

PROGETTO DI PARCO EOLICO DI SCHIAVI D'ABRUZZO 2 COMUNE DI SCHIAVI D'ABRUZZO (CH)

VALUTAZIONE DELLA RISORSA VENTO E DELLA PRODUZIONE ATTESA

Rev.	Descrizione e motivazioni della revisione	Emesso	Approvato
0	Prima Emissione 28/11/2024	<i>Tecnologie Eoliche</i>	<i>Tecnologie Eoliche</i>

INDICE

PREMESSA	3
1. MATERIALE UTILIZZATO	4
1.1 Dati di vento.....	5
1.2 Layout d'impianto	6
1.3 Aerogeneratori	7
2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI	8
2.1 Dati anemometrici in input al modello.....	9
2.2 Impostazione del modello	10
3 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE NETTA ATTESA	11
3.1 Produzione attesa al netto delle perdite	11
4 CONCLUSIONI	13

PREMESSA

Il Progetto eolico di Schiavi d'Abruzzo 2 è situato nel comune della Provincia di Chieti di Schiavi d'Abruzzo, in una regione a forte vocazione eolica.

Il nuovo impianto sarà composto da 6 aerogeneratori di potenza nominale unitaria fino a 4,5 MW per una potenza complessiva in immissione di 27 MW. Si prevede l'installazione di aerogeneratori con un diametro di rotore fino a 138 metri e un'altezza di mozzo fino a 112 metri, per un'altezza massima alla punta pala "tip" (altezza mozzo + lunghezza pala) fino a 180 m. A titolo esemplificativo, perché dipendente dalle condizioni di mercato, è stato considerato un modello di aerogeneratore caratterizzato da un diametro di rotore di 136 m e un'altezza al mozzo di 112 m, per un'altezza massima al tip di 180 m.

Il gruppo Edison da oltre due decenni studia la risorsa eolica dell'area mediante stazioni anemometriche di proprietà installate sul territorio, nonché mediante i dati di vento e produzione misurati dai numerosi aerogeneratori installati. La società proponente ha potuto così sviluppare una conoscenza anemologica approfondita della zona che si conferma essere caratterizzata da buona ventosità.

Oltre allo sviluppo del progetto di parco eolico nel Comune di Schiavi d'Abruzzo oggetto della presente relazione, il gruppo Edison ha realizzato e già integralmente ricostruito un parco eolico nel medesimo Comune e ha anche realizzato numerosi altri parchi eolici in Comuni vicini.

1. MATERIALE UTILIZZATO

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

- dati di vento, raccolti da numerose stazioni anemometriche ubicate in sito e dai sensori anemometrici installati sulle navicelle degli aerogeneratori esistenti, nonché i dati raccolti da rete satellitare rielaborati con modello WRF-LES della società Vortex
- rapporti di installazione delle stazioni anemometriche, corredati dei certificati di calibrazione degli anemometri utilizzati nelle campagne di misura
- rapporti di manutenzione ordinaria e straordinaria delle stazioni anemometriche
- layout d'impianto composto da n°6 posizioni
- modello di aerogeneratore di grande taglia con il quale realizzare la stima di produzione, ovvero, a titolo esemplificativo, modello Vestas V136 da 4,5 MW con altezza mozzo pari a 112m
- layout d'impianto dei parchi eolici, di proprietà del gruppo Edison, limitrofi alla zona di interesse
- analisi sulla produzione dei parchi eolici esistenti e sui layout di progetto elaborati anche da riconosciuti consulenti terzi quali Fichtner e Deutsche Wind Guard
- modello tridimensionale del terreno con curve di livello equidistanti 10m e rugosità del terreno.

1.1 DATI DI VENTO

I dati di vento in possesso e utili per la valutazione della produzione attesa dell'impianto sono quelli registrati da varie stazioni anemometriche installate in sito e anemometri virtuali basati su dati satellitari (modello "LES" del fornitore Vortex), situati a distanze tra 0,4 e 7,2 km dagli aerogeneratori alla base del layout di impianto.

Di seguito la denominazione delle stazioni, con codice e posizione:

Nome Punto di misura	Codice Punto di misura	H Torre m s.l.s.	Coordinate UTM-WGS84- Fuso 33		Altitudine s.l.m.
			Longitudine E	Latitudine N	
Schiavi d'Abruzzo	238	30	457385	4631033	1151
Castiglione MM02	507	72	456254	4634286	1211
IR_SC04 (aerogeneratore)	IR_SC04	94	457252	4631068	1185
LES Schiavi 2	LES Sch2	82	459054	4629575	1034

Le date di installazione delle stazioni anemometriche ed il periodo di dati rilevati sono indicati nella tabella seguente.

Nome Punto di misura	Codice Punto di misura	Periodo di rilevazione		n° Mesi
		Data inizio	Data fine	
Schiavi d'Abruzzo	238	15/05/2000	*	293
Castiglione MM02	507	13/12/2013	22/05/2017	41
IR_SC04	IR_SC04	20/11/2018	*	76
LES Schiavi 2	LES Sch2	**	**	12**

* Stazione ancora attiva

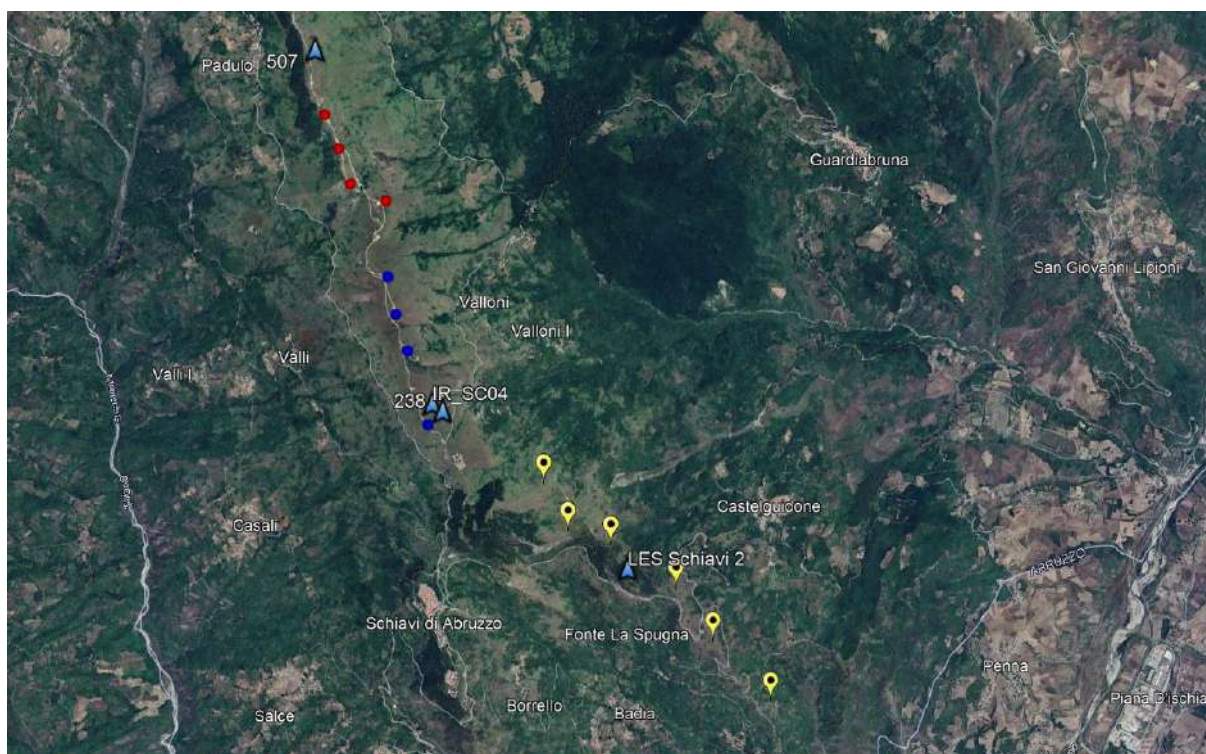
** Dati già storicizzati sul lungo periodo

Qui sotto sono presentate le velocità medie delle stazioni anemometriche considerate per l'analisi e per definire la climatologia nel modello.

Nome Punto di misura	Codice Punto di misura	H Torre s.l.s.	V _{media}	Disponibilità %
			m/s	
Schiavi d'Abruzzo	238	30	6,6	94
Castiglione MM02	507	72	6,45	98
IR_SC04	IR_SC04	94	7,19	98
LES Schiavi 2	LES Sch2	82	6,55	100

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Nella figura seguente sono riportati su ortofoto il layout d'impianto in progetto "Schiavi d'Abruzzo 2" - in giallo le posizioni degli aerogeneratori previsti - e le stazioni anemometriche indicate con puntatori triangolari azzurri. In figura sono indicati anche gli impianti limitrofi in esercizio (in particolare Schiavi d'Abruzzo IR in blu e Castiglione Messer Marino IR3 in rosso).



I calcoli delle perdite per scia sono stati effettuati considerando come impianti vicini gli aerogeneratori esistenti di Schiavi d'Abruzzo IR, sempre nella titolarità della proponente (Edison Rinnovabili).

Altri aerogeneratori a distanze superiori a 2,5 km dagli aerogeneratori del progetto non sono stati considerati, in quanto gli effetti di scia oltre quella distanza possono essere ritenuti trascurabili.

1.3 AEROGENERATORI

A titolo esemplificativo, il modello di aerogeneratore utilizzato 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	V136	136	4,5	112	IIB / S

La curva di potenza utilizzata è relativa alla densità dell'aria di 1.225 Kg/m³ corrispondente alla quota altimetrica del mare. Successivamente i codici di calcolo (WASP/WindSim) calcolano la densità dell'aria nelle posizioni del layout di impianto.

Nelle figure sottostanti 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 al variare della velocità del vento

Velocità (m/s)	Potenza (MW)	Ct
3	0,057	0,890
4	0,224	0,844
5	0,478	0,851
6	0,853	0,841
7	1,381	0,828
8	2,070	0,822
9	2,874	0,745
10	3,571	0,606
11	4,141	0,498
12	4,445	0,394
13	4,498	0,302
14	4,500	0,238
15	4,500	0,190
16	4,500	0,156
17	4,500	0,130
18	4,500	0,110
19	4,500	0,094
20	4,500	0,081
21	4,500	0,071
22	4,500	0,063
23	4,472	0,055
24	4,336	0,048
25	4,131	0,041
26	3,951	0,036
27	3,756	0,031
28	3,456	0,026
29	3,033	0,021
30	2,548	0,017
31	2,073	0,013
32	1,721	0,010

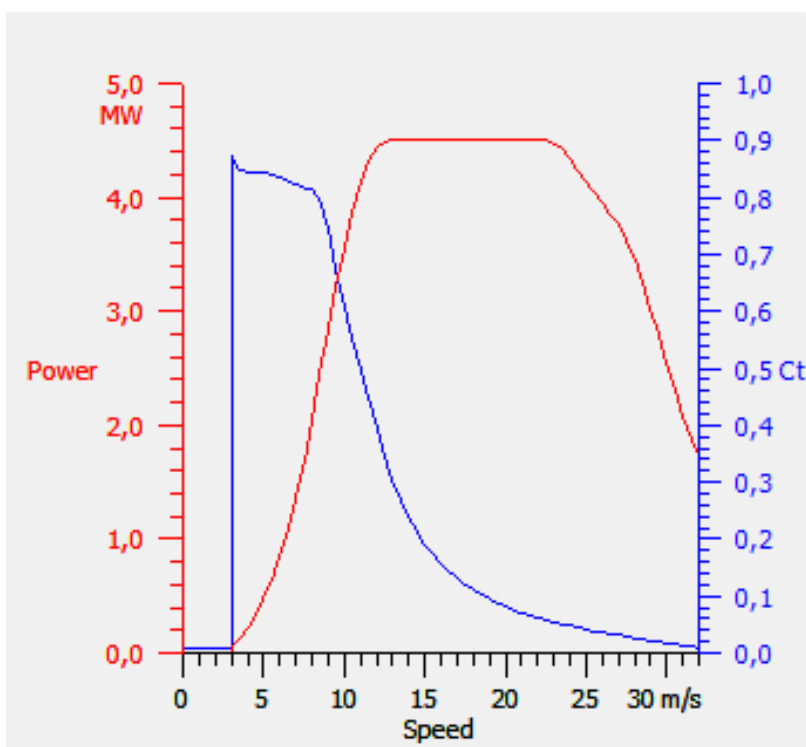


Figura I - Curva di potenza e Ct dell'aerogeneratore Vestas V136 da 4,5MW (estratto da scheda tecnica Vestas)

2 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

I dati anemometrici disponibili per la valutazione della produzione attesa per il progetto eolico sono quelli delle stazioni anemometriche nella zona dell'impianto, nonché le informazioni anemometriche e di produzione raccolte dal sistema SCADA degli aerogeneratori della proponente installati nell'area.

È stata tenuta in considerazione anche la serie di dati del fornitore Vortex, localizzata in punto baricentrico del layout e derivante da modellazione WRF-LES basata su dati satellitari ERA5.

Sono state analizzate quindi molteplici fonti di dati per la modellazione in un'area complessa dal punto di vista orografico. È stata simulata l'influenza delle scie generate dagli impianti esistenti sui sensori di misura ed è stata conseguentemente applicata una correzione sulle serie di dati misurati.

Nella seguente tabella sono sinteticamente riportati i risultati ottenuti dall'analisi di validazione e correlazione di lungo periodo dei dati dei sensori anemometrici presenti sull'aerogeneratore esistente "IR_SC04".

Codice punto di misura	H anemo- metro (m)	Periodo di rilevazione (mesi)	Disponibilità dati validi (%)	Velocità media di lungo periodo (m/s)
IR_SC04	94	76	98	7,08

Per l'analisi del gradiente del vento con l'altezza dal suolo si sono potuti analizzare i valori di misura a varie altezze misurati dalla strumentazione anemometrica e considerare i valori risultanti dal modello di calcolo e dai dati satellitari.

Inoltre, sono stati considerati a supporto anche i valori di gradiente verticale della velocità del vento calcolati dal consulente Deutsche Wind Guard.

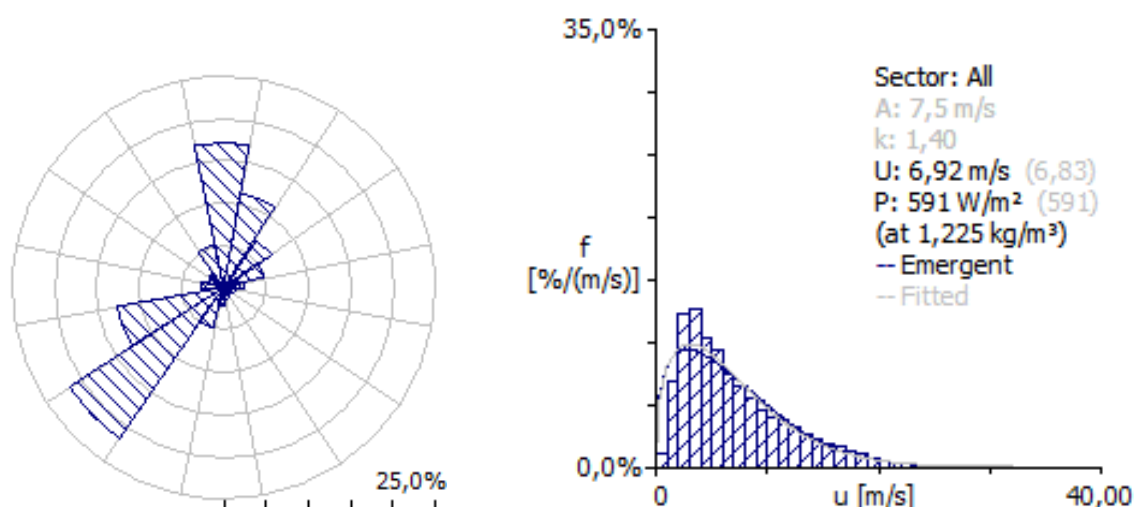
2.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

La valutazione di produzione attesa è stata effettuata sulla base dei dati di vento provenienti dalle stazioni anemometriche, dai dati anemometrici misurati presso gli aerogeneratori registrati dal sistema SCADA e da modelli elaborati sulla base di dati satellitari (modello WRF-LES del fornitore Vortex).

A partire dai dati di vento disponibili a varie altezze sono stati estrapolati i valori all'altezza di mozzo dell'aerogeneratore considerato per la stima della produzione energetica, seguendo il profilo del vento specifico del sito.

I dati misurati dagli strumenti anemometrici sono stati correlati sul lungo periodo con dati satellitari, per avere valori della risorsa eolica sul lungo periodo. In particolare i dati misurati presso l'aerogeneratore IR_SC04, una volta corretti per i deficit di scia, sono stati sottoposti a correlazione coi vicini nodi ERA5; la correlazione è risultata sufficientemente affidabile e ha indicato una riduzione della velocità media di circa -1,5%.

Sotto è rappresentata la rosa del vento in frequenza a 94 metri dal suolo nella posizione del punto di misura "IR_SC04", a seguito della validazione ed elaborazione delle misure.



[Nota: La velocità U nei grafici è calcolata dalla distribuzione della velocità, che risulta dall'interpolazione dei dati di velocità divisi in intervalli "bin" e pertanto non è solitamente esattamente equivalente alla media della serie temporale dei dati di vento di origine]

La direzione prevalente da un punto di vista energetico rilevata nella campagna anemometrica è il Sud-Ovest, ma anche la direzione Nord è molto rappresentata. Si vedrà in seguito nella presente relazione che proprio la direzione Nord risulterà prevalente sulle posizioni del layout. Vi è quindi una variazione di rosa tra il punto della climatologia e le posizioni del layout, riscontrata dai modelli. Un'ulteriore misura anemometrica nella parte centro-meridionale del layout potrà fornire ulteriori dettagli e conferme.

2.2 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO

È stato considerato un valore di densità dell'aria pari a $1,09 \text{ kg/m}^3$, sulla base dei modelli di calcolo e dei dati satellitari-LES.

Per l'estrapolazione orizzontale dei valori di ventosità a partire dai punti di misura sono stati utilizzati i codici di calcolo WAsP 12 e WindSim 12. In particolare, WindSim 12 è un codice di calcolo CFD (Computational Fluid Dynamics) che risulta frequentemente più adeguato a simulare il flusso di vento in terreni caratterizzati da un livello medio o alto di complessità orografica. Inoltre è stata utilizzata la modellazione FARM della società Vortex, anch'essa in grado di modellare con accuratezza il flusso su orografie complesse.

Sono stati comparati i risultati dei codici di calcolo per valutare eventuali discrepanze, anche nelle posizioni di aerogeneratori esistenti vicini della proponente, dove sono disponibili dati anemometrici misurati presso le navicelle.

Si è infine scelta una combinazione dei modelli che tenesse in conto la modellazione fluidodinamica FARM della società Vortex.

La stima della produzione è stata effettuata utilizzando la curva di potenza dell'aerogeneratore di riferimento di cui al paragrafo 1.3.

Sono stati stimati gli effetti di scia utilizzando modelli standard, e gli altri parametri di simulazione sono stati impostati sui valori standard secondo lo stato dell'arte del settore eolico.

3 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE NETTA ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in rapporto al modello di aerogeneratore indicato nel paragrafo 1.3.

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

3.1 PRODUZIONE ATTESA AL NETTO DELLE PERDITE

Il valore di produzione netta attesa viene ottenuto dal processo di calcolo illustrato nei paragrafi precedenti e tiene conto, oltre alle perdite dovute alla scia degli aerogeneratori e alla densità dell'aria alla quota del sito, (i) delle perdite elettriche, (ii) delle perdite di performance degli aerogeneratori (ad esempio per effetti ambientali, quali la temperatura), (iii) della disponibilità di rete, (iv) delle perdite per *noise and wind sector management* e (v) della disponibilità di aerogeneratori e Balance of Plant (BoP).

Costruttore	Potenza AG	Numero AG	Potenza impianto	H mozzo	Perdite medie scia	Produzione netta (incl. WTG/BoP Av.)		Incertezza - periodo 10 anni
	(MW)	(N)	(MW)	(m)	%	(GWh/y)	(ore/y)	%
Vestas V136	4,5	6	27	112	1,4%	68,9	2550	13

I valori delle perdite elettriche, di performance degli aerogeneratori e delle altre perdite sono basati su valori medi relativi a impianti in esercizio della proponente di simile potenza elettrica complessiva.

Nella tabella sotto sono indicate le stime di produzione annua lorda di ogni singolo aerogeneratore, e i medesimi valori decurtati delle perdite di scia.

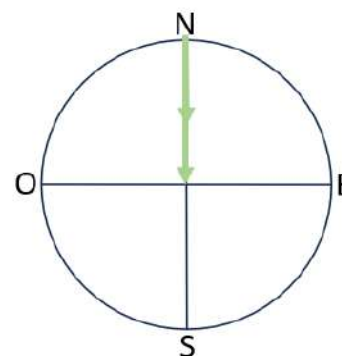
Aerogeneratore	Produzione annua lorda [GWh]	Produzione annua lorda - scie [GWh]	Perdite di scia [%]
SA01	13,5	13,2	2,4
SA02	14,1	13,9	1,2
SA03	13,6	13,4	1,2
SA04	14,3	14,2	0,6
SA05	13,9	13,7	1,6
SA06	12,0	11,9	1,2
Parco eolico	81,4	80,3	1,4%

La velocità media del vento nelle posizioni del progetto in esame ad altezza mozzo è stimata attorno a ca. 7,0 m/s.

Nella seguente tabella è indicata la **direzione prevalente per il layout di progetto, 0°, in termini di rilevanza energetica** sulle posizioni del layout, sulla rosa 12 settori, stimata nel modello di calcolo utilizzato per la presente relazione. Nella tabella è anche indicata la distribuzione di frequenza della direzione di provenienza del vento, in percentuale.

La direzione Sud-Ovest risulta comunque molto rilevante in termini di energia e frequenza.

Settore	Direzione [°]	Energia [GWh]	Frequenza [%]
1	0	25,3	21,6
2	30	9,0	12,8
3	60	0,8	4,5
4	90	0,2	2,4
5	120	0,1	2,0
6	150	0,7	2,4
7	180	6,1	7,9
8	210	17,2	17,1
9	240	12,4	14,1
10	270	2,2	4,7
11	300	0,5	2,9
12	330	5,9	7,6
Somma:		80,3	100,0



4 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di stima della produzione attesa del progetto di impianto eolico di Schiavi d'Abruzzo, ubicato in Abruzzo, in Provincia di Chieti, nel territorio comunale di Schiavi d'Abruzzo.

L'attività è iniziata con la validazione e l'analisi statistica dei dati disponibili rilevati dai sensori anemometrici in sito e da rete satellitare. È stata verificata la ventosità di lungo periodo mediante correlazione con serie pluriennali di dati, ed è stato messo a punto un modello di calcolo per l'estrapolazione verticale ed orizzontale della ventosità nell'area del layout di progetto.

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.