391**		

Tabella 3: Valori di producibilità annua degli aerogeneratori di progetto

I dati relativi alle produzione delle singole macchine evidenziano una buona scelta della disposizione delle turbine in quanto le perdite dovute all'effetto scia sono pressoché nulle attestandosi su valori nell'ordine dello 0,87%.

La media di ore di funzionamento annue alla potenza nominale **supera le 1750 ore/anno (1796 ore/anno)**, rispettando così le prescrizioni della Delibera della Giunta Regionale n° 551 del 23/05/08 pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Liguria n° 25 del 18/06/08 che prevedono la producibilità specifica non inferiore alle 1700 ore equivalenti.

5. CONCLUSIONI

L'elaborazione dati delle stazioni anemometriche installate al centro della zona di progetto, portano ad evidenziare **una velocità media del sito che, nella zona di impianto, supera i 6,70 m/s** a 64 m sul livello del terreno.

Come si evince dai dati di producibilità del sito, con l'installazione di turbine Enercon E-70 da 2,3 MW di potenza, gli aerogeneratori superano in media le **1796 ore** di funzionamento all'anno generando un'energia netta di **12,391 GWh**, che rende molto valida la realizzazione del parco eolico da un punto di vista tecnico-economico. Dai dati puntuali rilevati dai sensori risulta inoltre che l'impianto entra in funzione quasi tutti giorni dell'anno, infatti i dati delle stazioni anemometriche indicano che per tutti i giorni in cui è stato possibile monitorare esiste un intervallo di tempo sufficiente all'avvio ed al funzionamento delle macchine.