

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCHI EOLICI "Faeto-Celle"

**ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING
DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI**



Edison Rinnovabili Spa
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano



Progettazione Coordinamento	 VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY & URBAN PLANNING Via.405 Cav. 48 - 71021 Foggia - Tel.0881.760233 - Fax 1784412324 mail: info@studioprogettazionevega.org - website: www.studioprogettazionevega.org	Studi Ambientali e Paesaggistici	Arch. Antonio Demaio Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG) Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: sit.vega@gmail.com 		
Studio Geologico-Idrologico	Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg) Tel./Fax 0884.965793 Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@iscsca.it 	Studio Acustico	Arch. Denora Marianna Via Savona, 3 70022 Altamura (BA) Tel./Fax 080.9162455 Cell. 3315600322 E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it 		
Studi Naturalistici e Forestali	Dott. Forestale Luigi Lupo Via Mario Pagano 47 - 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it 	Studio Idraulico	Studio di ingegneria Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia (FG) Tel./Fax 0881.070126 Cell. 334.81.81.81 E-Mail: lauragiordano@gmail.com 		
Progettazione elettrica	 STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128 71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072 Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net 	Studio archeologico	 Archeologica s.r.l. Il presidente Dott. Vincenzo Ficco Tel. 0881.750334 E-Mail: info@archeologica srl.com 		
Opera	<p>Progetto di Integrale Ricostruzione di n. 1 impianto eolico composto da 14 aerogeneratori da 6,6 MW per una potenza complessiva di 92,4 MW nei Comuni di Faeto e Celle di San Vito e relative opere di connessione alla località "Monte S.Vito - Ciuccia - Crepacore" con smantellamento di n. 60 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 33,75 MW.</p>				
Oggetto	Nome Elaborato: VIA_02_R2P8522-ANE_Relazione Anemologica	Foglio: VIA_02_Relazioni tecniche e di progetto			
	Descrizione Elaborato: Relazione Anemologica				
00	Novembre 2023	Emissione per progetto definitivo	VEGA	Arch. A. Demaio	Edison Rinnovabili Spa
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	---- Integrale Ricostruzione Faeto - Celle				
Formato:	Codice progetto AU R2P8522				

**PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DEL PARCO EOLICO DI
FAETO-CELLE
COMUNI DI CELLE SAN VITO E FAETO (FG)**

RELAZIONE DATI DI VENTO E VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

Rev.	Descrizione e motivazioni della revisione	Emesso	Approvato
0	Prima Emissione 31/08/2023	<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 integrale ricostruzione degli impianti esistenti è situato nei comuni della Provincia di Foggia di Celle San vito e Faeto a forte vocazione eolica, come anche le zone circostanti dove sono presenti numerosi impianti eolici della proponente.

Il nuovo impianto, che prenderà il posto dell'impianto esistente della Società quale integrale ricostruzione (IR), sarà composto da 14 aerogeneratori di potenza nominale unitaria fino a 6,6 MW per una potenza complessiva di 92,4 MW. A titolo esemplificativo, perché dipendente dalle condizioni di mercato, è stato considerato un modello di aerogeneratore caratterizzato da un diametro di rotore di 155 m e un'altezza al mozzo di 102,5 m, per un'altezza massima al tip (mozzo + pala) di 180 m.

Oltre al parco eolico nei Comuni di Celle San Vito e Faeto, il gruppo Edison ha realizzato anche altri parchi eolici nei comuni limitrofi e ha sviluppato una conoscenza approfondita della zona che si conferma essere caratterizzata da buona ventosità anche in relazione alle numerose stazioni anemometriche installate sul territorio da lungo tempo.

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
- rapporto di installazione delle stazioni anemometriche, corredate 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. 14 posizioni
- modello di aerogeneratore di grande taglia con il quale realizzare la stima di produzione, ovvero, a titolo esemplificativo, modello Siemens-Gamesa SG155 da 6,6 MW con altezza mozzo pari a 102,5 m
- dati di produzione degli aerogeneratori esistenti dai sistemi di monitoraggio SCADA, in posizioni coincidenti o vicine al layout d’impianto oggetto della presente relazione
- analisi sulla produzione dei parchi eolici esistenti e sui layout di progetto elaborati anche da riconosciuti consulenti terzi quali Fichtner, nominati dalla proponente
- 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 corrispondono a quelli registrati da varie stazioni anemometriche installate in sito, a una distanza tra 0,1 e 0,6 km dagli aerogeneratori alla base del layout di impianto.

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

Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre m s.l.s.	Coordinate UTM-WGS84- Fuso 33		Altitudine s.l.m.
			Longitudine E	Latitudine N	
FAETO 2	46	10	514271	4573221	949
FAETO 23	408	40	515023	4570582	887
CELLE S. VITO 7	220	10	515036	4572763	949
CELLE S. VITO	504	71	514936	4572873	982
CELLE LIDAR	521	148	514936	4572873	982

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

Nome Stazione	Codice Stazione	Periodo di rilevazione		n° Mesi
		Data inizio	Data fine	
FAETO 2	46	27/07/1994	*	349
FAETO 23	408	14/04/2005	03/01/2007	20
CELLE S. VITO 7	220	18/06/1999	*	290
CELLE S. VITO	504	28/08/2013	01/06/2023	117
CELLE LIDAR	521	05/07/2014	01/11/2014	3

* Stazione ancora attiva

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

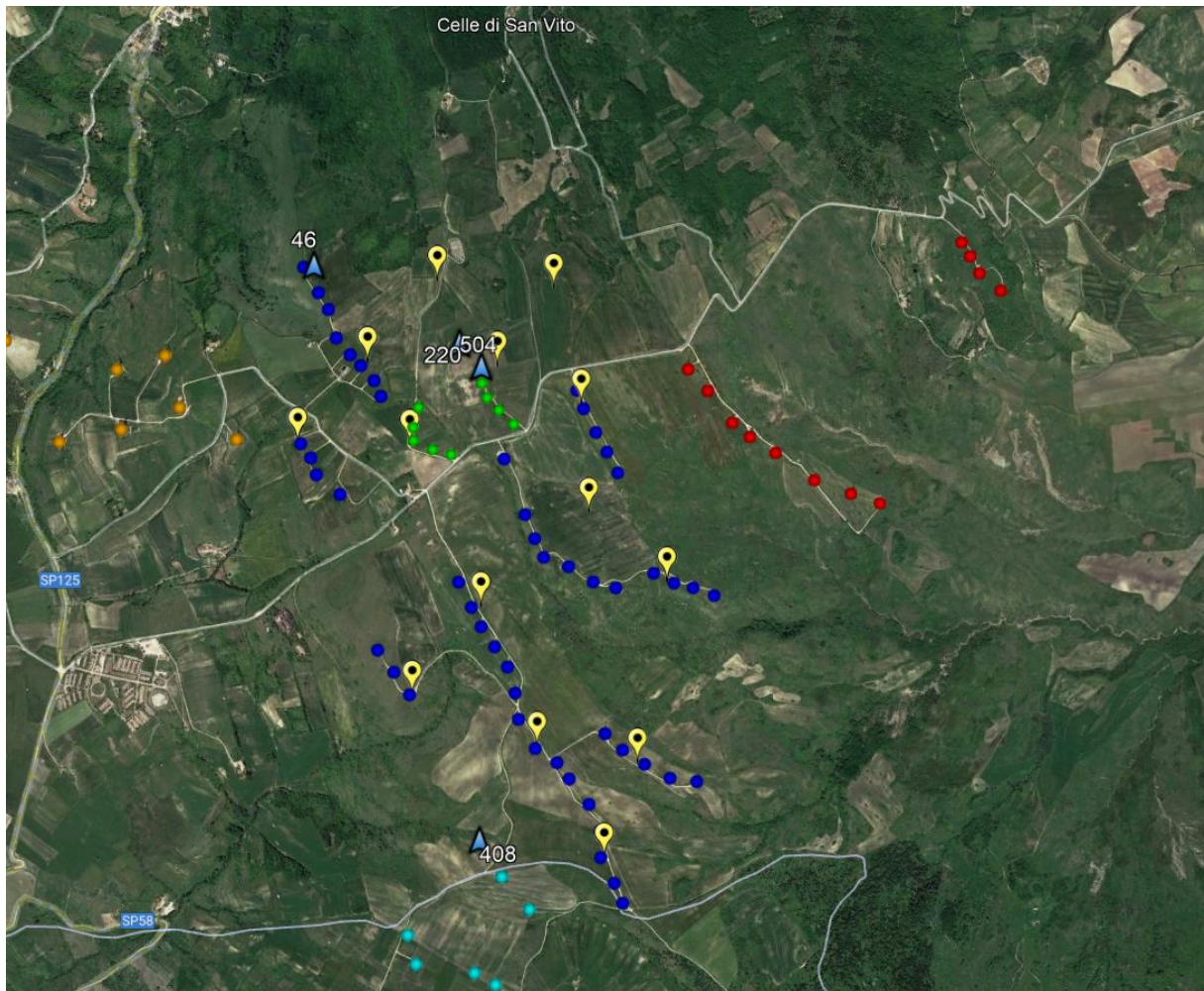
Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	V _{media} m/s	Disponibilità %
FAETO 2	46	10	8,3	93
FAETO 23	408	40	5,7	93
CELLE S. VITO 7	220	10	6,5	97
CELLE S. VITO	504	71	8,1	96
CELLE LIDAR	521	148	7,6	46

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Il progetto di IR nei Comuni di Celle San Vito e Faeto è così sintetizzabile:

- 1) saranno dismessi n. 51 aerogeneratori, marca Enercon modello E40, ciascuno da 600 kW, aventi una potenza complessiva pari a 30,6 MW, nel Comune di Faeto; saranno dismessi n. 9 aerogeneratori monopala, da ca. 0,35 MW ciascuno per complessivi 3,15 MW, nel Comune di Celle;
- 2) saranno realizzati n. 14 aerogeneratori aventi nuova potenza complessiva di 92,4 MW.

Il layout d'impianto in progetto (Faeto-Celle, in giallo le posizioni degli aerogeneratori previsti), l'impianto sottostante attualmente in esercizio (51 aerogeneratori in blu di Faeto e 9 in verde di Celle San Vito) e le stazioni anemometriche sono riportati su ortofoto nella figura seguente.



In figura sono inoltre riportati gli impianti limitrofi in esercizio di terzi: in rosso Celle San Vito di IP Maestrale 4, in azzurro Greci di IP Maestrale 4, in marrone Faeto di Daunia Wind.

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
Siemens-Gamesa	SG155	155	6,6	102,5	IIA

La curva di potenza utilizzata è relativa alla densità dell'aria di 1.225 Kg/m³ corrispondente alla quota altimetrica del mare. Successivamente il codice di calcolo WAsP calcola 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	0,047	0,894
4	0,252	0,856
5	0,613	0,825
6	1,128	0,821
7	1,840	0,825
8	2,775	0,812
9	3,868	0,750
10	4,948	0,653
11	5,812	0,545
12	6,309	0,436
13	6,513	0,342
14	6,578	0,269
15	6,595	0,216
16	6,599	0,176
17	6,600	0,147
18	6,599	0,123
19	6,592	0,105
20	6,562	0,090
21	6,486	0,078
22	6,342	0,067
23	6,137	0,058
24	5,894	0,049
25	5,652	0,043
26	5,434	0,037
27	5,262	0,033

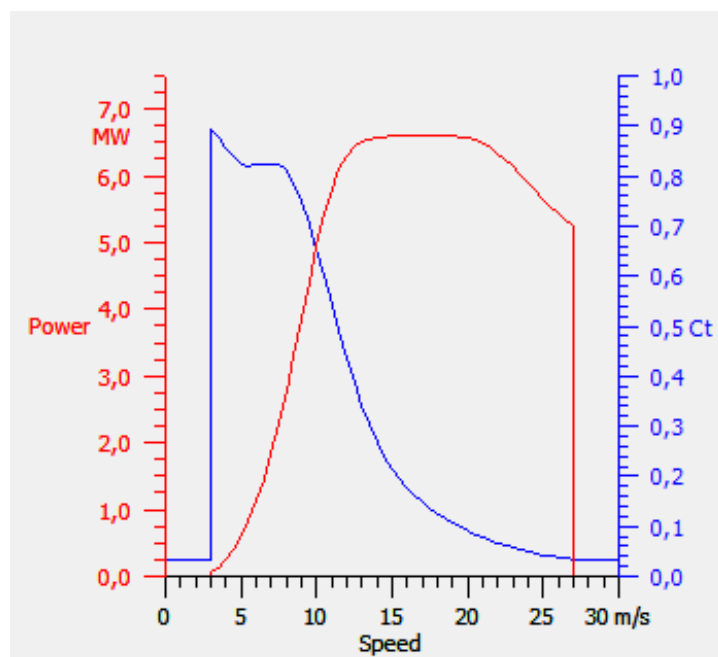


Figura I - Curva di potenza e Ct dell'aerogeneratore Siemens-Gamesa SG155 6,6MW

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 per ciascun aerogeneratore installato nell'area della proponente.

Sono state analizzate quindi molteplici fonti di dati, in un'area complessa a causa delle scie generate dagli impianti esistenti sui sensori di misura.

Nella seguente tabella sono sinteticamente riportati i risultati ottenuti dall'analisi di validazione della stazione anemometrica "0504 CELLE SAN VITO", che tra le stazioni considerate ha i sensori a maggiore altezza dal suolo.

Codice stazione	H anemometro (m)	Periodo di rilevazione (mesi)	Disponibilità dati validi (%)	Velocità media (m/s)
504 CELLE SAN VITO	70	117	96	8,11
	50	117	99	7,78
	30	117	100	7,38

Per l'analisi del gradiente del vento con l'altezza dal suolo si sono potuti analizzare i valori di misura dei sensori a varie altezze delle torri anemometriche, nonché considerare i valori di vento e produzione misurati presso le navicelle degli aerogeneratori in esercizio.

Inoltre, sono stati considerati i valori di gradiente verticale della velocità del vento calcolati dal consulente Fichtner.

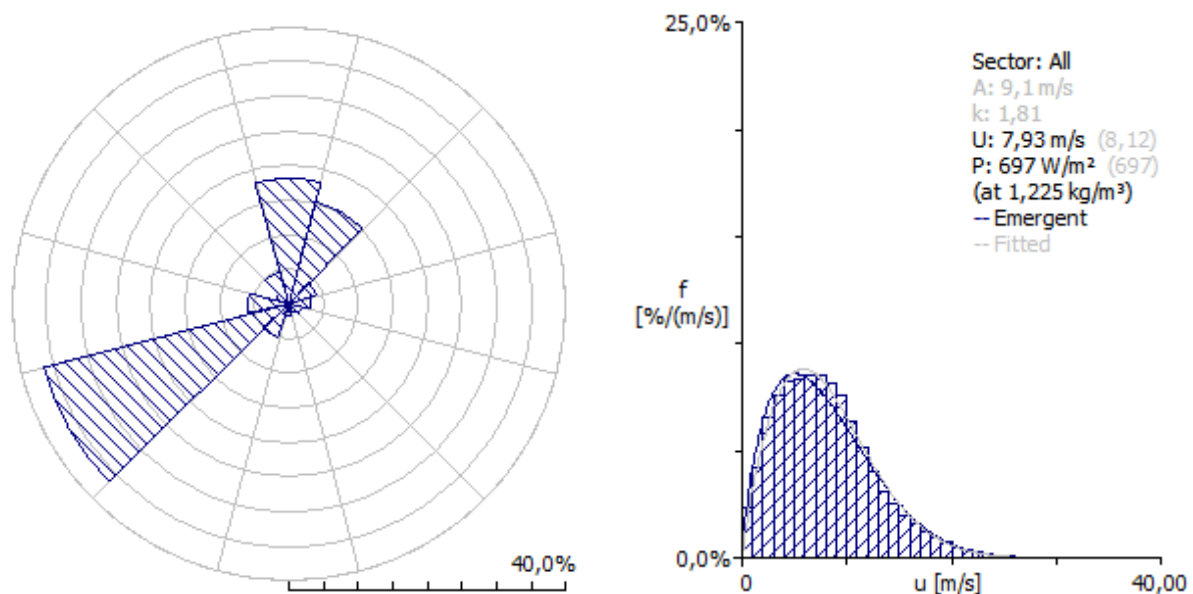
2.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

La valutazione di produzione attesa è stata effettuata sulla base dei dati di produzione, col supporto dei dati delle stazioni anemometriche.

I valori all'altezza dei sensori delle stazioni anemometriche e i valori all'altezza del mozzo degli aerogeneratori in esercizio sono stati estrapolati all'altezza di mozzo dell'aerogeneratore considerato per la stima della produzione energetica, seguendo il profilo del vento specifico del sito. Questi valori sono in linea con quanto stimato dal consulente Fichtner.

I dati così generati a partire dalle stazioni anemometriche coprono un periodo di tempo di parecchi anni e pertanto non è stato necessario effettuare correlazioni sul lungo periodo con dati satellitari o altre stazioni.

Sotto è rappresentata la rosa del vento ad altezza mozzo nella posizione della stazione anemometrica 0504 Celle San Vito, a seguito della validazione ed elaborazione delle misure.



2.2 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO

È stato considerato un valore di densità dell'aria pari a $1,10 \text{ kg/m}^3$, sulla base delle pluriennali misurazioni negli impianti in esercizio.

E' stato usato un modello per l'estrapolazione orizzontale dei valori di ventosità a partire dai punti di misura (aerogeneratori in esercizio e stazioni), che pondera la distanza dai valori sperimentali nei punti di interesse.

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 e gli altri parametri di simulazione utilizzando valori standard secondo lo stato dell'arte del settore eolico.

Nella stima delle perdite per effetti di scia sono stati considerati gli impianti di terzi vicini esistenti, indicati in figura nelle pagine precedenti.

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 e a causa dei parchi eolici limitrofi considerati.

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.)	
	(MW)	(N)	(MW)	(m)	%	(GWh/y)	(ore/y)
Siemens-Gamesa SG155	6,6	14	94,2	102,5	8,5	272,5	2949

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 [%]
FaeCe-IR01	23,0	20,6	10,5
FaeCe-IR02	23,3	21,8	6,7
FaeCe-IR03	26,5	24,1	9,2
FaeCe-IR04	24,5	21,3	13,1
FaeCe-IR05	23,3	21,3	8,6
FaeCe-IR06	24,9	23,5	5,8
FaeCe-IR07	24,7	22,4	9,3
FaeCe-IR08	22,7	20,0	11,8
FaeCe-IR09	22,7	21,1	7,1
FaeCe-IR10	23,8	22,1	7,1
FaeCe-IR11	24,1	22,1	8,1
FaeCe-IR12	25,0	23,4	6,1
FaeCe-IR13	24,5	22,7	7,4
FaeCe-IR14	23,7	21,6	8,7
Parco eolico	336,8	308,1	8,5%

4 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di stima della produzione attesa dell’impianto eolico di integrale ricostruzione di Faeto-Celle, ubicato in Puglia, in Provincia di Foggia, nei territori comunali di Celle San Vito e Faeto.

L’attività è iniziata con la validazione e l’analisi statistica dei dati disponibili rilevati dalle stazioni anemometriche in sito e dai sensori anemometrici installati in navicella e registrati dal sistema SCADA degli aerogeneratori esistenti di proprietà della proponente situati nell’area in esame da diversi anni. È stata verificata in tal modo la ventosità di lungo periodo, nonché messo a punto un modello di calcolo.

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.

Infine, nella seguente tabella è riportato un confronto in termini di KPI dell’IR rispetto all’esistente basati sulle seguenti variazioni:

- a. numero di aerogeneratori
- b. potenza totale
- c. produzione di energia.

n. WTG exis.	Potenza esistente	Media produz. energia	n. WTG IR	Potenza futura IR	Stima produz. netta	WTG new / WTG exis. - 1	P new / P existing	E new / E existing
#	MW	GWh/y	#	MW	GWh/y	%	#	#
60	33,75	79,5	14	92,4	272,5	-77%	2,7	3,4

Si può evincere **dalla tabella il miglioramento complessivo del progetto di IR rispetto all’esistente con riduzione del numero di aerogeneratori a fronte di un incremento della potenza elettrica complessiva e di un incremento ancora maggiore in termini di energia.**