

# INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "Foiano di Valfortore"

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



Progettazione Coordinamento	<b>GEKO S.p.A.</b> Via Reno, 5 - 00198 Roma (RM) Tel. 06.88803910   Fax 06.45654740 E-Mail: gekospa@pec.gekospa.it 	<b>GVC S.r.l. Società di Ingegneria</b> Via Nazionale Sauro, nr 126 - CAP 85100 Potenza (PZ) Tel. 09.71286145 E-Mail: gmr@gvcingegneria.it 	
Progettazione	<b>Seingim</b> Vicolo degli Olmi, nr 57 - 30022 Ceggia (VE) Tel. 04.21323007 E-Mail: info@seingim.it 	Studi Geologico-Idrologico Idraulico	<b>Geol. Antonio Di Biase</b> Piazza Padre Prosperino Gallipoli, nr 9 75024 Montescaglioso (MT) Tel. 347.059 7967
Studio Acustico Studio avifaunistico	<b>Teasistemi</b> Via Ponte Piglieri, nr 8 - 56122 Pisa (PI) Tel. 05.06396101 E-Mail: info@tea-group.com 	Studi Naturalistici e Forestali	<b>Dott. Agr. Paolo Castelli</b> Viale Croce Rossa, nr 25 - 90146 Palermo (PA) Tel. 334. 228 4087
Opera	<p><b>Progetto di Integrale Ricostruzione di n. 1 impianto eolico composto da 10 aerogeneratori da 6,6 MW per una potenza complessiva di 66,6 MW nel Comune di Foiano di Valfortore e relative opere di connessione alla località "Monte Barbato - Piano del Casino" con smantellamento di n. 47 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 33,20 MW.</b></p>		
Nome Elaborato:		Folder:	
GK-EN-C-FV-TB-ET-0045-00			
Descrizione Elaborato:			
Relazione dati di vento e valutazione della produzione attesa			
00	Novembre 2023	Emissione per progetto definitivo	Seingim S.r.l. Geko S.p.A. Edison Rinnovabili S.p.A.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione Verifica Approvazione
Scala:	/	Integrale Ricostruzione Foiano	
Formato:	A4	Codice progetto AU <input style="width: 100px;" type="text"/>	

**PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DEI PARCHI EOLICI DI  
FOIANO  
COMUNI DI FOIANO VAL FORTORE (BN)**

**RELAZIONE DATI DI VENTO E VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA**

---

Rev.	Descrizione e motivazioni della revisione	Emesso	Approvato
0	Prima Emissione 23/11/2023	<i>Tecnologie Eoliche</i>	<i>Tecnologie Eoliche</i>

## INDICE

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

## PREMESSA

---

Il Progetto eolico di integrale ricostruzione (IR) degli impianti esistenti di Foiano (“Monte Barbato”, “Toppo Grosso”, “Piano del Casino”, “Ampliamento” Nord e Sud) è situato nel comune della Provincia di Benevento di Foiano Val Fortore 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 10 aerogeneratori di potenza nominale unitaria fino a 6,6 MW per una potenza complessiva di 66 MW. Si prevede l’installazione di aerogeneratori con un diametro di rotore fino a 155 metri e un’altezza di mozzo fino a 105 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 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 nel Comune di Foiano Val Fortore, 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. 10 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 di proprietà della proponente, a una distanza tra 0,3 e 1,3 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	
Foiano Val Fortore 11	86	10	497542	4579733	844
Foiano Val Fortore	229	10	497995	4575905	799
Baselice 3	480	70	495879	4579854	888
Montefalcone	498	70	498146	4574365	823
Baselice	502	80	495525	4579589	816

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	
Foiano Val Fortore 11	86	07/02/1997	*	321
Foiano Val Fortore	229	28/10/1999	*	288
Baselice 3	480	01/06/2010	26/07/2013	37
Montefalcone	498	19/04/2013	16/12/2022	115
Baselice	502	28/09/2013	29/08/2023	119

\* Stazione ancora attiva

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

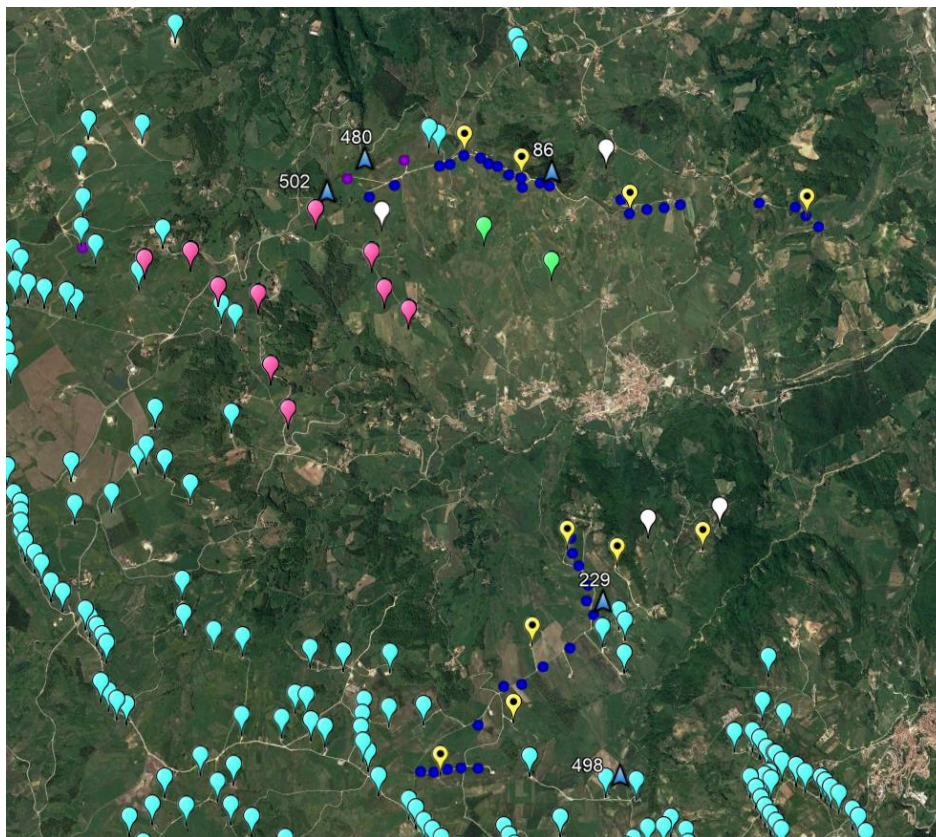
Nome Stazione	Codice Stazione	H Torre s.l.s.	V <sub>media</sub> m/s	Disponibilità %
Foiano Val Fortore 11	86	10	7,0	95
Foiano Val Fortore	229	10	5,4	99
Baselice 3	480	70	7,3	94
Montefalcone	498	70	6,3	100
Baselice	502	80	6,5	97

## 1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

Il progetto di IR nel Comune di Foiano Val Fortore è così sintetizzabile:

- 1) saranno dismessi n. 11 aerogeneratori degli impianti “Monte Barbato” e “Toppo Grosso”, marca Enercon modello E40, ciascuno da 600 kW, aventi una potenza complessiva pari a 6,6 MW;
- 2) saranno dismessi n. 16 aerogeneratori dell’impianto “Piano del Casino”, marca Enercon modello E40, ciascuno da 600 kW, aventi una potenza complessiva pari a 9,6 MW;
- 3) saranno dismessi n. 20 aerogeneratori degli impianti “Ampliamento Nord” e “Ampliamento Sud”, marca Vestas modello V52, ciascuno da 850 kW, aventi una potenza complessiva pari a 17 MW, nel Comune di Foiano Val Fortore;
- 4) la potenza complessiva dismessa degli impianti di cui ai punti (1), (2) e (3) è di 33,2 MW;
- 5) saranno realizzati n. 10 aerogeneratori aventi nuova potenza complessiva di 66 MW.

Nell’ortofoto nella figura sottostante sono riportati il layout d’impianto in progetto (IR Foiano, in giallo le posizioni degli aerogeneratori previsti), gli impianti sottostanti attualmente in esercizio, oggetto del progetto di integrale ricostruzione (47 aerogeneratori in blu di Foiano), l’impianto della proponente di Baselice (in viola) con 4 aerogeneratori e le stazioni anemometriche.



In figura sono inoltre riportati, e considerati nei calcoli, gli impianti limitrofi in esercizio di terzi (in azzurro) nonché i progetti autorizzati e i principali progetti in fase di autorizzazione (Wind Energy Foiano in verde, Ecoenergia in rosa, e quattro PAS in bianco).

### 1.3 AEROGENERATORI

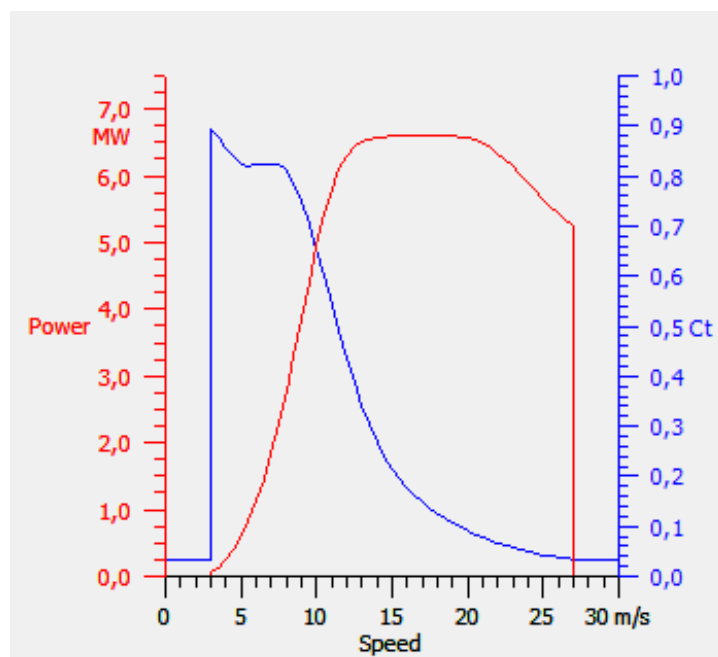
A titolo esemplificativo, il modello di aerogeneratore utilizzato per la valutazione della produzione attesa dell'impianto è il seguente:

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/m<sup>3</sup> 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 di proprietà 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 "0502 Baselice", 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)
502 BASELICE	80	119	97	6,51
	78	119	100	6,48
	35	119	100	5,04

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.

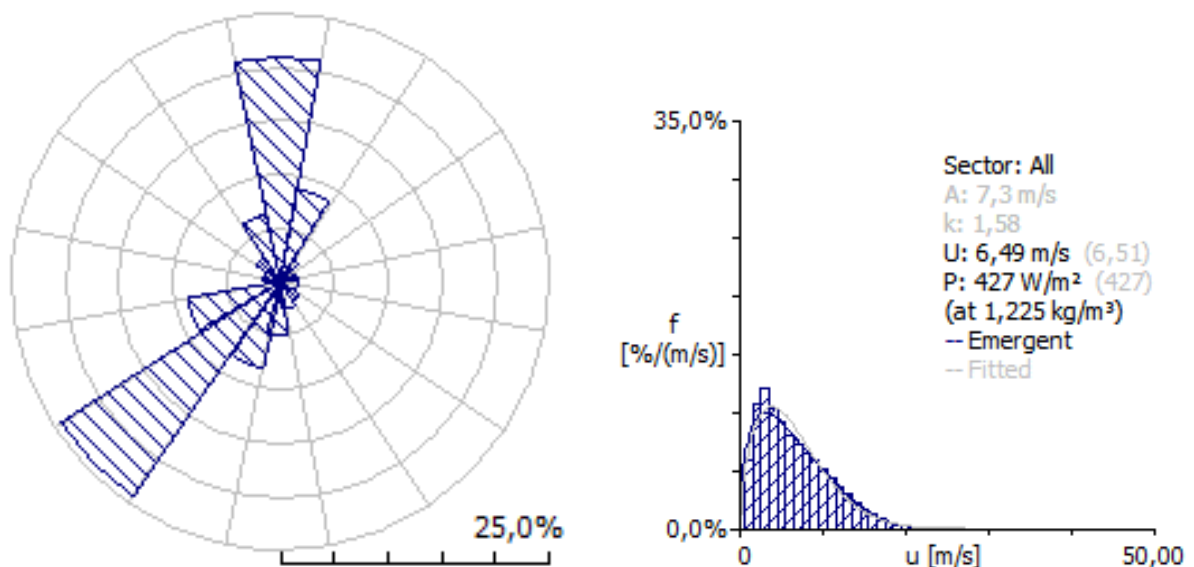
## 2.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

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 anche 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 di 80m dal suolo nella posizione della stazione anemometrica 0502 Baselice, a seguito della validazione ed elaborazione delle misure. Tale rosa dei venti è anche in linea anche con quanto registrato dagli anemometri di navicella degli aerogeneratori in esercizio tramite sistema SCADA.



## **2.2 IMPOSTAZIONE DEL MODELLO**

È stato considerato un valore di densità dell'aria pari a  $1,11 \text{ kg/m}^3$ , 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 esistenti vicini della proponente (Baselice) e di terzi, nonché i progetti autorizzati e i principali in via di autorizzazione (PAS incluse), indicati in figura nel paragrafo 1.2 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	10	66	102,5	8,2	154,7	2344

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 [%]
IRFoiano_01	17,0	15,7	7,9
IRFoiano_02	16,2	13,9	13,8
IRFoiano_03	15,7	13,7	12,6
IRFoiano_04	16,4	15,0	8,8
IRFoiano_05	18,8	16,7	11,2
IRFoiano_06	18,6	16,5	11,2
IRFoiano_07	22,3	21,0	5,9
IRFoiano_08	23,6	22,2	5,9
IRFoiano_09	21,9	20,7	5,3
IRFoiano_10	20,1	19,5	3,1
<b>Parco eolico</b>	<b>190,5</b>	<b>174,9</b>	<b>8,2%</b>

## 4 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati di stima della produzione attesa dell'impianto eolico di integrale ricostruzione di Foiano, ubicato in Campania, in Provincia di Benevento, nel territorio comunale di Foiano Val Fortore.

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	%	#	#
47	33,2	68,7	10	66	154,7	-79%	2,0	2,3

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.**