Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.
Piazza Cavour, 7 - 20121 Milano
T: +39 02 62690471 F: +39 02 32066804
info@ferasrl.it; www.ferasrl.it
P.IVA 13393960151

Azienda con sistema di gestione qualità
certificato UNI EN ISO 9001:2008
certificatl n. 501008849 e 501008850



Regione **Liguria**
Comune di **Pontinvrea (SV)**
Proponente **F.E.R.A. S.r.l.**

Parco eolico
"Monte Greppino"

Progetto Preliminare

SCOPING

1.5 Studio del Potenziale Eolico

Progettisti:

Dott.ssa Giulia Canavero

Giulia Canavero

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
10.10.2017	A	Prima emissione	Canavero	Canavero	Bertuccio

Comm. 84 **Elaborato:** MGR-1.5-A_Studio del potenziale eolico

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di F.E.R.A. S.r.l.

INDICE

1. DESCRIZIONE DEL SITO 5

2. STAZIONI DI MISURA 6

2.1. STRUTTURA "ENERCON CAIRO" 7

2.1.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA 7

2.1.2. ANALISI DEI DATI MISURATI 8

2.2. STRUTTURA "0705" 10

2.2.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA 10

2.2.2. ANALISI DEI DATI MISURATI 12

2.3. STRUTTURA "0739" 14

2.3.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA 14

2.3.2. ANALISI DEI DATI MISURATI 16

3. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE 17

3.1. AEROGENERATORI 17

3.2. LAYOUT E STIMA DELLA PRODUZIONE 19

4. CONCLUSIONI 20

1. DESCRIZIONE DEL SITO

L'area in esame appartiene ad un crinale interno all'Appennino Ligure, le cui pendici discendono a Sud direttamente verso la linea di costa.

L'altezza media non eccessiva dell'Appennino alle spalle della città di Savona, permette un significativo deflusso di masse d'aria da e per il bacino della pianura Padana, anche a bassa quota.

Nelle figure 1 e 2 si nota come il sito si trovi in corrispondenza dell'ultimo crinale in direzione della linea di costa.

In figura 3 si nota come la conformazione non sia quella di un crinale netto, infatti si trovano una sella, cambi di direzione e vari crinali secondari.

La superficie risulta boscata.

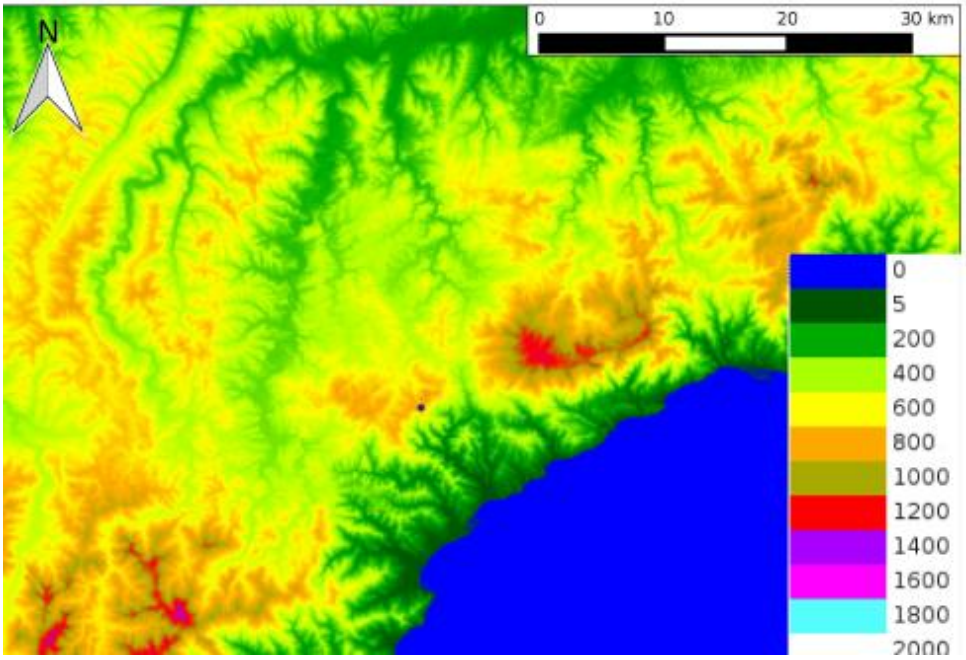


Figura 1 - Vista generale dell'orografia della zona geografica

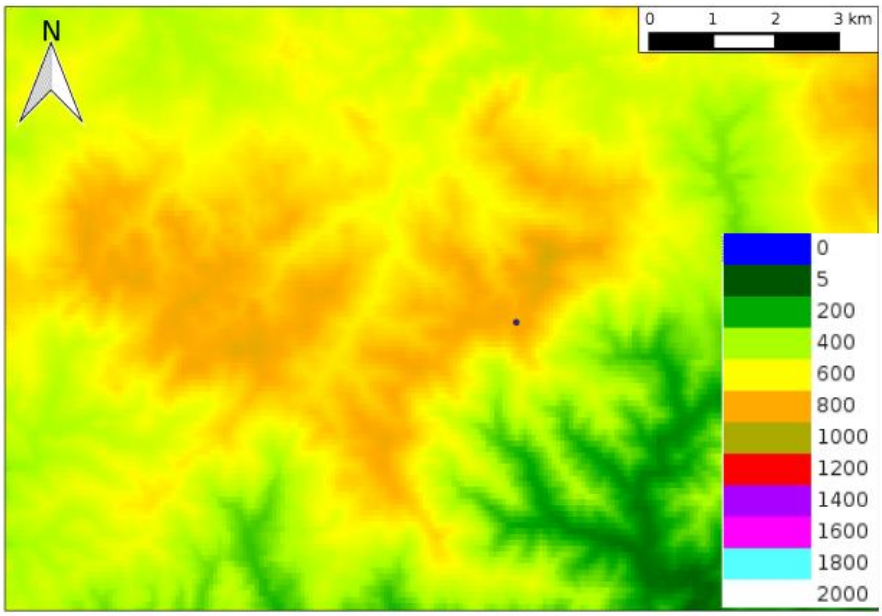


Figura 2 -Vista di dettaglio dell'orografia della zona geografica

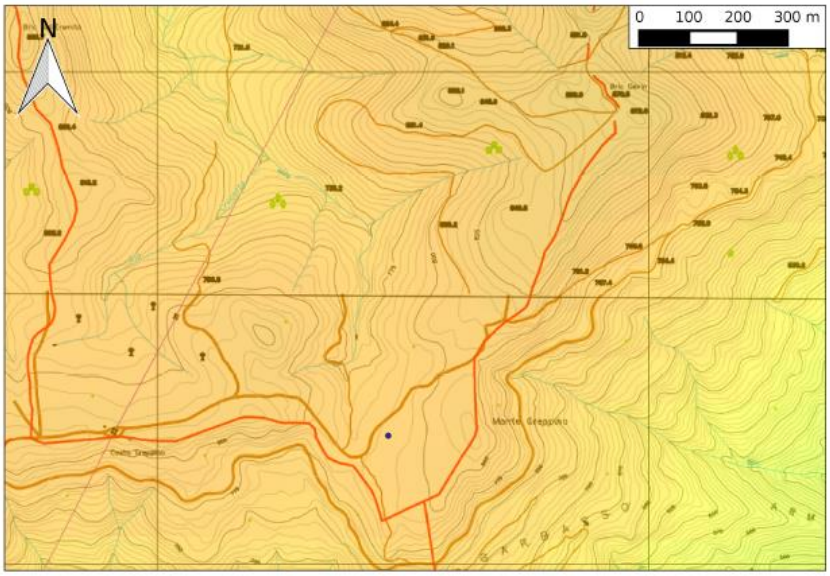


Figura 3 - Vista della zona del sito

2. STAZIONI DI MISURA

In prossimità del sito sono state effettuate numerose campagne di misura anemologiche.

In figura 4 sono riportate le posizioni delle strutture di misura in relazione all'area di crinale in esame.

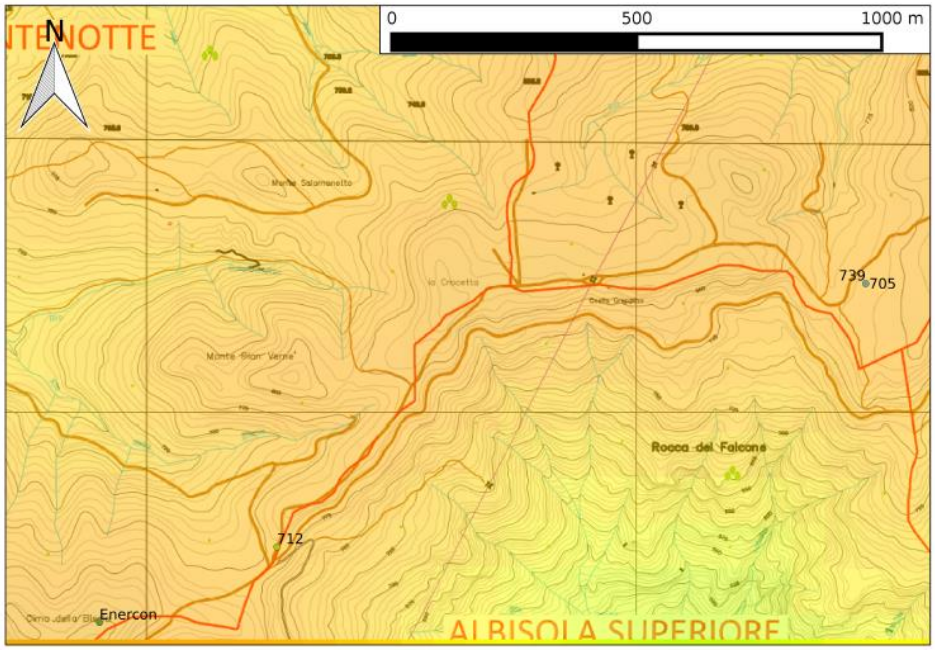


Figura 4 -Posizione delle campagne di misura effettuate

2.1. STRUTTURA "ENERCON CAIRO"

La struttura di misura "ENECRO" si trova in Regione Liguria, Provincia di Savona e Comune di Cairo Montenotte, alle coordinate UTM WGS84 32T 453819 *m* Est e 4915373 *m* Nord, ad una quota di 826 *m* s.l.m..

2.1.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura di misurazione è costituita da un sostegno tubolare ed in parte telescopico di altezza massima 60 m, provvisto di supporti sensori di lunghezza 1.5*m* su cui sono montati 4 sensori calibrati di velocità, 1 sensore di direzione, 1 sensore di umidità, 1 sensore di pressione e 1 di temperatura. La configurazione utilizzata è in totale accordo con quanto richiesto della normativa IEC 61400.

La configurazione della struttura di misura è visibile in figura 5.

No.	Sensor	Type	Serial	Calibration	Height (m)	Orientation	Remark
1	v0	Thies First Class	0507462	07/1766	60.00	Central	
2	v2	Thies First Class	0507463	07/1758	46.78	69°	
3	v3	Thies First Class	0507464	07/1779	20.86	59°	
4	dir1	Thies Classic	0507146	checked	58.37	238°	North pointing outwards Logger: 2
5	dir2	Thies Classic	0507144	checked	30.81	48°	North pointing outwards Logger: 352°
6	Humid1	Galltec KPK1/6-ME	60311	IK07_0034	4.50	255°	
7	Temp1	Galltec KPK1/6-ME	60311	IK07_0034	4.50	255°	
8	press	Ammonit AB60	B07 0110	IK07_0030	3.50		
9	v1	Risoe P2546A	3599	07/0984	58.44	61°	
	Light-ning rod					245°	
	Solar					173°	

Figura 5 - ENECRO - schema struttura anemometrica

2.1.2. ANALISI DEI DATI MISURATI

La struttura "ENECRO" ha iniziato le registrazioni il giorno 6 Settembre 2007 e sono disponibili fino ad Ottobre 2008.

La serie temporale è stata controllata per eliminare le misurazioni che risultano affette da formazione di ghiaccio o da malfunzionamenti.

In figura 6 è riportata una sintesi dell'andamento stagionale della velocità del vento misurata alle varie quote.

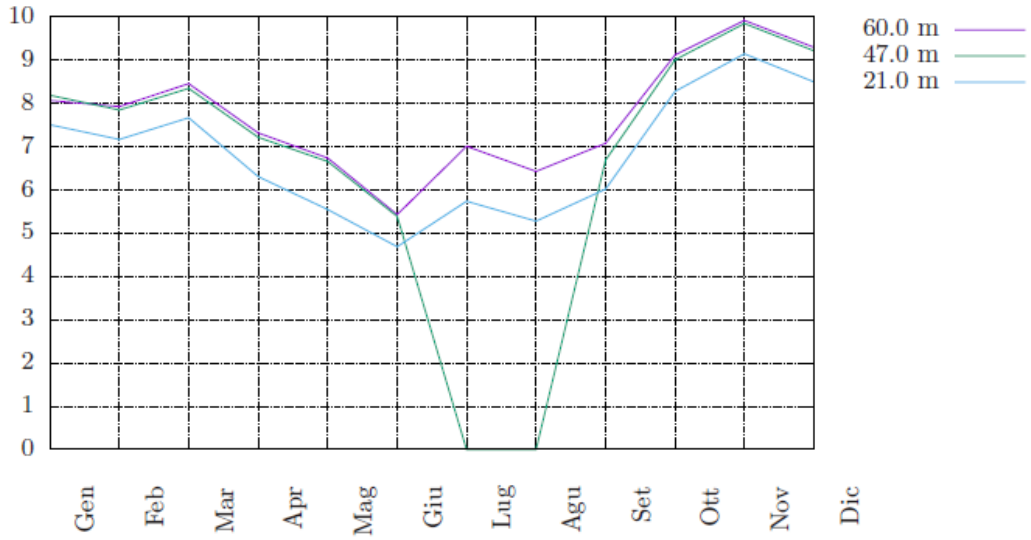


Figura 6 -ENECRO: Andamento stagionale della ventosità misurata

In figura 7 sono riportate la rosa del vento in frequenza e il contributo energetico del vento suddiviso per settore di provenienza.

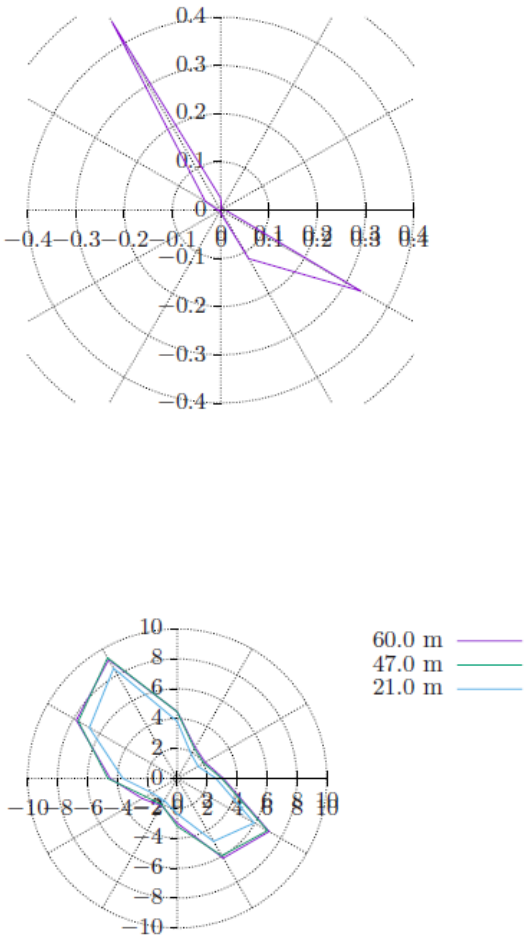


Figura 7 -ENECRO: rosa del vento in frequenza e velocità media per settore di direzione

In figura 8 è riportata la distribuzione in frequenza annuale relativamente alla misurazione effettuata a 60 m dal suolo.

La disposizione dei sostegni dei sensori è tale da minimizzare gli effetti di ombreggiamento sulle misurazioni da parte della struttura di sostegno.

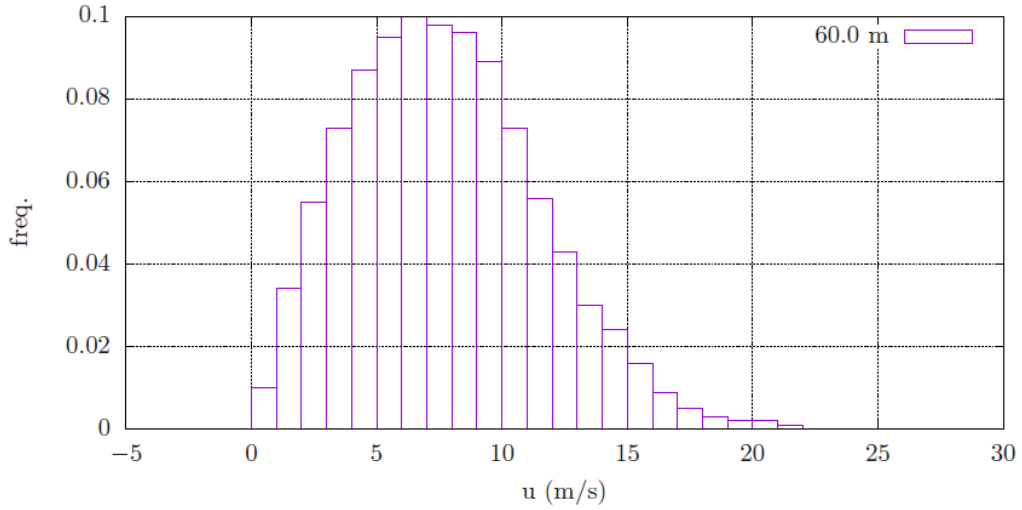


Figura 8 - ENECRO: distribuzione in frequenza annuale della velocità misurata a 60 m dal suolo

2.2. STRUTTURA "0705"

La struttura di misura "0705" si trova in Regione Liguria, Provincia di Savona e Comune di Pontinvrea, alle coordinate UTM WGS84 32T 455384 *m* Est e 4916061 *m* Nord, ad una quota di 793 *m* s.l.m..

2.2.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura di misurazione è costituita da un sostegno tubolare di altezza complessiva 30 m, provvisto di supporti sensori di lunghezza 1.5*m* su cui sono montati 2 sensori calibrati di velocità ed 1 sensore di direzione. La configurazione utilizzata è in totale accordo con quanto richiesto della normativa IEC 61400.

La configurazione della struttura di misura è visibile in figura 9.

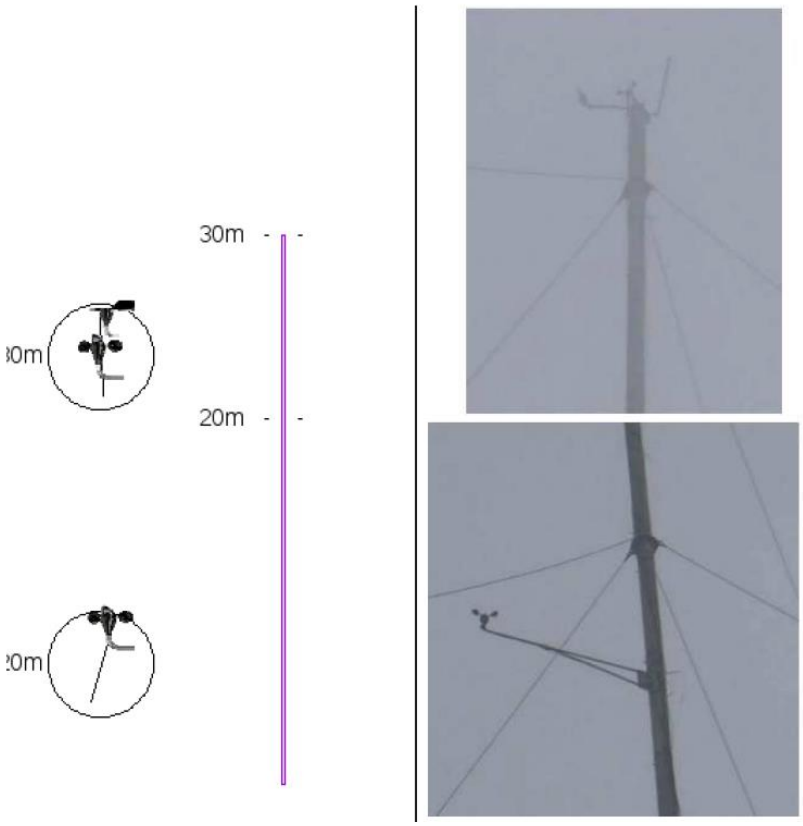


Figura 9 - 0705 - schema struttura anemometrica

I sensori di velocità installati sono del tipo NRG Maximum #40C nuovi e calibrati, i sensori di direzione sono del tipo NRG #200P nuovi. I dati misurati sono registrati tramite Logger NRG9210 su supporto di memoria non volatile.

Vengono calcolate e registrate le seguenti grandezze:

Sensori di velocità: Velocità media sull'intervallo di 10 minuti e deviazione standard sullo stesso intervallo di tempo;

Sensori di direzione: Direzione media sull'intervallo di 10 minuti;



Figura 10 -Tipologia sensori installati

2.2.2. ANALISI DEI DATI MISURATI

La struttura "0705" ha iniziato le registrazioni il giorno 15 Maggio 2003 e sono disponibili fino al 29 Settembre 2008.

La serie temporale è stata controllata per eliminare le misurazioni che risultano affette da formazione di ghiaccio o da malfunzionamenti.

In Figura 11 è riportata una sintesi dell'andamento stagionale della velocità del vento misurata alle varie quote.

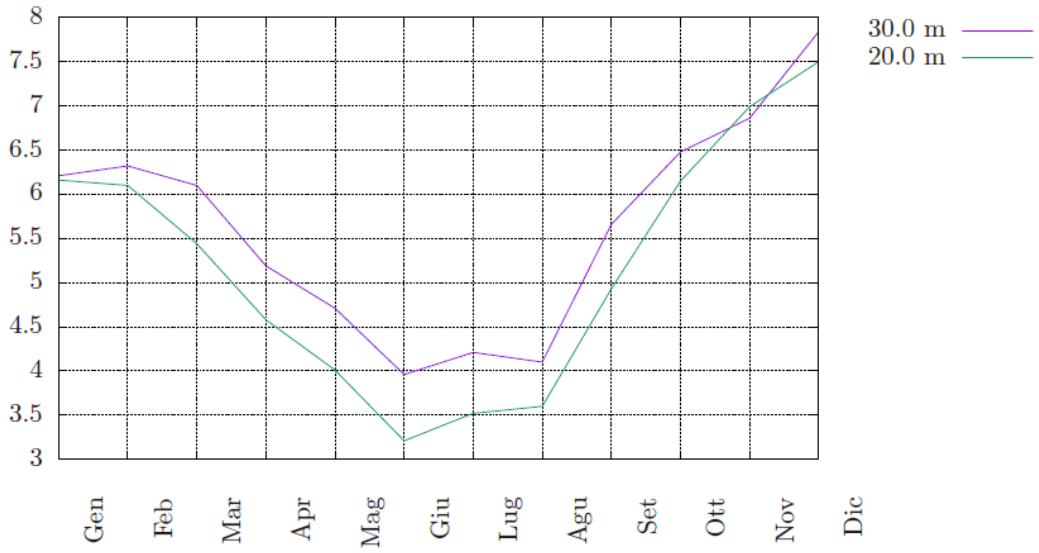


Figura 11 -0705: Andamento stagionale della ventosità misurata

In Figura 12 sono riportate la rosa del vento in frequenza e il contributo energetico del vento suddiviso per settore di provenienza.

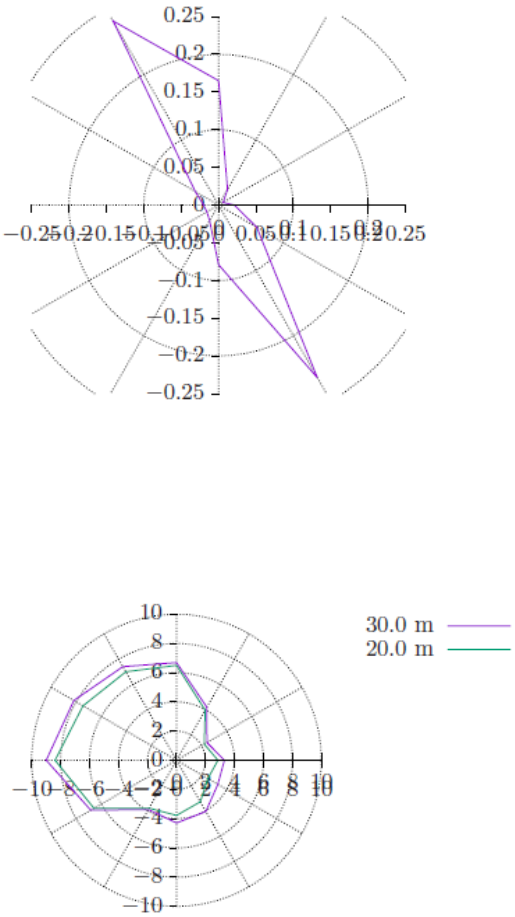


Figura 12 -0705: rosa del vento in frequenza e velocità media per settore di direzione

In Figura 13 è riportata la distribuzione in frequenza annuale relativamente alla misurazione effettuata a 30 m dal suolo.

La disposizione dei sostegni dei sensori è tale da minimizzare gli effetti di ombreggiamento sulle misurazioni da parte della struttura di sostegno.

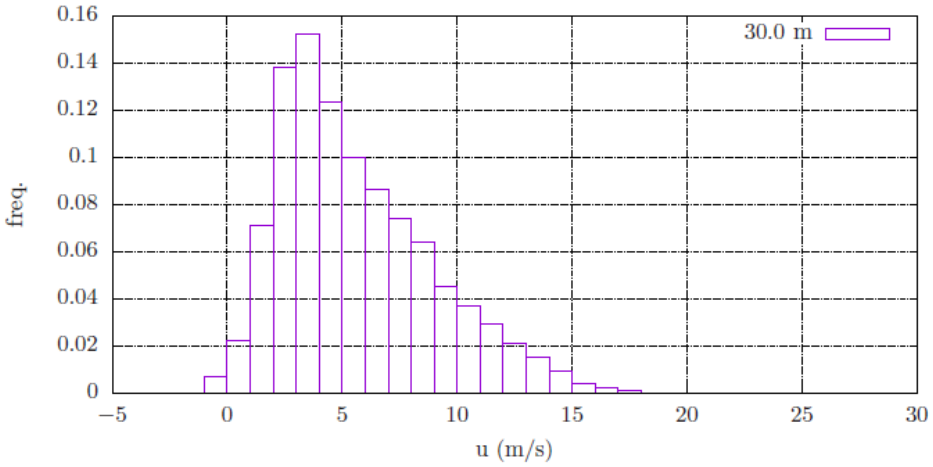


Figura 13 - 0705: distribuzione in frequenza annuale della velocità misurata a 30 m dal suolo

2.3. STRUTTURA "0739"

La struttura di misura "0739" si trova in Regione Liguria, Provincia di Savona e Comune di Pontinvrea, alle coordinate UTM WGS84 32T 455384 *m* Est e 4916061 *m* Nord, ad una quota di 793 *m* s.l.m..

2.3.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura di misurazione è costituita da un sostegno tubolare, provvisto di supporti sensori di lunghezza 1.5*m* su cui sono montati 4 sensori calibrati di velocità, 1 sensore di direzione ed 1 sensore di temperatura. La configurazione utilizzata è in totale accordo con quanto richiesto della normativa IEC 61400.

La configurazione della struttura di misura è visibile in Figura 14.

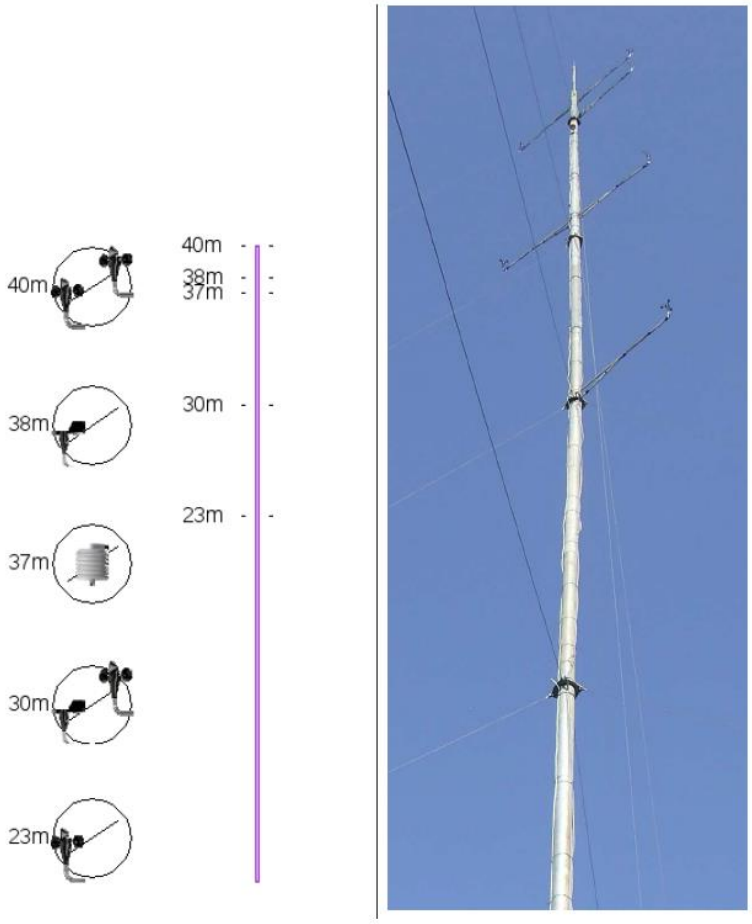


Figura 14 - 0739 - schema struttura anemometrica

I sensori di velocità installati sono del tipo NRG Maximum #40C nuovi e calibrati, i sensori di direzione sono del tipo NRG #200P nuovi. I dati misurati sono registrati tramite Logger NomadII su supporto di memoria non volatile.

Vengono calcolate e registrate le seguenti grandezze:

Sensori di velocità: Velocità media sull'intervallo di 10 minuti e deviazione standard sullo stesso intervallo di tempo;

Sensori di direzione: Direzione media sull'intervallo di 10 minuti;



Figura 15 -Tipologia sensori installati

2.3.2. ANALISI DEI DATI MISURATI

La struttura "0739" ha iniziato le registrazioni il giorno 7 luglio 2017 ed è tuttora in funzione.

La serie temporale è stata controllata per eliminare le misurazioni che risultano affette da formazione di ghiaccio o da malfunzionamenti.

In Figura 12 sono riportate la rosa del vento in frequenza e il contributo energetico del vento suddiviso per settore di provenienza.

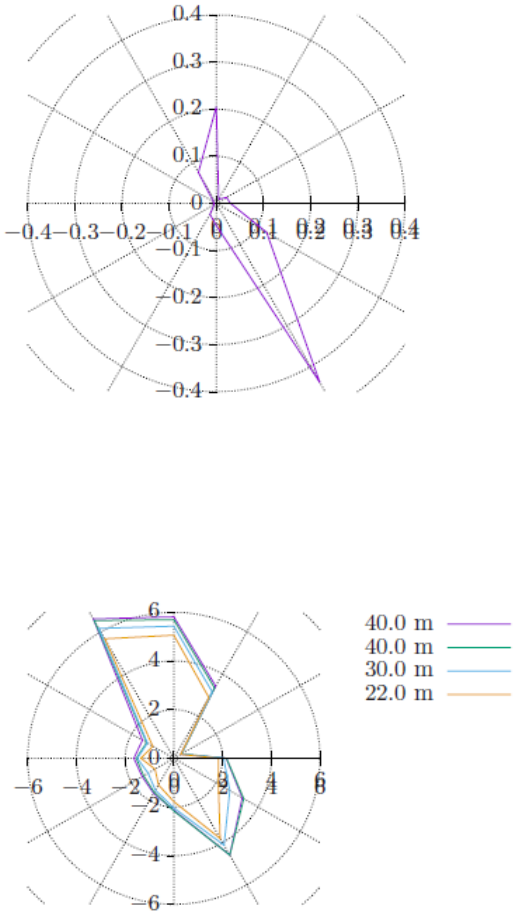


Figura 16 -0739: rosa del vento in frequenza e velocità media per settore di direzione

In Figura 13 è riportata la distribuzione in frequenza annuale relativamente alla misurazione effettuata a 40 m dal suolo.

La disposizione dei sostegni dei sensori è tale da minimizzare gli effetti di ombreggiamento sulle misurazioni da parte della struttura di sostegno.

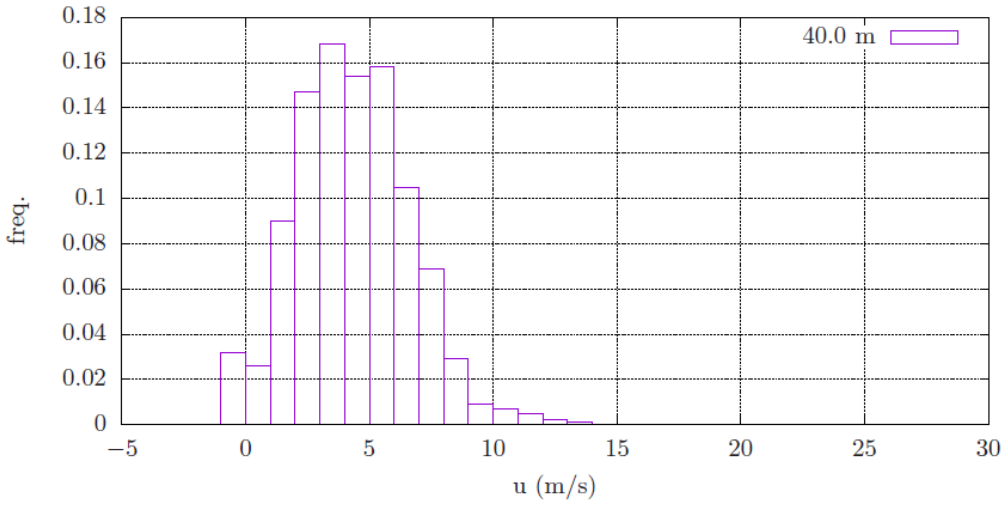


Figura 17 - 0739: distribuzione in frequenza annuale della velocità misurata a 40 m dal suolo

3. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

La simulazione è stata condotta utilizzando il software di simulazione fluidodinamica lineare "WindFarm". Risolvere linearmente le equazioni del flusso con una orografia complessa può provocare errori nella modellazione anche significativi per le posizioni più distanti dalla stazione di misura.

L'orografia è stata modellata utilizzando isoipse ogni 20*m* di quota, infittite in prossimità del sito con utilizzando la *CTR* con isoipse ogni 5*m*.

Le misurazioni effettuate dalla struttura "0705" sono state utilizzate, con le ipotesi fatte al paragrafo 2.2.2, per ricavare distribuzioni in frequenza per la quota 100 *m* dal suolo. Tali distribuzioni in frequenza sono state ottenute andando ad eliminare l'eventuale errore stagionale dovuto alla non perfetta completezza delle annualità.

Sono state condotte simulazioni con varie tipologie di turbine utilizzando in qualche caso anche due quote mozzo tra quelle disponibili.

3.1. AEROGENERATORI

Sono stati analizzati gli aerogeneratori riportati in tabella con le relative altezze mozzo In figura sono rappresentate nelle giuste proporzioni le stesse macchine, infine nel grafico sono riportate le curve di potenza.

Tabella 1 - Modelli di aerogeneratori considerati

modello	classe IEC	rotore m	hub m	potenza kW
Enercon E101	IIA	101	99	3050
Enercon E115	IIA	116	92	3000
Enercon E126	IIA	127	99	4200
Vestas V117	IEC IIA	117	116.5	3450
Vestas V126	IEC IIA-IIB	126	’87 , 117	3450
Vestas V136	IEC IIIA	136	’82 , 112	3450
Senvion 3.2M114	IEC IIA	114	93	3200
Senvion 3.2M122	IEC IIA	122	’86 , 98	3200
Senvion 3.4M140	IEC IIIA	140	110	3400

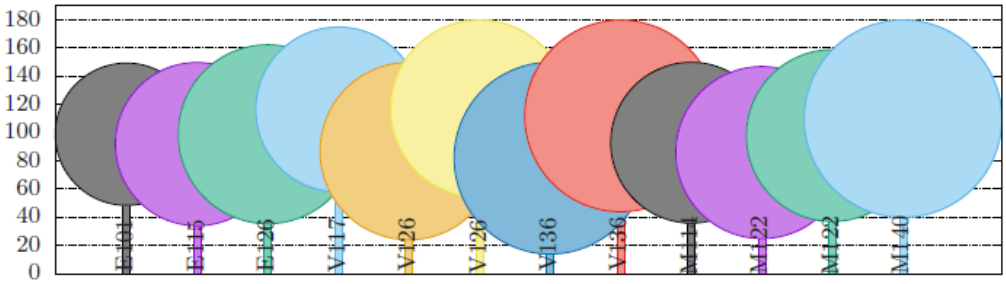


Figura 18 – Proporzioni tra i vari modelli posti alla quota massima

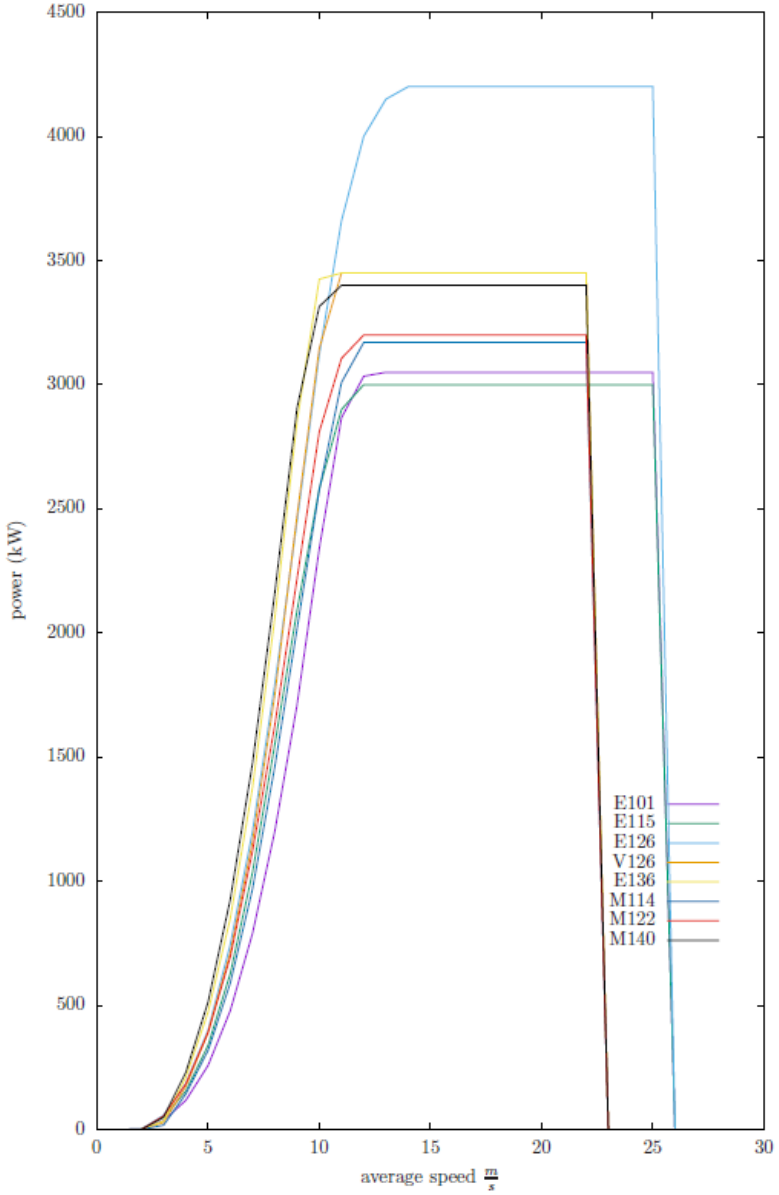


Figura 19 - Curve di potenza a confronto

3.2. LAYOUT E STIMA DELLA PRODUZIONE

Sulla base del modello impostato e dei calcoli effettuati si stima un numero di ore equivalenti nette medie di funzionamento annuo a potenza nominale di 2700, corrispondenti ad una **produzione di circa 75600 GWh/anno**.

4. CONCLUSIONI

Il sito in esame è il primo crinale rispetto alla linea ultima della costa.

Le misurazioni pluriennali effettuate sul sito confermano caratteristiche ottimali per lo sfruttamento eolico e la disposizione proposta per gli aerogeneratori permette di sfruttare la risorsa eolica in modo efficiente: i valori di produzione elettrica previsti per l'impianto (circa 75600 GWh/anno) giustificano la bontà del sito in esame.