

REGIONE CALABRIA

Provincia di Cosenza

Comuni di Terranova da Sibari, Spezzano Albanese, Corigliano,
Rossano, San Demetrio Corone, Santa Sofia d'Epiro, Tarsia
Impianto Eolico "Terranova da Sibari 1"

00	PRIMA EMISSIONE	07/11/23	A.P.	L.C.	A.G.
REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

HERGO RENEWABLES S.p.A.

via Privata Maria Teresa, 8
20123 Milano



Società di Progettazione:

AUSTEX S.r.l.



via Privata Maria Teresa, 8 - 20123 Milano Tel: 02/36570.811
E-mail: info@austex.eu Fax: 02/36570.801

Progetto:

IMPIANTO EOLICO
" Terranova da Sibari 1"

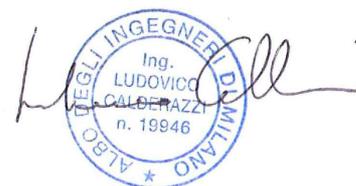
LIVELLO:

PRELIMINARE

Tavola:

VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

Progettista/Resp. Tecnico:



Scala:

NA

Nome DIS./FILE:

TDS1-AT-002-00

Allegato:

1/1

F.to:

A4

A termini di legge ci riserviamo la proprietà di questo disegno, con assoluto divieto di riproduzione e divulgazione senza nostra autorizzazione scritta
On law terms we reserve the property of this drawing, with absolute prohibition of reproduction and distribution without our written permission

INDICE

PREMESSA	3
1. MATERIALE UTILI ALLA VALUTAZIONE	4
1.1 Dati di vento disponibili	5
1.2 Layout d'impianto	5
1.3 Aerogeneratore ipotizzato	6
1.4 Modello territoriale	7
2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI	7
3 MODELLO DI CALCOLO	8
3.1 Dati anemometrici in input al modello	8
4 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE LORDA ATTESA	10
4.1 Produzione lorda attesa	10
4.2 Produzione attesa al netto delle perdite	11
5 CONCLUSIONI	12

PREMESSA

La Società Hergo Renewables S.p.A, intende costruire un parco eolico nel territorio dei Comuni di Spezzano Albanese, Tarsia, Terranova di Sibari, Corigliano - Rossano, San Demetrio Corone e Santa Sofia D'Epirio (CS), nella Regione Calabria, composto da n° 31 aerogeneratori, una potenza unitaria da 4,5 MW, una potenza massima di immissione di 139,5 MW e un'altezza di mozzo di 125m.

Il presente studio ha come scopo la definizione della stima di produzione attesa di lungo periodo del progetto.

L'attività è consistita anzitutto nell'esame dei dati disponibili di ventosità, da cui dedurre le eventuali incertezze da applicare alla stima, quindi nell'analisi, per poi nel valutare con appositi codici di calcolo la produzione attesa dell'impianto.

1. MATERIALE UTILI ALLA VALUTAZIONE

Il materiale disponibile ai fini della presente valutazione di produzione attesa si compone dei seguenti elementi:

- Serie di dati di vento satellitari ERA5 all'altezza di 100m;
- layout d'impianto composto da n°31 posizioni;
- modello di aerogeneratore di grande taglia con il quali realizzare la stima di produzione, ovvero il Vestas V166 da 4,5 MW, per un solo aerogeneratore, con altezza del mozzo da 125 m;
- modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti 25 m.

1.1 DATI DI VENTO DISPONIBILI

I dati di vento disponibili per la valutazione della produzione attesa dell'impianto corrispondono a quelli della serie di dati satellitari ERA5 all'altezza di 100m, nel nodo più vicino all'impianto in progetto.

Di seguito alcune informazioni della serie di dati anemometrici:

Nome Serie di dati	H Torre s.l.s.	WGS84 GEO	
		x	y
ERA5	100	16,25°	39,75°

Il periodo di dati della serie di dati è indicato nella tabella seguente.

Nome Serie di dati	Periodo di rilevazione		N° Anni
	Data inizio	Data fine	
ERA5	01/01/2000	01/01/2023	~23

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Nella tabella sono riportate le posizioni fornite per i n°31 aerogeneratori d'impianto:

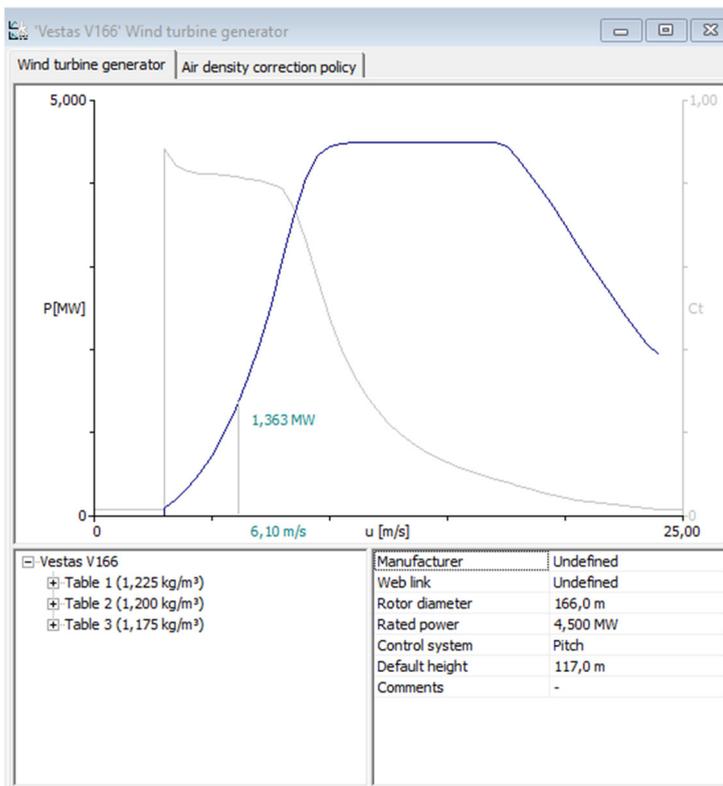
Coordinate WGS84- Fuso 33		
AG	Longitudine X	Latitudine Y
STT01	613.545	4.395.724
STT02	614.276	4.394.345
STT03	615.763	4.394.381
STT04	614.795	4.392.354
STT05	614.327	4.391.891
STT06	614.115	4.392.438
STT07	616.579	4.393.973
STT08	615.990	4.393.660
STT09	615.900	4.392.937
STT10	615.828	4.392.209
STT11	617.803	4.394.561
STT12	617.734	4.393.514
STT13	617.279	4.393.194
STT14	616.729	4.392.094
STT15	618.729	4.393.549
STT16	619.614	4.393.353
STT17	619.165	4.393.012
STT18	619.066	4.392.305
STT19	618.525	4.392.899
STT20	615.452	4.386.483
STT21	614.205	4.385.684
STT22	613.545	4.385.494
STT23	613.245	4.384.839
STT24	613.862	4.383.696
STT25	613.301	4.383.137
STT26	615.068	4.384.236
STT27	615.612	4.383.837
STT28	616.150	4.383.963
STT29	615.967	4.384.610
STT30	616.243	4.385.366
STT31	616.390	4.385.833

1.3 AEROGENERATORE IPOTIZZATO

Il modello di aerogeneratore per la valutazione della produzione attesa dell'impianto è il seguente:

Costruttore	Modello	Diametro rotore (m)	Potenza nominale (MW)	H di mozzo (m)	Classe IEC
Vestas	V166	166	4,5	125	S

Nella figura sottostante sono rappresentate nel loro sviluppo sia la curva di potenza (P) che la curva di spinta (Ct) per la determinazione delle perdite per effetto scia.

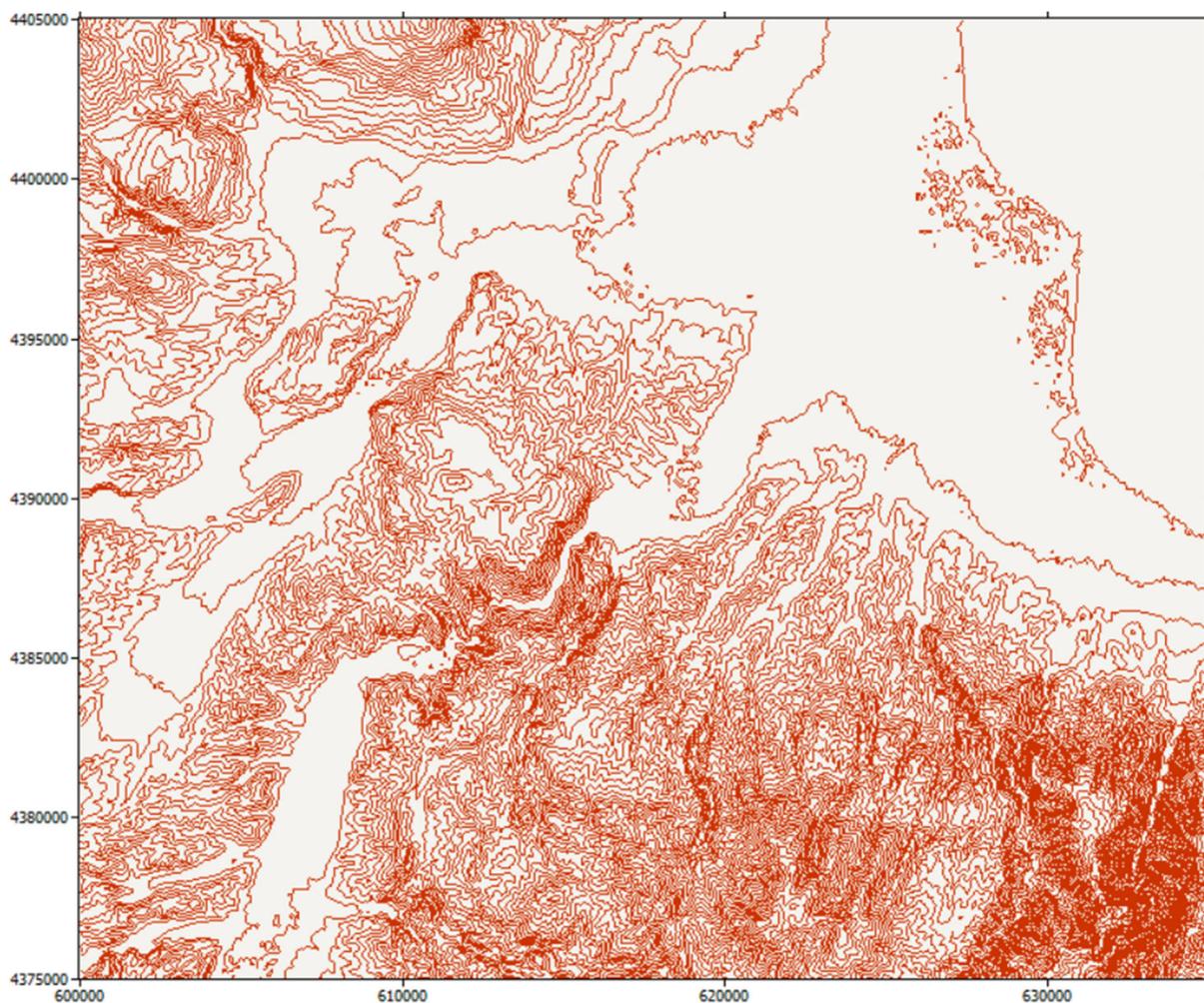


VESTAS – V166 (4500 kW)
Densità dell'aria di 1,225 kg/m³

Speed [m/s]	Power [MW]	Thrust coefficient
3	99	0,884
4	349	0,829
5	729	0,822
6	1291	0,816
7	2068	0,806
8	3071	0,788
9	4074	0,663
10	4446	0,475
11	4499	0,339
12	4500	0,254
13	4500	0,197
14	4500	0,158
15	4500	0,128
16	4500	0,106
17	4493	0,089
18	4304	0,073
19	3921	0,057
20	3495	0,045
21	3047	0,035
22	2636	0,027
23	2248	0,021
24	1941	0,017

1.4 MODELLO TERRITORIALE

Per l'area d'impianto si è utilizzato un modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti a 25 m.



Modello digitale del terreno, con aggiunta la rugosità, e parametri dimensionali

2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

I risultati finali ottenuti dall'elaborazione dei dati sono sinteticamente riportati nella seguente tabella:

Nome serie di dati	H anemometro	Periodo di rilevazione	Disponibilità dati validi	Velocità media	Energia	Parametri della distribuzione di Weibull		Gradiente al suolo
	(m)	(anni)	(%)	(m/s)	(w/m ²)	Vc (m/s)	k	alfa
ERA5	100	23	100%	5,9	293	6,5	1,6	-

3 MODELLO DI CALCOLO

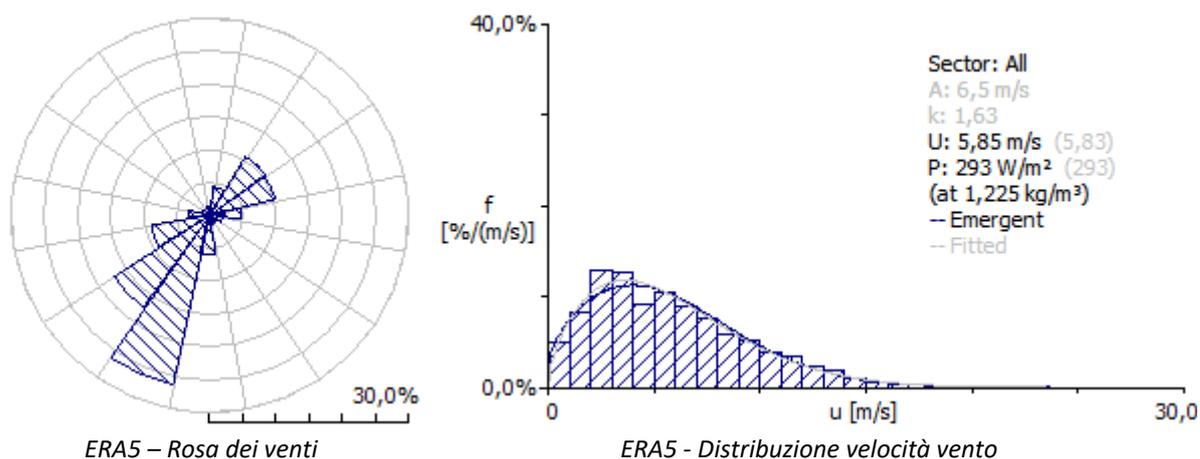
La valutazione di produzione attesa è stata realizzata con il codice di calcolo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), versione 12, messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

Il programma utilizza i dati anemologici per calcolare il vento geostrofico (vento indisturbato in quota) per una superficie di diversi km di raggio. Sovrapponendo tale vento al modello tridimensionale del terreno, il programma valuta l'andamento della velocità del vento e più in generale i parametri statistici della distribuzione della velocità in punti arbitrari di tale superficie, tenendo conto della sua natura orografica, della rugosità del terreno e dell'eventuale presenza di ostacoli al flusso del vento. Il campo di velocità fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media del vento a varie altezze dal suolo.

3.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

Il codice di calcolo WAsP utilizza la distribuzione di Weibull per rappresentare i dati di vento e per definire il campo di vento indisturbato sull'area (Atlas). Esso effettua una regressione delle distribuzioni della velocità del vento rilevate per ciascuna direzione e determina i parametri A (valore caratteristico) e k (fattore di forma) della distribuzione di Weibull.

Le figure sottostanti riproducono, per la serie di dati, la rosa dei venti e la distribuzione di Weibull in ingresso al modello a 125 m con l'estrapolazione al mozzo partendo dalla serie di dati a 100m e con un gradiente al suolo pari a $\sim 0,1$.



U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
1,0	166	49	22	26	45	142	197	197	55	18	32	56	126
2,0	176	63	36	38	80	202	326	341	109	44	69	114	208
3,0	161	110	78	109	148	223	360	276	133	75	133	208	293
4,0	133	145	132	163	181	121	74	117	164	83	126	154	155
5,0	36	87	124	153	164	103	21	33	103	74	71	78	89
6,0	53	103	149	169	153	121	9	12	129	107	67	61	57
7,0	63	119	167	138	106	62	10	11	104	90	57	40	21
8,0	53	62	71	71	71	19	3	5	83	120	69	46	13
9,0	39	67	73	53	32	5	1	5	43	89	56	43	10
10,0	25	48	52	24	9	2	0	3	26	90	70	38	13
11,0	22	35	40	15	7	0	0	2	22	57	62	34	7
12,0	21	31	20	12	3	1	0	0	11	58	61	27	5
13,0	17	24	15	13	2	0	0	0	10	33	38	25	2
14,0	13	27	12	9	0	0	0	0	4	26	33	23	1
15,0	10	13	5	4	0	0	0	0	1	16	18	19	1
16,0	10	9	3	1	0	0	0	0	1	9	13	11	0
17,0	1	5	1	1	0	0	0	0	1	5	8	9	0
18,0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	4	5	6	0
19,0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	0
20,0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	0
21,0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0
22,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
23,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
24,0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
25,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

4 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE LORDA ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in rapporto all'aerogeneratore Vestas V166 da 4,5 MW con altezza di mozzo pari a 125m.

La produzione attesa tiene conto delle perdite per la densità dell'aria alla quota del sito e delle perdite per effetto scia che si genera internamente tra gli aerogeneratori dell'impianto.

4.1 PRODUZIONE LORDA ATTESA

I risultati di produzione lorda attesa sono riportati nella seguente tabella.

IMPIANTO EOLICO DI TERRANOVA DI SIBARI N°31 AEROGENERATORI VESTAS V166 DA 4,5 MW H MOZZO 125 M

Site ID	Site x [m]	Site y [m]	Elev. [m]	Ht [m]	U [m/s]	Gross [GWh]	Net. [GWh]	Loss [%]	Net.Hours [MWh/MW]
STT01	613545	4395724	80	125	5,92	14,074	13,872	1,4	3083
STT02	614276	4394345	105	125	5,85	13,832	13,181	4,7	2929
STT03	615763	4394381	100	125	5,94	14,171	13,266	6,4	2948
STT04	614795	4392354	207	125	5,94	14,079	12,031	14,6	2674
STT05	614327	4391891	254	125	6,13	14,715	13,674	7,1	3039
STT06	614115	4392438	247	125	6,32	15,359	14,072	8,4	3127
STT07	616579	4393973	105	125	5,83	13,766	11,792	14,4	2620
STT08	615990	4393660	150	125	6,28	15,281	13,532	11,4	3007
STT09	615900	4392937	150	125	5,97	14,254	12,783	10,3	2841
STT10	615828	4392209	175	125	5,96	14,172	13,049	7,9	2900
STT11	617803	4394561	71	125	5,87	13,886	12,723	8,4	2827
STT12	617734	4393514	127	125	6,05	14,357	12,306	14,3	2735
STT13	617279	4393194	140	125	6,13	14,747	12,979	12,0	2884
STT14	616729	4392094	132	125	6,10	14,566	13,731	5,7	3051
STT15	618729	4393549	125	125	6,21	14,929	13,558	9,2	3013
STT16	619614	4393353	83	125	6,04	14,410	12,598	12,6	2800
STT17	619165	4393012	95	125	6,18	14,942	13,642	8,7	3032
STT18	619066	4392305	61	125	6,02	14,412	13,986	3,0	3108
STT19	618525	4392899	100	125	6,14	14,804	13,483	8,9	2996
STT20	615452	4386483	300	125	7,13	17,833	17,135	3,9	3808
STT21	614205	4385684	275	125	6,56	15,798	14,587	7,7	3242
STT22	613545	4385494	265	125	6,62	15,955	14,613	8,4	3247
STT23	613245	4384839	275	125	6,44	15,695	15,142	3,5	3365
STT24	613862	4383696	300	125	6,57	16,032	14,631	8,7	3251
STT25	613301	4383137	270	125	6,07	14,435	13,938	3,4	3097
STT26	615068	4384236	302	125	6,44	15,633	14,368	8,1	3193
STT27	615612	4383837	352	125	6,41	15,594	14,552	6,7	3234
STT28	616150	4383963	328	125	6,21	14,933	14,180	5,0	3151
STT29	615967	4384610	325	125	6,47	15,826	14,296	9,7	3177
STT30	616243	4385366	340	125	6,63	16,347	14,667	10,3	3259
STT31	616390	4385833	327	125	6,72	16,586	14,833	10,6	3296
Medie :			199	125	6,2	-	-	8,2	3062
Somme :						465,4	427,2		

4.2 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE

I valori di produzione lorda attesa ottenuti dal processo di calcolo illustrato nel paragrafo precedente tengono conto unicamente delle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori e alla densità dell'aria alla quota del sito.

Costruttore	Potenza AG	Numero AG	Potenza impianto	H mozzo	Perdite medie scia	Produzione lorda (al netto delle scie)	
	(MW)	(N)	(MW)	(m)	%	(GWh/y)	(ore/y)
VESTAS V166	4,5	31	139,5	125	8,2	427,2	3062

A questo punto si devono valutare le perdite di energia (perdite elettriche, di produzione, di potenza) al fine di pervenire alla determinazione dell'energia che risulterà disponibile per essere ceduta alla rete elettrica.

I fattori di perdita considerati sono di seguito elencati:

Sorgente della perdita	Valore in %
Disponibilità Contrattuale degli aerogeneratori	-2,5%
Disponibilità non contrattuale aerogeneratori	-0,5%
Disponibilità B.O.P.	-1,0%
Disponibilità Rete	-0,3%
Perdite Elettriche	-3,0%
Ambiente	-0,4%
Performance Aerogeneratori	-2,3%
Perdite totali	-9.6%

La seguente tabella riporta la sintesi dei risultati conclusivi ottenuti:

Costruttore	Modello AG	Potenza impianto	Produzione lorda (morsetti generatori)		Produzione netta (cedibile alla rete)	
		(MW)	(GWh/y)	(ore/y)	(GWh/y)	(ore/y)
Vestas	V166	139,5	427,2	3062	386,2	2769

L'energia riportata nelle tabelle rappresenta la quota netta cedibile alla rete.

5 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di stima della produzione attesa dell'impianto eolico di Terranova di Sibari, ubicato in Calabria, in Provincia di Cosenza, nel territorio comunale di Spezzano Albanese, Terrano di Sibari, Corigliano - Rossano, Tarsia e Santa Sofia D'Epirio.

L'attività è iniziata con la validazione e l'analisi statistica dei dati di vento disponibili, della serie di dati satellitari ERA5 alla quota di 100m sls, con la verifica della ventosità di lungo periodo, nonché con la messa a punto del modello di calcolo WASP.

La messa a punto del modello di calcolo si rende necessaria per valutare, attraverso verifiche e controlli successivi, la capacità del modello di calcolo a interpretare i dati di ventosità forniti, e in particolare gli effetti dell'orografia e della rugosità del terreno sulla corretta estrapolazione della velocità del vento al mozzo delle macchine. Le numerose verifiche hanno consentito di valutare le approssimazioni e il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

Con i risultati ottenuti si è proceduto alla valutazione della produzione attesa, lorda e netta, della soluzione di layout.

Il calcolo della produzione attesa media ($P_{50\%}$) è stato effettuato sulla base di tutti i dati disponibili, utilizzando al meglio il codice di calcolo numerico e, nel caso in cui il processo offriva la possibilità di più scelte alternative, adottando i criteri di calcolo ritenuti più verosimili per le caratteristiche specifiche del sito e/o maggiormente conservativi, allo scopo di ridurre il rischio di sopravvalutazione della produzione.