



PROGETTO PRELIMINARE DI UN IMPIANTO EOLICO OFF SHORE AL LARGO DELLE COSTE DELLA REGIONE SARDEGNA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 945 MW CON SISTEMA DI ACCUMULO DI 360MWh

PROGETTO PRELIMINARE

COMMITTENTE: WIND ALFA SRL

PROGETTISTA:




DIRETTORE TECNICO
Ing. Simone Venturini

TITOLO ELABORATO:

ANALISI SULLA PRODUCIBILITÀ DEL SITO

ELABORATO N°:
BI032R-PP-GE-R-002

NOME FILE:
BI032R-PP-GE-R-002-00.docx

SCALA:

DATA:
luglio 2023

REVISIONE	N°	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00	luglio 2023	Emissione	P. BATTISTELLA	A. BETTINETTI	S. VENTURINI
	01					
	02					
	03					
	04					



INDICE

1	PREMESSA	3
2	INTRODUZIONE	4
3	CARATTERISTICHE DEL VENTO	6
4	AEROGENERATORE	10
5	LAY-OUT 6 X 9*	14
6	PRODUCIBILITÀ	17
7	CONCLUSIONI	19

1 PREMESSA

I cambiamenti climatici, diventati ogni giorno più visibili e dagli effetti più devastanti, e le loro cause hanno acquisito maggiore conoscenza e popolarità presso la cittadinanza ed i decisori politici. Di conseguenza, è aumentata l'attenzione e la disponibilità verso fonti di produzione energetica diverse da quelle fossili, per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e mitigare gli impatti negativi sull'ambiente.

Tale attenzione ha trovato spazio nella nomenclatura europea delle fonti energetiche, un sistema standardizzato che fornisce una classificazione uniforme e coerente delle diverse fonti di energia utilizzate in Europa, sviluppata al fine di facilitare la comparabilità dei dati energetici tra i paesi membri dell'Unione Europea e promuovere una migliore comprensione delle dinamiche del settore energetico. Rappresenta uno strumento fondamentale per monitorare i progressi verso gli obiettivi energetici e ambientali stabiliti a livello nazionale e comunitario, come ad esempio l'aumento della quota di energie rinnovabili e la riduzione delle emissioni di gas serra.

Secondo la nomenclatura europea, le fonti energetiche vengono suddivise in diverse categorie principali. La prima categoria comprende le fonti energetiche convenzionali, come il carbone, il petrolio e il gas naturale.

La seconda categoria riguarda le fonti energetiche rinnovabili, che sono divise in diverse sottocategorie quali l'energia idroelettrica, l'energia solare, l'energia da biomassa, l'energia geotermica e l'energia eolica. Inoltre, la nomenclatura europea tiene conto di altre fonti energetiche e le importazioni nette da paesi al di fuori dell'Unione Europea.

Le energie rinnovabili, come l'eolico offshore, offrono numerosi vantaggi rispetto alle fonti tradizionali di energia. L'eolico offshore si riferisce alla produzione di energia elettrica attraverso l'utilizzo di turbine eoliche installate al largo delle coste, in mare aperto, sfruttando la potenza dei venti per generare elettricità pulita in quantità significative.

L'eolico offshore ha dimostrato un enorme potenziale in termini di produzione energetica sostenibile, grazie alle sue caratteristiche uniche come la disponibilità di venti costanti e più intensi nelle aree marine, la possibilità di utilizzare turbine di dimensioni maggiori rispetto all'eolico terrestre, la maggiore disponibilità di spazi, la limitata interferenza con le attività umane sulla terraferma ed il minore impatto paesaggistico, grazie alla loro distanza dalla costa.

Il presente progetto prevede lo sviluppo di un parco eolico al largo delle coste della Sardegna che consta di 63 aerogeneratori utili a garantire una potenza in immissione alla rete nazionale di 900 MW, collocato ad una distanza di circa 33 km in linea d'aria dall'abitato di Portoscuso ed oltre 26 km dalle coste dell'isola di Carloforte.

2 INTRODUZIONE

Lo studio del nuovo impianto eolico posizionato al largo della Sardegna, con potenza complessiva di 900MW, è iniziato con la definizione dell'area di sviluppo.

Tale attività è sintetizzata nel documento "Analisi Localizzativa – Progetto preliminare" - TECHNITAL – Maggio 2023.

Per la definizione dell'area del sito si sono considerati i seguenti indicatori tecnico-progettuali:

- 1) Profondità dei fondali;
- 2) Tipologia di fondazioni
- 3) Velocità del vento;
- 4) Campi di direzione del vento
- 5) Distanza da Stazione "Sulcis" (onde minimizzare la lunghezza del cavidotto);
- 6) Geomorfologia;
- 7) Pendenza del fondale
- 8) Presenza aree protette in mare
- 9) Presenza aree protette sulla costa prospiciente;
- 10) Beni archeologici e paesaggistici
- 11) Rotte migratorie uccelli
- 12) Rotta delle navi, suddivisibili in:
 - a. Rotta navi - petroliere
 - b. Rotta navi - pescherecci
 - c. Rotta navi - passeggeri
 - d. Rotta navi - cargo
 - e. Rotta navi - altro
- 13) Pianificazione - aree di pesca ed acquacultura
- 14) Aree a maggiore pescosità
- 15) Rotte migratorie tonno
- 16) Entro/fuori 12 miglia.

Il Committente ha indicato per lo sviluppo dell'impianto le seguenti specifiche tecniche di progetto:

- Fondazione flottante (galleggiante);
- Potenza del singolo aerogeneratore 15MW;
- Aerogeneratore di riferimento: fabbricazione VESTAS modello V236;
- Potenza complessiva dell'impianto non inferiore a 900MW.

Considerando l'insieme delle specifiche progettuali è stata individuata l'area del sito al largo della costa occidentale della Sardegna come indicata nella seguente immagine:



Figura 1 Posizionamento del sito.

3 CARATTERISTICHE DEL VENTO

Per una corretta valutazione del sito in esame sarebbero indispensabili delle misure dirette del vento. Fino ad oggi non sono state eseguite campagne di misura in tal senso. Si suggerisce al Committente di procedere in tal senso utilizzando, in una prima fase, un anemometro di altezza adeguata lungo la costa.

Non avendo a disposizione delle misure dirette della velocità del vento, si sono presi a riferimento i dati riportati dal Global Wind Atlants.

Il sito è stato suddiviso in due aree: per la prima area, a nord-est come in figura, è stata calcolata la velocità media del vento rispettivamente per un'altezza di 150 m.

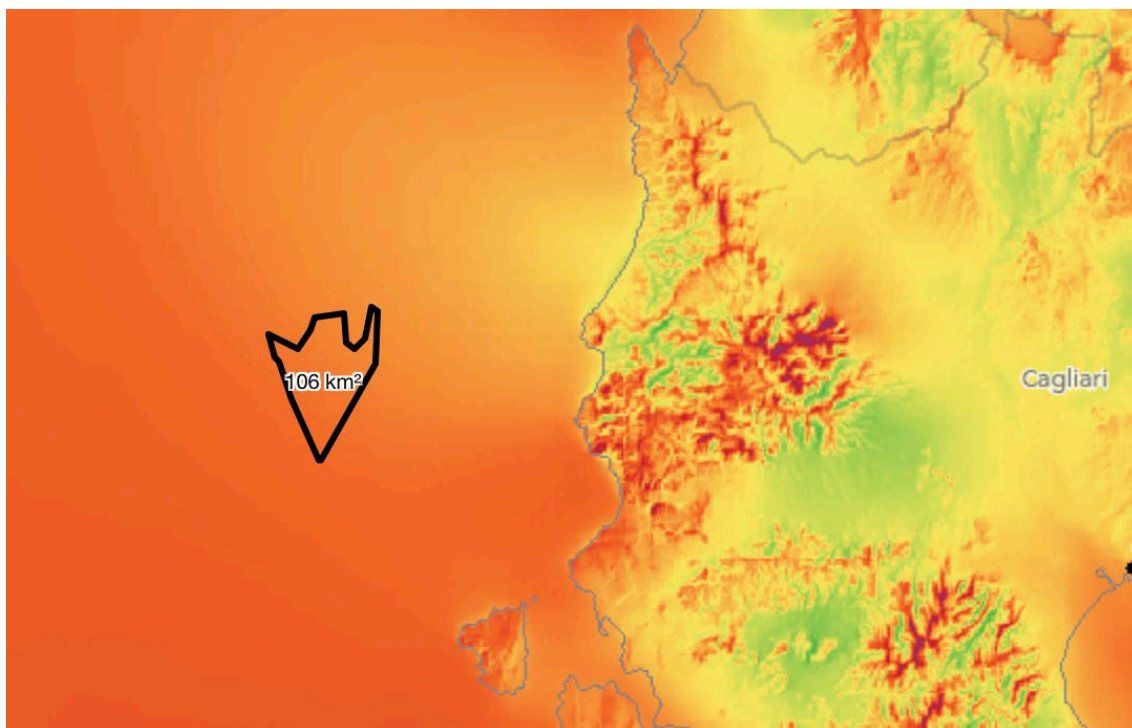


Figura 2 Area di interesse I.

Ad un'altezza di 150 m la velocità media del vento è di 7,04 m/s con una densità di potenza media di 537 W/m².

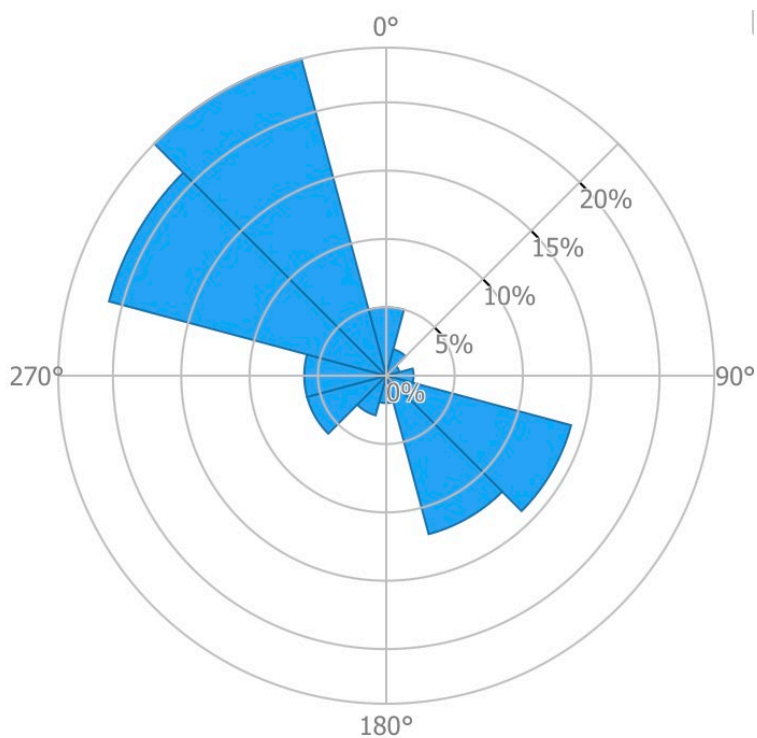


Figura 3 Rosa dei venti energetica.

Per la seconda area, a sud-ovest, è stata calcolata la velocità media del vento ad un'altezza di 150 m.

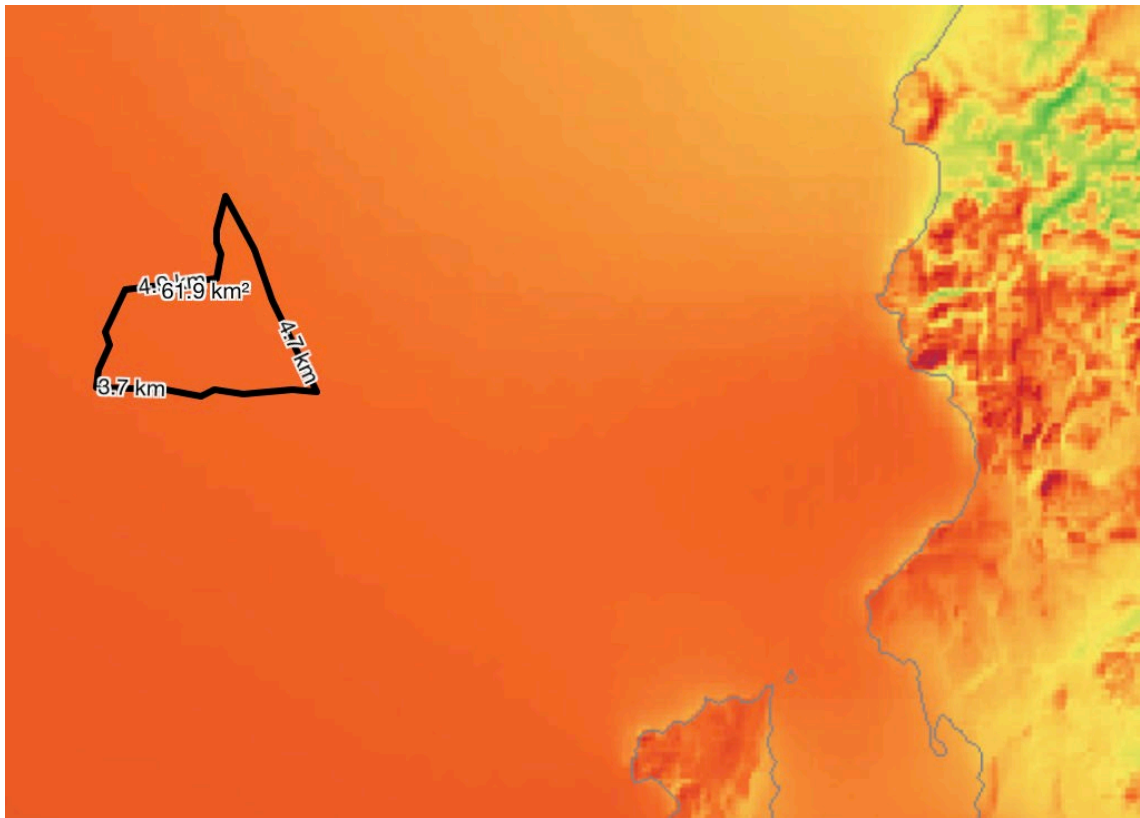


Figura 4 Area di interesse II.

Ad un'altezza di 150 m la velocità media del vento è di 7,26 m/s con una densità di potenza media di 560 W/m².

ANALISI SULLA PRODUCIBILITÀ
DEL SITO

Rev.

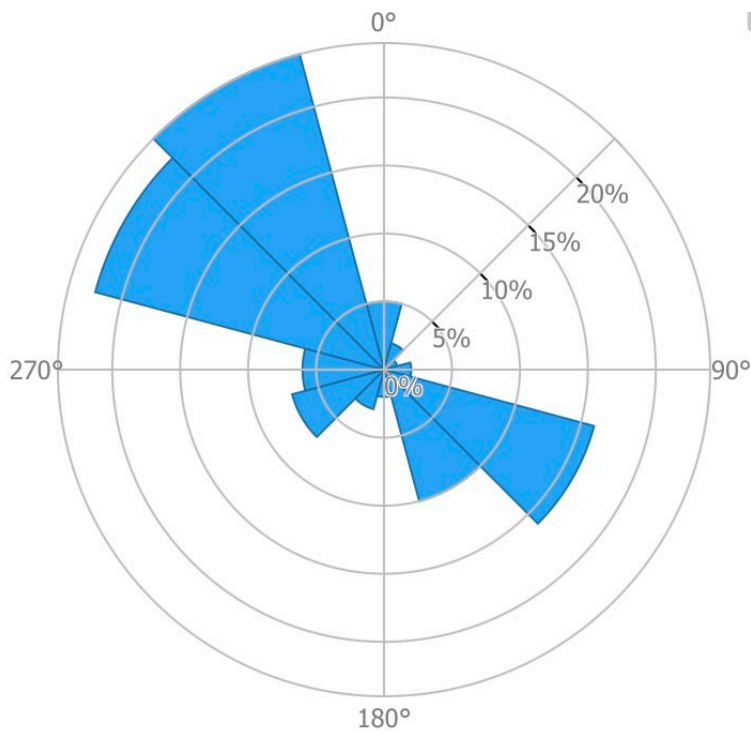


Figura 5 Rosa dei venti energetica.

4 AEROGENERATORE

L' aerogeneratore indicato dal Committente per lo sviluppo dell'impianto eolico è di fabbricazione Vestas modello V236 da 15 MW di potenza nominale.

Il prototipo dell'aerogeneratore è stato installato, nel dicembre del 2022, presso il centro di prova Osterild National nello Jutland in Danimarca, superando con successo i primi test di produzione¹.

L'aerogeneratore si trova attualmente in fase di test e nel secondo semestre del 2023 inizierà la produzione in serie².

Non sono ancora state rese pubbliche le caratteristiche principali di funzionamento³.

Per la simulazione i dati necessari sono stati ricavati da documenti presenti sul web⁴ e da contatti telefonici avuti direttamente da Vestas Italia.

In particolare, i valori assunti sono:

Diametro del rotore	236 m
Area spazzata	43743 m ²
Altezza max	241,8 m
Altezza mozzo	123,8 m
Lunghezza Pale	115,5 m
Altezza torre	119 m

Tabella 1 – Caratteristiche del rotore

Classe	IEC IC,T
Velocità media vento	10 m/s
Velocità riferimento Vref	50 m/s
Potenza	15 MW
Velocità rotazione rotore	3-9,3 rpm
Velocità rotazione nominale	8,4 rpm

Tabella 2 Caratteristiche di funzionamento

¹ https://auto.hwupgrade.it/news/energie-rinnovabili/eolico-gigante-la-mega-turbina-di-vestas-ha-iniziato-la-produzione-di-energia-verde_112909.html

² <https://tate.it/elettrica/luce-gas/novita/megaturbina-vestas-prodotto-suo-primo-kwh-coinvolta-anche-italia>

³ È stata inoltrata a Vestas richiesta dei primi dati risultanti dalle prove in campo.

⁴ https://auto.hwupgrade.it/news/energie-rinnovabili/sta-per-nascere-l-impianto-eolico-piu-potente-del-mondo-si-trova-in-danimarca-e-testera-le-nuove-pale-eoliche-vestas_112803.html

Masa Pala	Circa 63ton/cadauna
Diametro sommità rotore	5,7 m
Diametro base torre	7,5 m
Peso navicella	Circa 600tonne
Dimensioni navicella	11x14x27,5 m

Tabella 3 Masse e dati geometrici

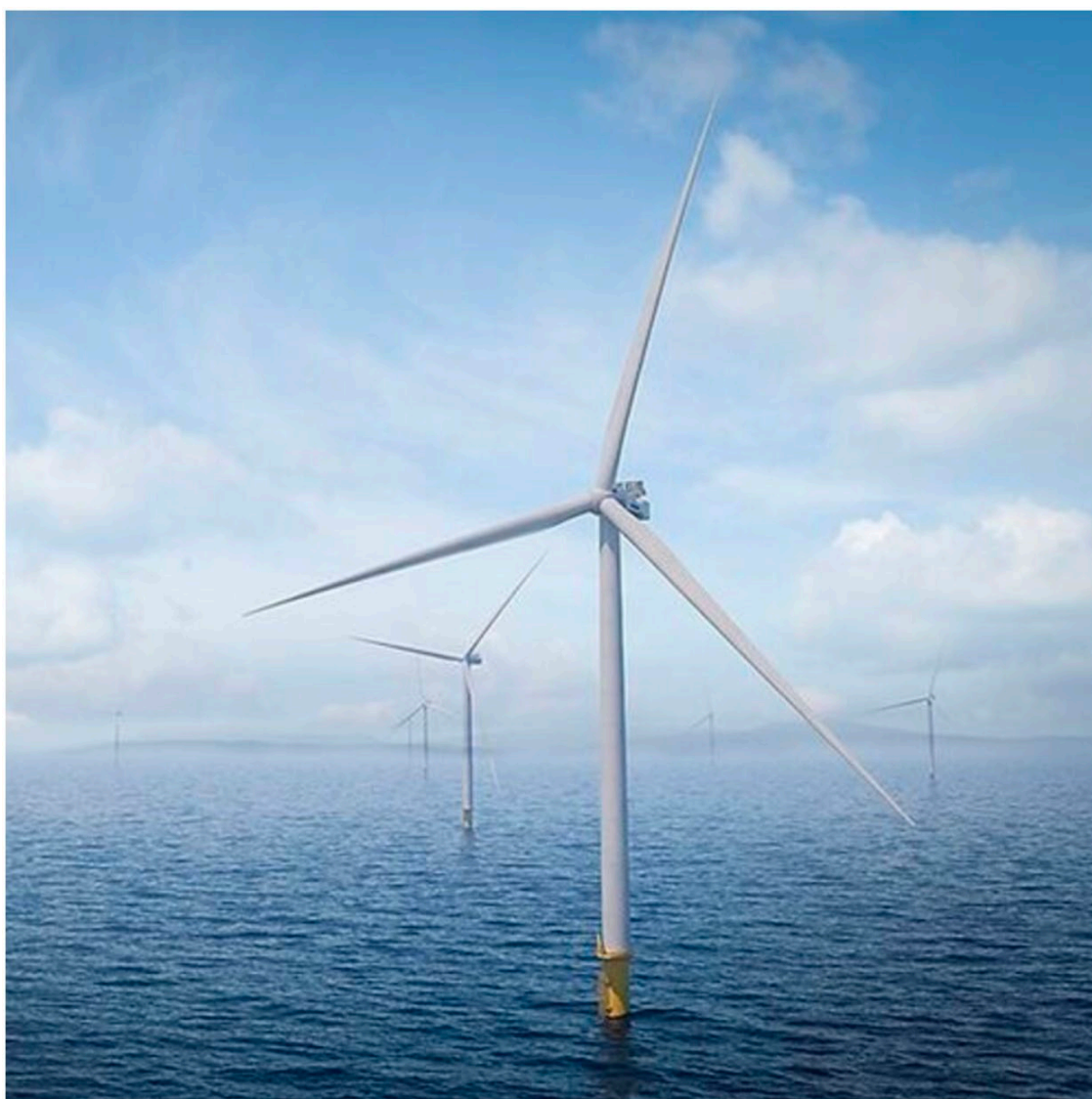


Figura 6 VestasV236.

In assenza di dati pubblicati dalla casa produttrice la curva di potenza della VestasV236 è stata calcolata dai dati di uno studio condotto dal Department of Civil and Environmental Engineering, Waseda University, 3-4-1 Okubo, Shinjuku-ku, 169-8555 Tokyo, Japan.⁵

Velocità vento	Potenza
m/s	kW
2	0
3	275
4	876
5	2.050
6	3.661
7	5.826
8	8.785
9	12.182
10	14.413
11	14.942
12	15.000
13	15.000
14	15.000
15	15.000
16	15.000
17	15.000
18	15.000
19	15.000
20	15.000
21	15.000
22	15.000
23	15.000

⁵ <http://www.aimspress.com/journal/energy>



Velocità vento	Potenza
24	15.000
25	15.000
26	15.000
27	15.000
28	15.000
29	15.000
30	15.000

Tabella 4 Curva di potenza

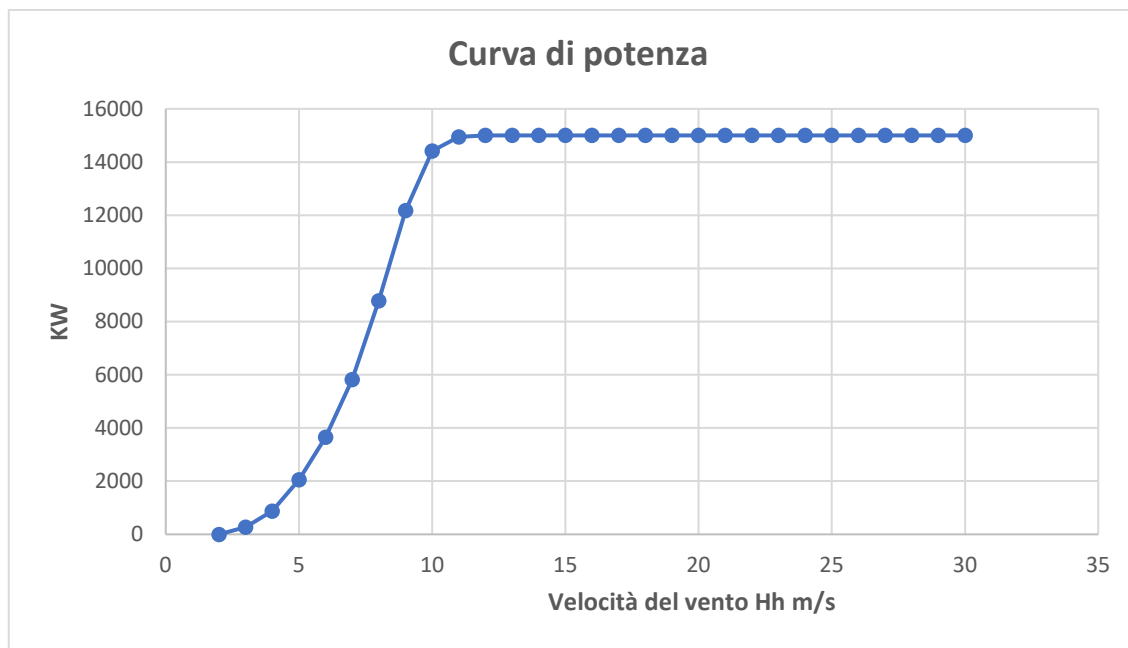


Figura 7 Curva di potenza.

5 LAY-OUT 6 X 9*

Considerando che la direzione del vento prevalente è ben definita (vedi rosa dei venti precedente) si è proceduto a sviluppare un impianto “per righe”.

Il passo che abbiamo considerato, considerando le sole esigenze aerodinamiche, è di 6 diametri sulla riga e 9 diametri tra le righe.

Preme sottolineare che eventuali esigenze di distanze minime da tenere tra le macchine legate al sistema di fondazione (ancoraggio) non sono state considerate.

Lo sviluppo ha fornito la disposizione secondo quanto riportato nella seguente immagine:



Figura 8 Disposizione 6D x 9D

Il Lay-out risultante è disposto su 7 righe ed è composto da 63WTG per una potenza totale di 945MW.

La linea continua indica il perimetro definito nel precedente studio all'interno del quale devono collocarsi tutti gli aerogeneratori.

Le coordinate⁶ delle singole macchine sono riportate nella seguente tabella, in cui ogni generatore è identificato con il progressivo indicato nella domanda di concessione demaniale D1 inviata al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, per semplicità di lettura dei vari elaborati allegati al progetto:

WTG	Nord	Est
14	4366487.949	1411815.081
15	4367397.971	1412900.093
16	4363494.898	1411553.095
17	4364404.92	1412638.107
18	4365315.942	1413723.12
19	4366225.963	1414808.132
20	4367135.985	1415892.144
21	4368046.007	1416977.157
22	4368956.029	1418062.169
23	4369867.05	1419146.182
24	4370777.072	1420231.194
25	4355951.738	1405868.047
26	4356861.76	1406953.059
27	4357771.781	1408037.072
28	4358682.803	1409122.084
29	4359592.825	1410207.096
30	4360502.847	1411292.109
31	4361412.869	1412376.121
32	4362322.89	1413461.134
33	4363232.912	1414546.146
34	4364143.934	1415630.158
35	4365053.956	1416715.171
36	4365963.977	1417800.183
37	4366873.999	1418885.196
38	4367784.021	1419969.208
39	4370515.086	1423224.245
40	4371425.108	1424308.258
41	4354779.73	1407776.086
42	4355689.752	1408860.098
43	4356599.774	1409945.11
44	4357510.796	1411030.123
45	4358420.817	1412115.135

⁶ Nel sistema Gauss Boaga fuso Ovest

ANALISI SULLA PRODUCIBILITÀ
DEL SITO

Rev.

WTG	Nord	Est
46	4359330.839	1413199.148
47	4360240.861	1414284.16
48	4361150.883	1415369.172
49	4362061.904	1416453.185
50	4362971.926	1417538.197
51	4363881.948	1418623.21
52	4364791.97	1419708.222
53	4365701.991	1420792.235
54	4366612.013	1421877.247
55	4367523.035	1422962.259
56	4368433.057	1424046.272
57	4355427.766	1411853.149
58	4356338.788	1412937.162
59	4357248.809	1414022.174
60	4358158.831	1415107.186
61	4359068.853	1416192.199
62	4359978.875	1417276.211
63	4360889.897	1418361.224
64	4361799.918	1419446.236
65	4362709.94	1420530.248
66	4363619.962	1421615.261
67	4364529.984	1422700.273
68	4365440.005	1423785.286
69	4355166.78	1414845.2
70	4356076.802	1415930.213
71	4356986.823	1417015.225
72	4357896.845	1418099.238
73	4358806.867	1419184.25
74	4359717.889	1420269.262
75	4360627.911	1421353.275
76	4354904.794	1417837.252

Tabella 5 Coordinate Gauss Boaga fuso Ovest



6 PRODUCIBILITÀ

Sulla base dei dati riportati si è sviluppato un modello numerico con il codice WINFARM di Resoft Inc.

I risultati ottenuti per l'intero parco di 63 WTG sono i seguenti:

- Energia annuale teorica = 3.361 GWh/a
- Perdita media per effetto scia = 6,4%
- Energia lorda⁷ annuale = 3.146 GWh/a

Le perdite per effetto scia vengono visualizzate nel seguente grafico:

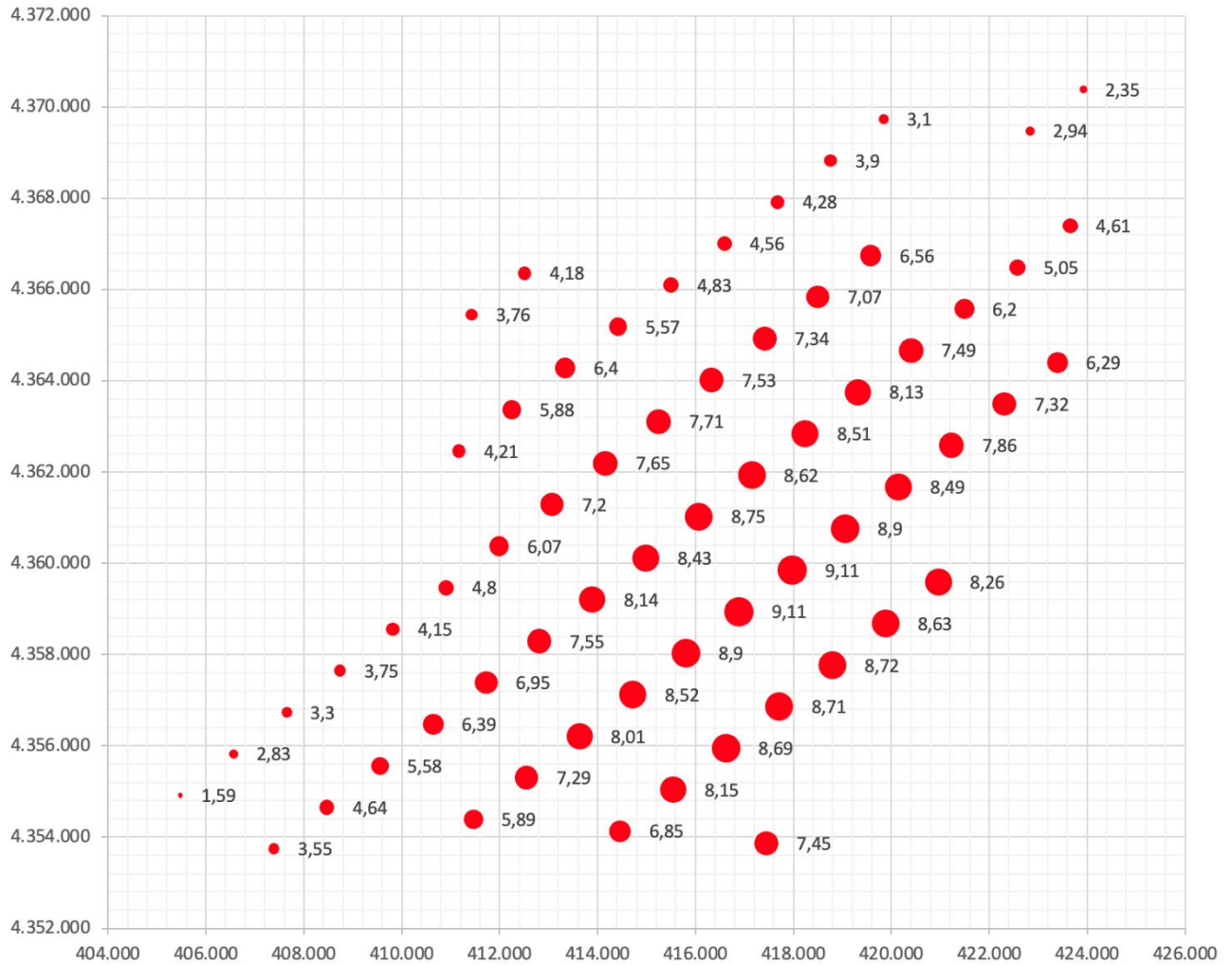


Figura 9 Perdite per effetto scia per ogni posizione

⁷ Lorda ovvero comprendente le altre perdite caratteristiche quali disponibilità, perdite elettriche, cicli di isteresi, ecc.

La produzione annua delle singole macchine, espressa in GWh/a, è riportata nella seguente immagine:

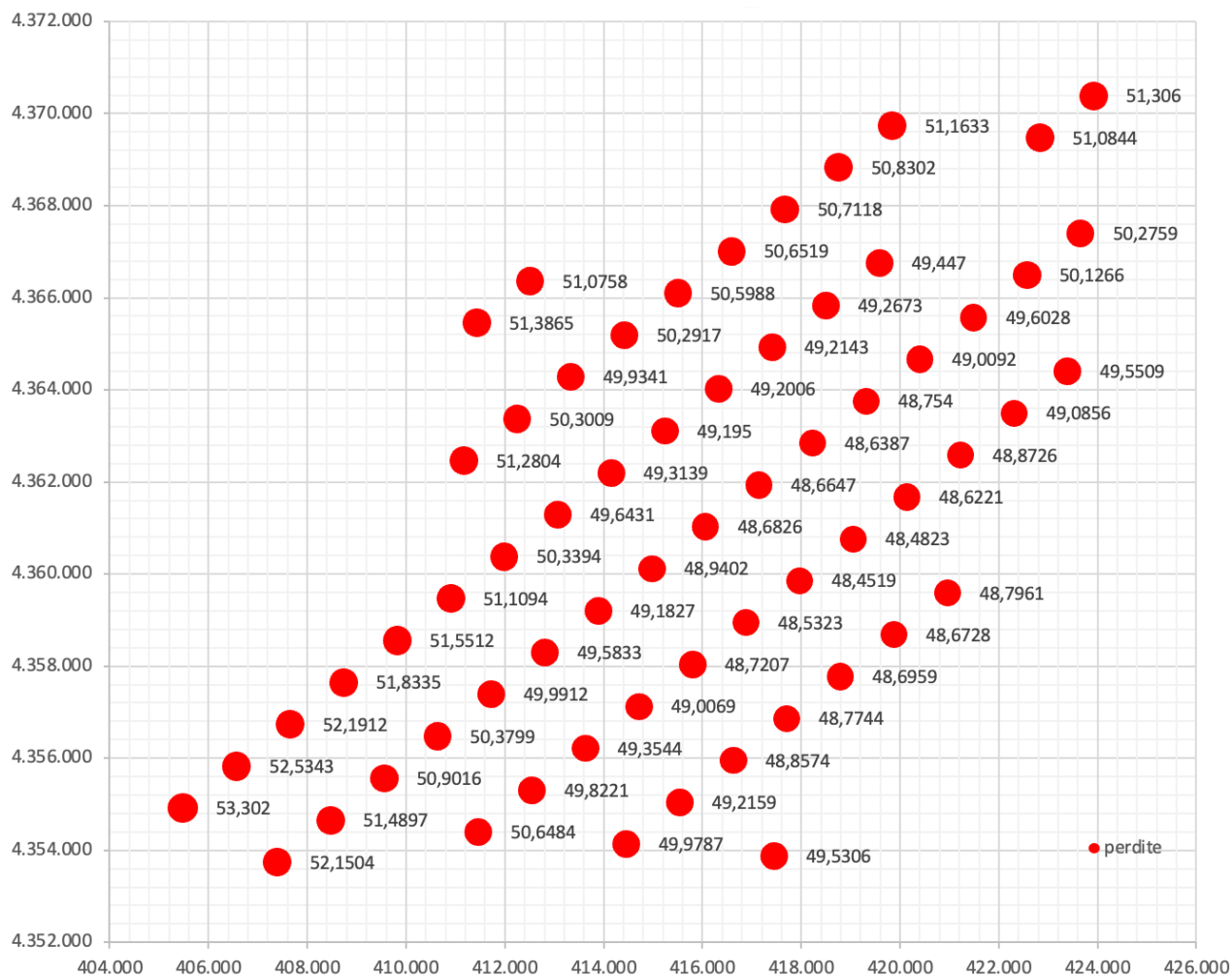


Figura 10 Produzione singole WTG in GWh/a

Si rammenta che le producibilità indicate sono al netto delle perdite per effetto scia, ma non considerano tutte le altre dovute ad esempio a:

- Perdite elettriche (cavidotti MT/AT e SSE);
- Disponibilità Aerogeneratore;
- Disponibilità SSE e cavidotto;
- Perdite Isteresi per velocità del vento superiori a $V_{max} = 30\text{m/s}$;
- Limiti ambientali (temperature)
- Altro.

7 CONCLUSIONI

Lo studio di ottimizzazione del lay-out ha portato alla definizione di una struttura a righe con distanze delle macchine sulla riga di 6 diametri e tra le righe di 9 diametri.

Le perdite per effetto scia dell'impianto sono del 6,4% che appaiono accettabili considerando anche che una ulteriore "diluizione" dell'impianto (aumento delle distanze) comporterebbe un superamento del perimetro imposto ed un ulteriore allungamento dei cavidotti elettrici di collegamento interni al parco con conseguente aumento di perdite elettriche e di costi di impianto.

Per quanto riguarda il posizionamento della Sottostazione Elettrica di Raccolta non si danno prescrizioni particolari, anche considerando che l'altezza della struttura poco influenza la producibilità degli aerogeneratori prossimi in considerazione dell'altezza mozzo scelta.

Eventuali revisioni del documento verranno eseguite non appena si avranno indicazioni da Vestas sulle caratteristiche della macchina o su sviluppi progettuali legati ad altri temi (fondazioni in primis).