



Regione Puglia  
Comune di Brindisi (BR)



### IMPIANTO EOLICO OFFSHORE "BRINDISI 2.0"

Progetto Preliminare

Realizzazione di un parco eolico offshore di potenza complessiva pari a 1,422 GW mediante l'installazione di n. 79 torri eoliche galleggianti, di due stazioni elettriche offshore di trasformazione 66/220 kV e di una sottostazione elettrica onshore di utenza 220/380 kV.



#### COMMITTENTE:

### TG S.r.l. Energie Rinnovabili

a Company of **TOZZIgreen**

TG S.r.l. Energie Rinnovabili  
Via Brigata Ebraica, 50  
48123 Mezzano (RA) Italy  
tg.th@legalmail.it

tel. +39 0544 525311  
fax +39 0544 525319  
www.tozzigreen.com

Capitale Sociale € 50.000,00 i.v.  
R.E.A. n. RA-185767  
VAT IT02260730391

0	16/01/2024	Emesso per Scoping	SMA13, GD012	MAB	RZA01
Revisione	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
<b>CONSULENTE TECNICO:</b>				Commessa	
				IT034BD001	
Emesso per		Titolo		Codifica Consulente/Doc n.	
		<b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b>		<b>P0037871-1-H3</b>	
<input type="checkbox"/> APPROVAZIONE				Codifica Committente/Doc n.	
<input type="checkbox"/> COSTRUZIONE				n.	
<input type="checkbox"/> AS BUILT				<b>IT034BD001-9S8000</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> SCOPING					
Questo documento è di esclusiva proprietà TG S.r.l. Energie Rinnovabili. È proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza autorizzazione scritta da parte di TG S.r.l. Energie Rinnovabili.					

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> 	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 1 di 9</p>

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>ABBREVIAZIONI E ACROMINI</b>	<b>3</b>
<b>1   PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2   IL PARCO EOLICO</b>	<b>5</b>
2.1   DESCRIZIONE DEL SITO	5
2.2   DESCRIZIONE DEL PARCO EOLICO	6
<b>3   ANALISI E RISULTATI</b>	<b>7</b>
3.1   STIMA DELLA RISORSA EOLICA	7
3.2   DETERMINAZIONE DELLA PRODUCIBILITÀ DEL SITO	7
3.3   CONCLUSIONI	8

---

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> 	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 2 di 9</p>

## LISTA DELLE TABELLE

	<b>Pag.</b>
Tabella 2.1: Caratteristiche principali del sito	5
Tabella 3.1: Produzione preliminare stimata	7

## LISTA DELLE FIGURE

	<b>Pag.</b>
Figura 1.1: Inquadramento generale del parco eolico offshore	4
Figura 2.1: Posizione del sito al largo delle coste del Comune di Brindisi	5
Figura 2.2: Curve di potenza ipotizzate nel calcolo	6

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> 	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 3 di 9</p>

### ABBREVIAZIONI E ACROMINI

<b>S.r.l.</b>	Società a responsabilità limitata
<b>S.p.A.</b>	Società per azioni
<b>RTN</b>	Rete di Trasmissione Nazionale
<b>SLM</b>	Sul livello del mare
<b>PDF</b>	Probability Density Function
<b>DTU</b>	Technical University of Denmark
<b>OWF</b>	Offshore Wind Farm

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> <p><b>RI&amp;A</b></p>	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 4 di 9</p>

## 1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per illustrare le principali caratteristiche del Parco Eolico Offshore Flottante denominato "Brindisi 2.0" proposto dalla Società TG S.r.l. Energie Rinnovabili.

Il progetto "Brindisi 2.0" sarà localizzato al di fuori delle acque territoriali italiane, oltre le 12 miglia nautiche dalla linea di base, a largo della costa pugliese nello specchio acqueo antistante il comune di Brindisi. Il progetto si collocherà a una distanza minima dalla costa di circa 23,5 km e massima di circa 42 km.

Il parco eolico offshore sarà composto da 79 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 18 MW, per una capacità totale nominale di 1422 MW. L'energia prodotta sarà trasportata per mezzo di cavidotti sottomarini per i quali è previsto l'approdo nel Comune di Brindisi con allaccio alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) previsto presso la stazione elettrica 380 kV "Brindisi Sud" di Terna S.p.A. A suddetta stazione la società proponente ha richiesto una potenza di immissione alla RTN per 1425 MW.

L'impianto si estende su una superficie lorda, includendo quindi anche le aree comprese tra le turbine, ma di fatto non occupate dalle stesse, di circa 138 km<sup>2</sup>.

L'area dove è collocato il parco eolico ha una profondità variabile compresa tra i -116 m e -241 m.

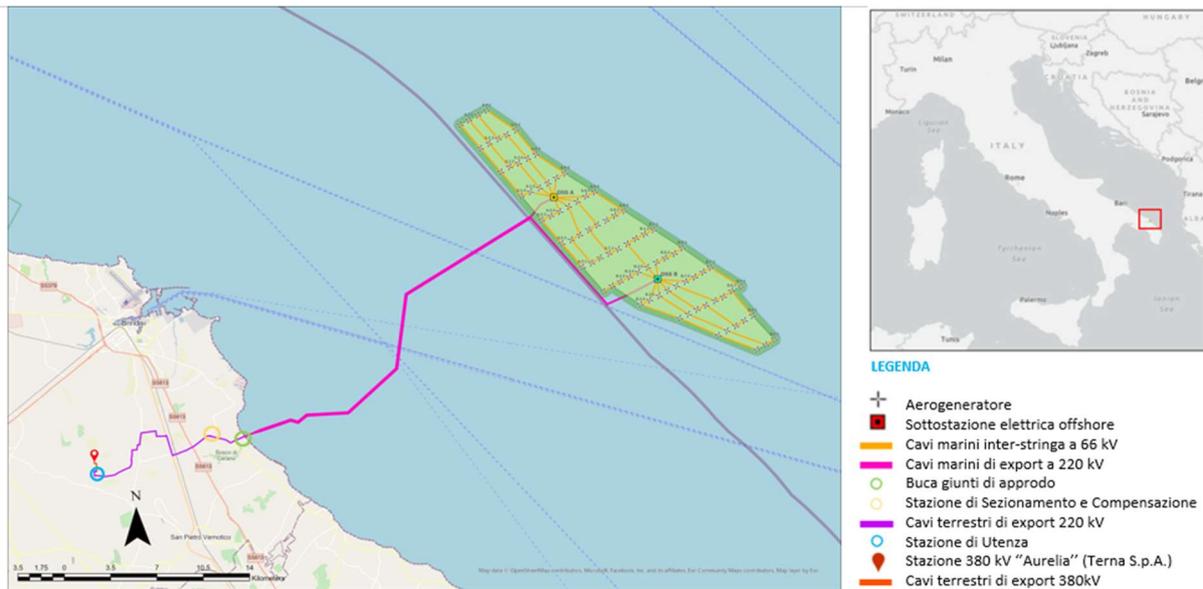


Figura 1.1: Inquadramento generale del parco eolico offshore

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> <p><b>RI&amp;A</b></p>	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 5 di 9</p>

## 2 IL PARCO EOLICO

I dati anemologici sono di primaria importanza per la valutazione della producibilità di un sito dove si intende progettare un parco eolico. L'analisi di producibilità si basa sui dati anemologici ERA5 provenienti dal Centro Europeo per le previsioni meteorologiche a medio raggio (ECMWF). I dati esaminati coprono il periodo dal 2007 al 2023. Inoltre, questi dati sono stati confrontati e potenziati con i dati disponibili sul sito Web Global Wind Atlas (<https://globalwindatlas.info>), sviluppato dal Dipartimento di Energia Eolica dell'Università Tecnica della Danimarca (DTU Wind Energy) e il Gruppo della Banca Mondiale. A partire da questi dati è stato possibile stimare la produzione lorda e netta del parco eolico e il fattore di capacità.

### 2.1 DESCRIZIONE DEL SITO

Nella Figura 2.1 è presente la vista globale del parco eolico, composto da 79 aerogeneratori, in corrispondenza del comune di Brindisi al di fuori delle 12 miglia nautiche. Gli aerogeneratori saranno distanziati tra di loro di circa 2,500 m lungo la direzione predominante del vento.



**Figura 2.1: Posizione del sito al largo delle coste del Comune di Brindisi**

La Tabella 2.1 mostra le caratteristiche principali del sito.

**Tabella 2.1: Caratteristiche principali del sito**

Caratteristiche del Parco Eolico Offshore	
Posizione	Comune di Brindisi
Velocità media approssimativa all'altezza del mozzo	7.4 m/s
Direzione predominante del vento	NNW - SSE
Tipologia	Floating Offshore Wind Farm

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> <p><b>RI&amp;A</b></p>	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 6 di 9</p>

## 2.2 DESCRIZIONE DEL PARCO EOLICO

Il parco eolico del quale si vuole fare una stima della producibilità sarà composto da 79 aerogeneratori da 18 MW, con diametro pari a 250 m e altezza del mozzo dal pelo libero dell'acqua di 157 m. Gli aerogeneratori saranno distanziati tra di loro di almeno 2,500 m corrispondenti a circa 10 diametri del rotore lungo la direzione predominante del vento.

### Power curve

Original data, Air density: 1.225 kg/m<sup>3</sup>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
3.0	151.0	0.19
3.5	384.0	0.30
4.0	616.0	0.32
4.5	1,012.0	0.37
5.0	1,408.0	0.37
5.5	1,985.0	0.40
6.0	2,561.0	0.39
6.5	3,334.0	0.40
7.0	4,107.0	0.40
7.5	5,168.0	0.41
8.0	6,228.0	0.40
8.5	7,539.0	0.41
9.0	8,849.0	0.40
9.5	10,395.0	0.40
10.0	11,940.0	0.40
10.5	13,554.0	0.39
11.0	15,168.0	0.38
11.5	16,584.0	0.36
12.0	18,000.0	0.35
12.5	18,000.0	0.31
13.0	18,000.0	0.27
13.5	18,000.0	0.24
14.0	18,000.0	0.22
14.5	18,000.0	0.20
15.0	18,000.0	0.18
15.5	18,000.0	0.16
16.0	18,000.0	0.15
16.5	18,000.0	0.13
17.0	18,000.0	0.12
17.5	18,000.0	0.11
18.0	18,000.0	0.10
18.5	18,000.0	0.09
19.0	18,000.0	0.09
19.5	18,000.0	0.08
20.0	18,000.0	0.07
20.5	18,000.0	0.07
21.0	18,000.0	0.06
21.5	18,000.0	0.06
22.0	18,000.0	0.06
22.5	18,000.0	0.05
23.0	18,000.0	0.05
23.5	18,000.0	0.05
24.0	18,000.0	0.04
24.5	18,000.0	0.04
25.0	18,000.0	0.04
25.5	18,000.0	0.04
26.0	18,000.0	0.03
26.5	18,000.0	0.03
27.0	18,000.0	0.03
27.5	18,000.0	0.03
28.0	18,000.0	0.03
28.5	0.0	0.00

### Power and efficiency vs. wind speed

Data used in calculation, Mean air density: 1.192 kg/m<sup>3</sup>

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Cp
1.0	0.0	0.00
2.0	0.0	0.00
3.0	140.7	0.18
4.0	602.3	0.32
5.0	1,378.8	0.37
6.0	2,510.1	0.39
7.0	4,027.2	0.40
8.0	6,101.8	0.40
9.0	8,659.0	0.40
10.0	11,651.1	0.40
11.0	14,771.1	0.38
12.0	17,563.3	0.35
13.0	18,000.0	0.28
14.0	18,000.0	0.22
15.0	18,000.0	0.18
16.0	18,000.0	0.15
17.0	18,000.0	0.12
18.0	18,000.0	0.10
19.0	18,000.0	0.09
20.0	18,000.0	0.08
21.0	18,000.0	0.07
22.0	18,000.0	0.06
23.0	18,000.0	0.05
24.0	18,000.0	0.04
25.0	18,000.0	0.04
26.0	18,000.0	0.03
27.0	18,000.0	0.03
28.0	18,000.0	0.03

Figura 2.2: Curve di potenza ipotizzate nel calcolo

Si noti che, in questa fase preliminare, l'utilizzo di una curva di potenza dedotta da curve di potenza generiche è considerato un approccio tipico, in quanto è difficile ottenere dati da turbine che spesso devono ancora entrare in produzione. E' stata quindi ipotizzata una potenza di 18 MW (come sopra indicato) e una taglia la cui presenza sul mercato è ragionevole al momento della fase di esecuzione di questo Progetto.

<p>COMMITTENTE</p> <p><b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b></p> <p><i>a Company of TOZZIgreen</i></p>	<p>CONSULENTE TECNICO</p> 	
<p>Titolo</p> <p><b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b></p>	<p>Documento N.</p> <p><b>IT034BD001-9S8000</b></p>	<p>Pag. 7 di 9</p>

## 3 ANALISI E RISULTATI

### 3.1 STIMA DELLA RISORSA EOLICA

Poiché non è stata effettuata alcuna valutazione della risorsa eolica specifica dell'area, dove è prevista l'installazione degli aerogeneratori, le informazioni sono state dedotte da dati anemologici disponibili sui database meteo. Da questi database è stato quindi possibile dedurre i dati anemologici necessari alla stima preliminare della producibilità del sito. Vista la fase di progetto e i dati disponibili, non sono state fatte considerazioni dettagliate sulla incertezza della stima di producibilità.

La procedura applicata per ottenere un'analisi preliminare della producibilità di questo sito si compone dei seguenti passaggi:

- ✓ le distribuzioni di frequenza a lungo termine sono state estrapolate orizzontalmente rispetto agli aerogeneratori del Progetto utilizzando accelerazioni derivate da entrambi i modelli di flusso lineare WAsP;
- ✓ alle curve di potenza degli aerogeneratori sono state applicate le distribuzioni di lungo termine presso le sedi degli aerogeneratori;
- ✓ il modello N.O. Jensen (2005) è stato utilizzato per calcolare gli effetti di scia interna.

La stima della resa energetica è stata effettuata all'interno del software WindPRO v3.5 sviluppato da EMD.

Per calcolare gli effetti di scia attesi tra gli aerogeneratori, è stato utilizzato il modello N.O. Jensen (2005) con una costante di decadimento della scia di 0,050, utilizzando il software di interfaccia WindPRO v3.5 sviluppato da EMD. In determinate condizioni, sono note alcune limitazioni al modello N.O. Jensen; tuttavia, queste condizioni non dovrebbero essere prevalenti nel sito di Progetto. Si noti che la modellazione della scia non include un'analisi della turbolenza indotta dalla scia.

### 3.2 DETERMINAZIONE DELLA PRODUCIBILITÀ DEL SITO

La stima della produzione lorda del sito è stata ottenuta incrociando la curva di potenza di un'ipotetica turbina da 18 MW con le distribuzioni di vento. In questo modo è stato possibile determinare l'energia annuale prodotta da ogni singolo aerogeneratore e quindi, moltiplicando per il numero totale degli aerogeneratori, la produzione lorda annuale del parco. Questa producibilità può essere espressa in ore equivalenti di funzionamento su base annua (fattore di capacità). È necessario applicare alla produzione lorda (che considera l'energia massima che l'aerogeneratore può produrre) una riduzione per le perdite di energia, ad esempio associate all'effetto scia tra gli aerogeneratori, tempi di fermo e di manutenzione, perdite elettriche nella trasmissione, restrizioni di rete, ecc. I risultati ottenuti sono riassunti in tabella seguente.

**Tabella 3.1: Produzione preliminare stimata**

	Mingyang MySe 18 - 18 MW
Altezza del mozzo [m]	157
Velocità media del vento media del mozzo WTG [m/s]	7.4
Totale di potenza [MW]	1,422
<b>Produzione lorda di energia [GWh/a]</b>	<b>4,455.1</b>
1. Effetto scia interno	87.0%
2. Effetto scia esterno (interazioni con turbine di parchi eolici limitrofi)	84.8%
3. Disponibilità	97%

COMMITTENTE  <b>TG S.r.l. Energie Rinnovabili</b>  <i>a Company of TOZZIgreen</i>	CONSULENTE TECNICO  	
Titolo <b>Relazione Tecnica Analisi della Producibilità del sito</b>	Documento N. <b>IT034BD001-9S8000</b>	Pag. 8 di 9

	Mingyang MySe 18 - 18 MW
4. Efficienza elettrica	98%
5. Prestazioni della turbina	99%
6. Ambientale	99%
7. Riduzione	100%
8. Altro	100%
<b>Fattore di perdita totale</b>	<b>79%</b>
<b>Produzione netta di energia, P50 (10-anno) [GWh/a]</b>	<b>3,519.8</b>
<b>Fattore di capacità netta, P50 (10-anno)</b>	<b>28.3%</b>

I valori di produzione forniti sono solo stimati, in quanto si basano solo su dati mesoscala relativi al vento. Per questo motivo, non è consigliabile utilizzarli in stime economiche relative al progetto, in quanto l'incertezza ad essi relativa è elevata. Le perdite sopra descritte sono molto preliminari e in fase avanzata del Progetto sarà necessaria un'analisi dettagliata delle perdite. Tutte le perdite si basano sulle esperienze RINA e su dati standard.

Per il fattore di "indisponibilità" è stata considerata una perdita standard del 3% che è stato considerata in accordo alle seguenti assunzioni:

- ✓ **Indisponibilità per manutenzioni preventive/manutenzioni programmate:** Sono le ore che in un anno vengono utilizzate per le manutenzioni preventive che non saranno considerate perdite minori contrattualmente. Di solito secondo O&M si considerano da 30 a 80 ore all'anno e viene utilizzato un valore standard dello 0,5%.
- ✓ **Indisponibilità contrattuale/Disponibilità garantita:** è la disponibilità che il produttore garantisce nel contratto di fornitura. Per la stima preliminare, prima della firma del contratto, vengono utilizzati valori standard basati sulla regione. È stato utilizzato un valore del 2%.
- ✓ **Accesso al sito:** perdite associate ai tempi di fermo per l'accesso all'impianto eolico per motivi ambientali o di altro tipo. Viene considerata una perdita standard dello 0,2%.
- ✓ **Indisponibilità della sottostazione e HVL:** è l'indisponibilità delle infrastrutture del parco eolico tra il punto di connessione e il parco eolico e della rete di trasmissione stessa. Nei paesi e nelle regioni in cui la qualità della rete è elevata, viene utilizzato lo 0,3% delle perdite.
- ✓ **Bilancio dell'impianto:** perdite dovute a tempi di fermo a causa dei componenti compresi tra l'interruttore principale della turbina fino a, e incluso, il trasformatore della sottostazione di progetto e la linea di trasmissione. Viene presa in considerazione una perdita standard dello 0,1%.

### 3.3 CONCLUSIONI

Alla luce delle analisi considerate in questo studio si può stimare una producibilità del sito intorno a 3,519.8 GWh/anno corrispondenti a fattori di capacità pari a 28.3%.