



REGIONE PUGLIA



Provincia di Bari (BA)

TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED
ACQUAVIVA DELLE FONTI

OGGETTO

PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)

COMMITTENTE



BayWa r.e.

OCEANO RINNOVABILI Srl
Largo Augusto, 3
Cap: 20122
Milano (MI)
PEC/mail: oceanorinnovabili@legalmail.it

PROGETTAZIONE

Codice Commessa PHEEDRA: 23_22_EO_TUR



PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90
74121 - Taranto
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285
e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it

Direttore Tecnico: **Dott. Ing. Angelo Micolucci**



01	Gennaio 2024	PRIMA EMISSIONE	MS	AM	VS
REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

OGGETTO DELL'ELABORATO

STIMA DELLA PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	TUR	CIV	REL	028	01	TUR-CIV-REL-028_01	

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028 01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Sommario

1. 	<i>PREMESSA</i>	2
2. 	<i>Caratteristiche Territoriali ed Infrastrutturali del Sito</i>	2
2.1	Inquadramento.....	2
2.2.	Caratteristiche territoriali	4
2.3.	Qualità paesaggistica.....	5
3. 	<i>Regime anemologico</i>	5
4. 	<i>Calcolo di massima delle ore di funzionamento dell'impianto</i>	7
4.1.	Direzione prevalente del vento	8
4.2.	Densità dell'aria	9
4.3.	Curva di potenza aerogeneratore.....	10
4.4.	Modella rugosità.....	11
4.5.	Modellazione effetto scia.....	11
4.6.	Layout turbine	11
4.7.	Correzione delle perdite	12
4.8.	Riepilogo delle perdite.....	15
5. 	<i>Producibilità e calcolo delle ore equivalenti</i>	15
6. 	<i>Conclusioni</i>	17

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-028 01
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

1. PREMESSA

La presente relazione descrive un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell'energia prodotta, attraverso la dedicata rete di connessione, sino alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 6 aerogeneratori ognuno da 6,8 MW da installare nel territorio dei comuni di Turi, Rutigliano e Conversano (BA) su di un'area che interessa la località "Cisterne" con opere di connessione ricadenti nei medesimi comuni e nei comuni di Casamassima e Acquaviva delle Fonti (BA) ed inoltre l'opera comprende la realizzazione di un impianto di accumulo per le Bess Substation da 30 MW e l'autorizzazione per la costruzione della futura stazione elettrica in agro del comune di Casamassima (BA), commissionato dalla società Oceano Rinnovabili Srl.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto interrato che collegherà l'impianto alla futura Stazione elettrica sul territorio di Casamassima (BA).

L'aerogeneratore preso in considerazione per tale progetto (ovvero modello V 162 – 6,8 della Vestas) fa parte di una classe di macchine che possono essere dotate di generatore di diversa potenza, in funzione delle esigenze progettuali.

La presente relazione descrive lo studio anemometrico necessaria al progetto per la realizzazione di un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell'energia prodotta, attraverso la dedicata rete di connessione, sino alla Rete di Trasmissione Nazionale.

2. CARATTERISTICHE TERRITORIALI ED INFRASTRUTTURALI DEL SITO

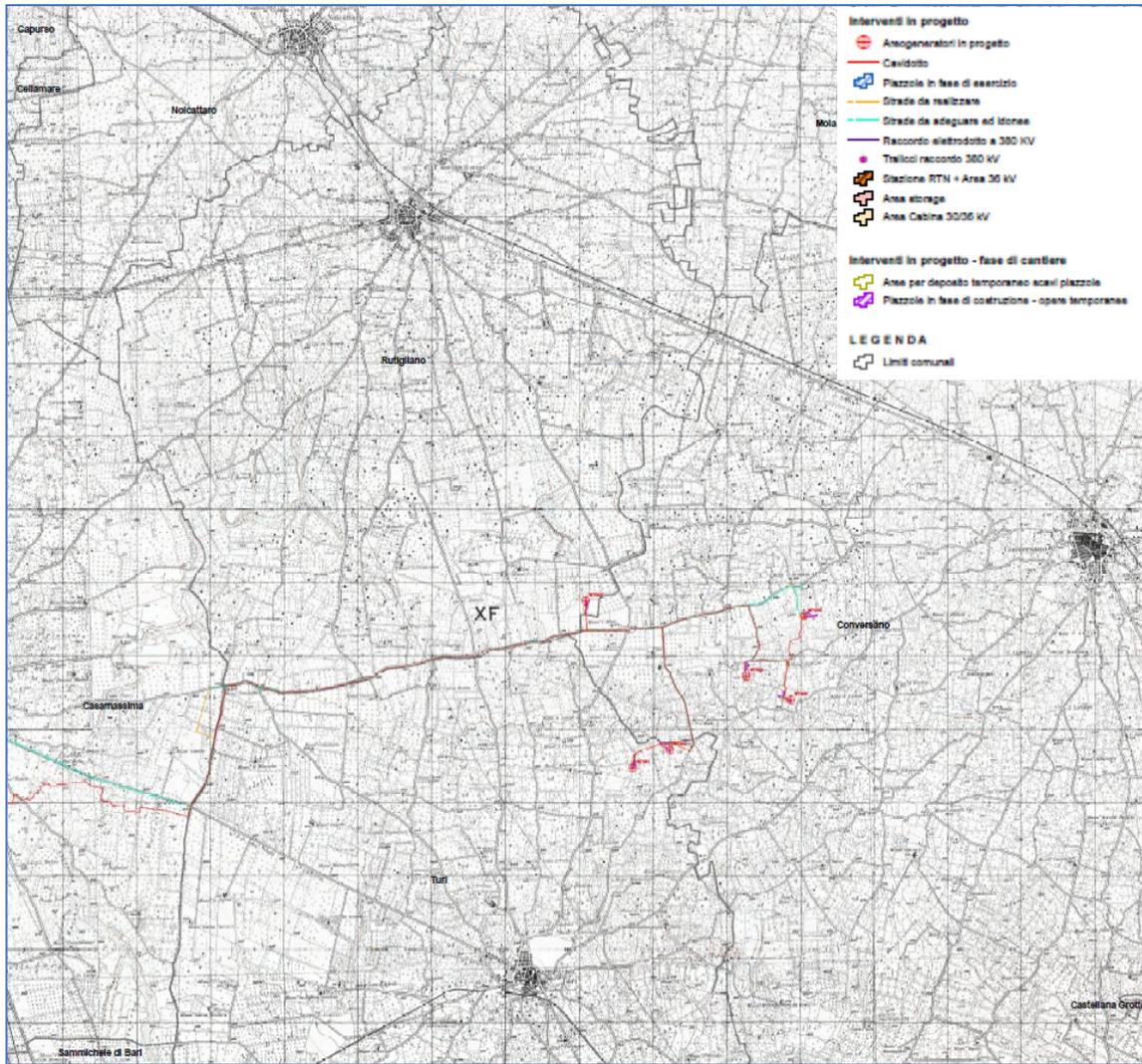
2.1 INQUADRAMENTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 6 aerogeneratori ognuno da 6,8 MW da installare nel territorio dei comuni di Turi, Rutigliano e Conversano (BA) su di un'area che interessa la località "Cisterne" con opere di connessione ricadenti nei medesimi comuni e nei comuni di Casamassima e Acquaviva delle Fonti (BA).

Committente:
Oceano Rinnovabili Srl
Largo Augusto 3
20122 Milano (MI)

PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA
POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI
ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA
COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI
COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO,
CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI
(BA)

Nome del file:
TUR-CIV-REL-028_01



Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

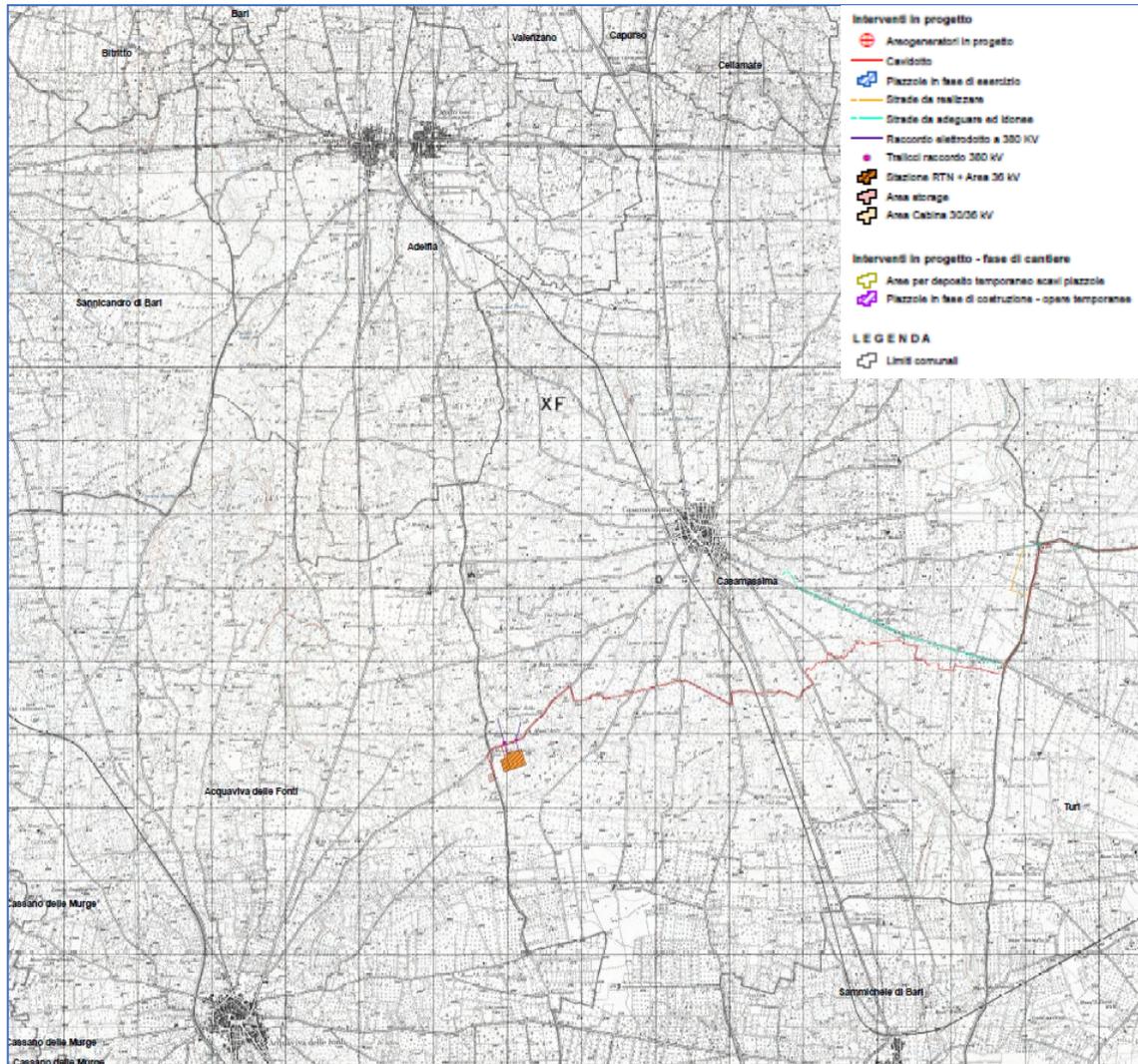


Figura 1 - Inquadramento su IGM

2.2. CARATTERISTICHE TERRITORIALI

Il progetto prevede l'installazione di 6 aerogeneratori ognuno di potenza nominale pari a 6.8 MW. Il modello dell'aerogeneratore previsto è una V 162 - 6,8 MW avente altezza al mozzo 119 m e diametro del rotore 162 m.

Gli aerogeneratori WTG01 e WTG06 ricadono nel comune di Turi, l'aerogeneratore WTG03 ricade nel comune di Rutigliano e gli aerogeneratori da WTG04 a WTG06 ricadono nel comune di Conversano. Tutti gli aerogeneratori rientrano nella località "Cisterne".

Le aree d'impianto sono servite dalla viabilità esistente costituita da strade statali, provinciali, comunali e da strade interpoderali e sterrate.

Il parco eolico è circoscritto dalle seguenti strade provinciali, regionali e statali:

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<p style="text-align: center;">RELAZIONE SULLA PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO</p>	<p style="text-align: right;">Pagina 4 di 17</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-028_01
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

- SP 102 – Strada Provinciale Conversano - Turi
- SP 240 – Strada Provinciali delle Grotte Orientali
- SP 84 – Strada Provinciale Adelfia - Rutigliano
- SS 100 – Strada Statale 100
- SS 172 – Strada Statale dei Trulli
- Strade comunali

L'accesso alle torri è garantito in particolare dalla Strada Provinciale Casamassima – Conversano SP 65, dalla Strada Comunale Cisterna, dal Viale Gravello Bassi e da strade comunali. La viabilità da realizzare non prevede opere di impermeabilizzazione. Sono inoltre previste piazzole in prossimità degli aerogeneratori.

Per la costruzione degli aerogeneratori è prevista la realizzazione di piazzole temporanee per lo stoccaggio e il montaggio. Tali aree saranno dismesse e ripristinate nella condizione ante operam.

La connessione elettrica tra gli aerogeneratori sarà garantita dalla realizzazione di un cavidotto interrato, che si connette alla futura Stazione elettrica presente nel Comune di Casamassima. Nel comune di Acquaviva delle Fonti sarà realizzata la cabina elettrica di trasformazione e l'area adibita al Bess Substation con le relative aree utenti. Il cavidotto sarà realizzato principalmente su strada e solo in via secondaria tramite l'attraversamento dei terreni.

Durante gli studi preliminari, mediante l'interpretazione dei dati rilevati da stazioni metereologiche e dell'aeronautica presenti nella regione è stata verificata la presenza di una risorsa eolica.

In particolare, nell'area di intervento o nelle sue immediate vicinanze saranno installate stazioni anemometriche le cui finalità sono conformi a quanto definito, riguardo ai criteri di realizzazione degli impianti, e le cui specifiche tecniche vengono riportate di seguito.

2.3. QUALITÀ PAESAGGISTICA

Il paesaggio circostante il sito e il sito stesso sono caratterizzati da buona leggibilità e percezione di linearità. Tale circostanza suggerisce un approccio insediativo di inserimento, cioè di conferma e rafforzamento delle linee proprie con le nuove strutture del paesaggio.

3. REGIME ANEMOLOGICO

Nel merito della valutazione illustrativa dell'indice di ventosità e delle conseguenti determinazioni sulla producibilità specifica ci si è avvalsi della Ricerca di Sistema svolta dal C.E.S.I. - Università degli Studi di Genova (Dipartimento di Fisica) nell'ambito del Progetto ENERIN. L'obiettivo della valutazione è stato quello di verificare il seguente aspetto:

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE SULLA PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO	Pagina 5 di 17
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	----------------

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

- valutare la producibilità stimata in termini di effettivo interesse da parte delle aziende di settore.

La Ricerca assunta alla base della valutazione ha messo a punto un metodo di stima della ventosità e della conseguente producibilità energetica partendo dalla simulazione di campi di vento attuata mediante modelli matematici che tengono conto, per quanto possibile, degli effetti prodotti da rilievi montuosi ed ostacoli in genere, oltre che della rugosità superficiale del terreno. La simulazione suddetta è stata sviluppata nel corso del 2000 e 2001 dall'Università degli Studi di Genova - Dipartimento di Fisica, che ha utilizzato il proprio modello WINDS (Wind-field Interpolation by Non Divergent Schemes), derivato dal modello capostipite NOABL con l'inserimento di appropriati algoritmi e modifiche finalizzate a migliorarne le prestazioni. Il modello è quindi da ritenersi modello accreditato (secondo quanto indicato dall'art.6 – Criteri tecnici - comma a)) da enti pubblici e/o di ricerca.

Alla messa a punto di tale modello di simulazione hanno contribuito le analisi basate sulla raccolta ed elaborazione dei dati anemometrici disponibili sul territorio (rete anemometrica ENEL-CESI, rete ENEA, rete dei Servizi Meteorologici dell'Aeronautica Militare e quelli reperiti presso reti regionali ed altre reti - ad es. da piattaforme off-shore).

Ai fini dell'interesse specifico per la presente relazione si evidenziano alcuni aspetti determinanti della stima riportata:

- le valutazioni sono state effettuate in particolare attingendo ai dati di velocità della sola mappa a 50 m dal suolo (l'orientamento attuale della tecnologia determina altezze operative degli aerogeneratori dai 70 ai 100 m di esercizio, introducendo un elemento di tutela rispetto alle determinazioni di massima indicate);
- le mappe riportate forniscono localmente dati più rappresentativi per condizioni anemologiche in condizioni orografiche non riparate, il che è sostanzialmente verificato per le opportunità che offrono le aree eleggibili potenziali;
- la producibilità riportata è desunta dalle seguenti condizioni di riferimento: 100m di altezza slm, ed è da intendersi come producibilità teorica, quindi con disponibilità dell'aerogeneratore pari al 100% e senza considerare perdite di energia di alcun tipo. L'utilizzo del dato di producibilità specifica è quello suggerito dalla stessa definizione;
- stima dell'incertezza dei parametri valutati:
 - +/- 1.5-1.6 m/s a 50 m di quota
 - +/- 1.6-1.8 m/s a 70 m di quota
- ai fini della producibilità riportata si ricorda che, a parte la precisione del modello di simulazione concorrono alla determinazione reali fattori esterni di natura tecnica (curva di potenza dell'aerogeneratore e regime di funzionamento a Pnom variabili per tipologia e marca);
- il calcolo della producibilità specifica si effettua mediante l'analisi di due curve: la curva di distribuzione della velocità del vento all'altezza di mozzo e la curva di potenza dell'aerogeneratore di interesse, pure espressa normalmente in funzione della velocità del vento all'altezza di mozzo. Una valutazione accurata richiede ovviamente una conoscenza altrettanto accurata delle due curve.

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

L'analisi delle mappe riportate individua come eleggibile il contesto territoriale individuato. I valori di riferimento per la velocità media del vento e la producibilità specifica sono desunti dall'atlante eolico della RSE, considerando una griglia formata da riquadri di 1,4 x 1,4 km, che consentono di riportare le seguenti considerazioni finali:

Per l'area riferita alla WTG01 WTG02

- velocità media del vento a 100 m = 6,43873 m/s
- producibilità specifica stimata a 100 m = 4704,91 MWh/MW

Per l'area riferita alla WTG03

- velocità media del vento a 100 m = 6,405310 m/s
- producibilità specifica stimata a 100 m = 4649,22 MWh/MW

Per l'area riferita alla WTG04

- velocità media del vento a 100 m = 6,42373 m/s
- producibilità specifica stimata a 100 m = 4632,68 MWh/MW

Per l'area riferita alla WTG05 WTG06

- velocità media del vento a 100 m = 6,45045 m/s
- producibilità specifica stimata a 100 m = 4658,63 MWh/MW

A tale stima hanno fatto seguito ricerche di settore per verificare la reale fattibilità degli impianti pur con le considerazioni di tutela precedentemente dette. I riscontri avuti consentono di individuare, come area eleggibile dal punto di vista del criterio tecnico rappresentato dall'indice di ventosità, il territorio indicato.

La velocità del vento cresce, quindi, con l'aumentare della quota secondo la legge logaritmica. In base ai rilevamenti effettuati nella zona interessata, desunti i valori di rugosità del terreno e valutata la classe di stabilità atmosferica di Pasquill-Gifford di appartenenza, si è stimato il valore medio annuo della velocità del vento alla quota di 119 m, cioè in corrispondenza del mozzo degli aerogeneratori.

4. CALCOLO DI MASSIMA DELLE ORE DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO

A livello teorico sulla scorta di banche dati esistenti, per rappresentare i dati del vento, si utilizza la funzione di distribuzione di Weibull tale da descrivere in forma compatta la distribuzione di frequenza della velocità del vento. La funzione a due parametri di Weibull è matematicamente espressa da:

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right]$$

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028 01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

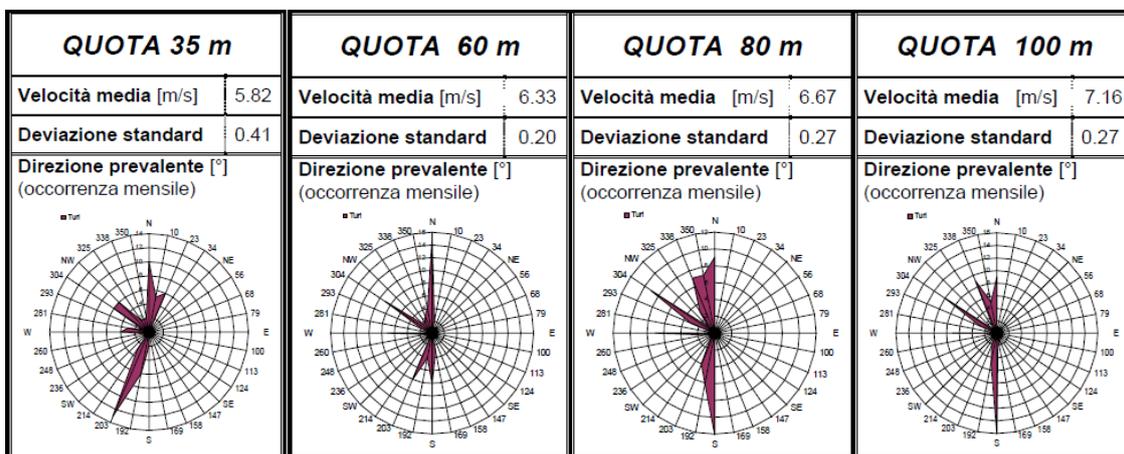
dove $f(u)$ è la frequenza di occorrenza della velocità u . A è il parametro di scala e k il parametro di forma, si ottiene sulla scorta dei dati a disposizione i seguenti andamenti nel dominio delle frequenze, della velocità del vento e della direzione di provenienza.

Pertanto il modello richiede i parametri del territorio quali, l'orografia, la rugosità ostacoli fisici al flusso e i parametri dinamici quali il campo di vento. I primi sono forniti sotto forma di modello territoriale i secondi sotto forma di distribuzione di Weibull.

Si precisa che le elaborazioni, le stime e le valutazioni in seguito descritte sono state effettuate con foglio di calcolo interno per ottenere il calcolo della produzione (teorica massima). Il foglio di calcolo utilizza i dati anemologici in letteratura per il vento geostrofico (vento indisturbato) per una superficie di diversi km di raggio tenendo conto della natura orografica, della rugosità del terreno e dell'eventuale presenza di ostacoli al flusso del vento.

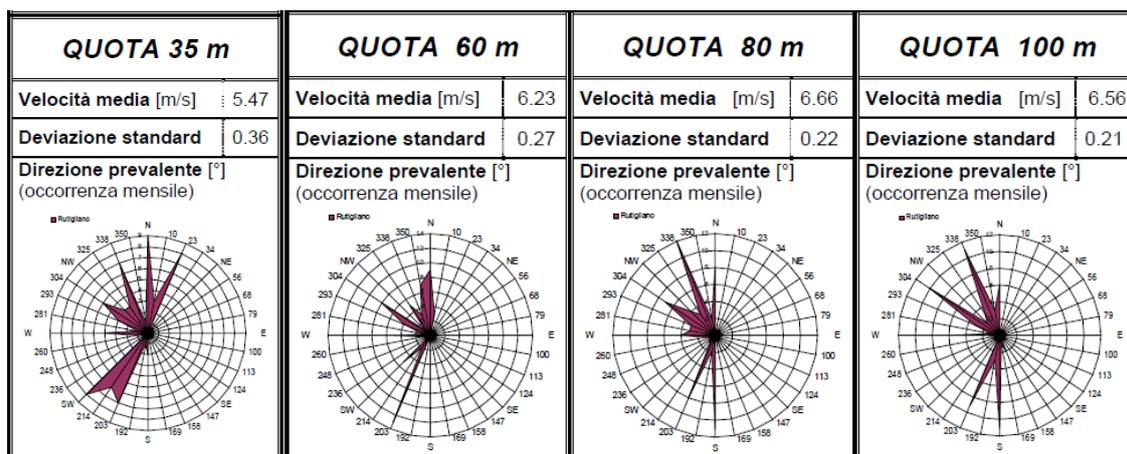
4.1. DIREZIONE PREVALENTE DEL VENTO

La variabilità della direzione del vento è fortemente influenzata dalla micrometeorologia del sito. Siti posti a bassa quota e nei pressi di fasce costiere risentono delle brezze di mare e di brezze di terra locali, che generano una rosa dei venti molto meno articolata rispetto a siti posti a quote intermedie, dove le brezze di pendio e di valle inducono una variazione nella direzione del vento rilevante.

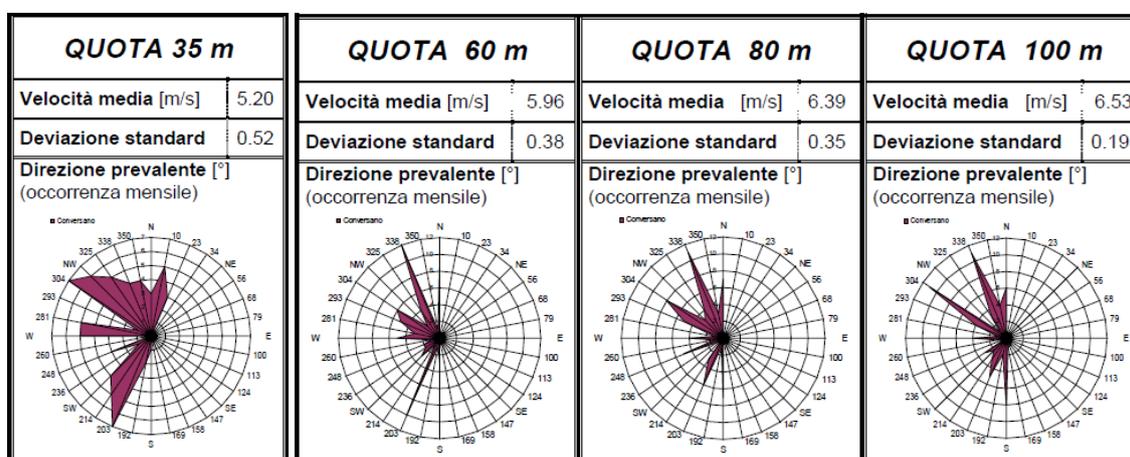


Turi – Atlante eolico della Puglia

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028 01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------



Rutigliano – Atlante eolico della Puglia



Conversano – Atlante eolico della Puglia

Figura 2 - Velocità media annua del vento fino a 100 m s.l.m.m - fonte Atlante Eolico

4.2. DENSITÀ DELL'ARIA

La densità media dell'aria è stata stimata dalla quota media di installazione degli aerogeneratori e dalla temperatura media annua della area di intervento. Data una quota di 100 m sul livello del mare ed una temperatura di 15°C la densità genericamente può essere approssimata a 1,221 kg/m³.

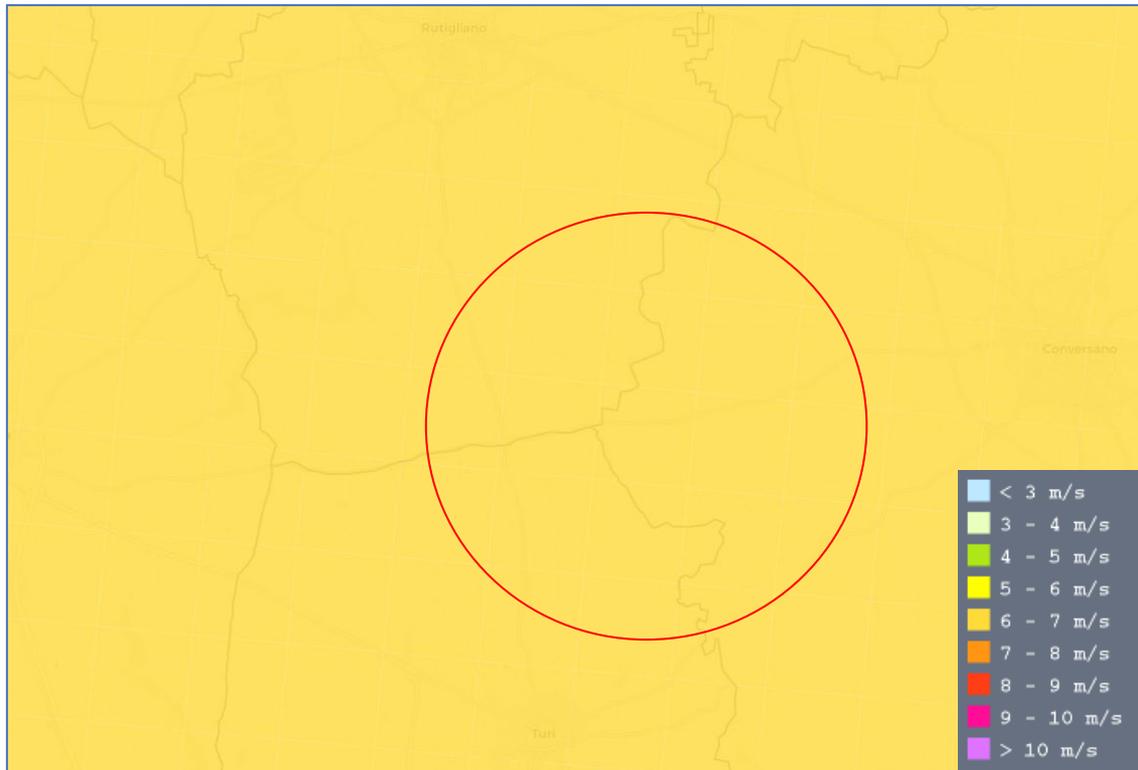
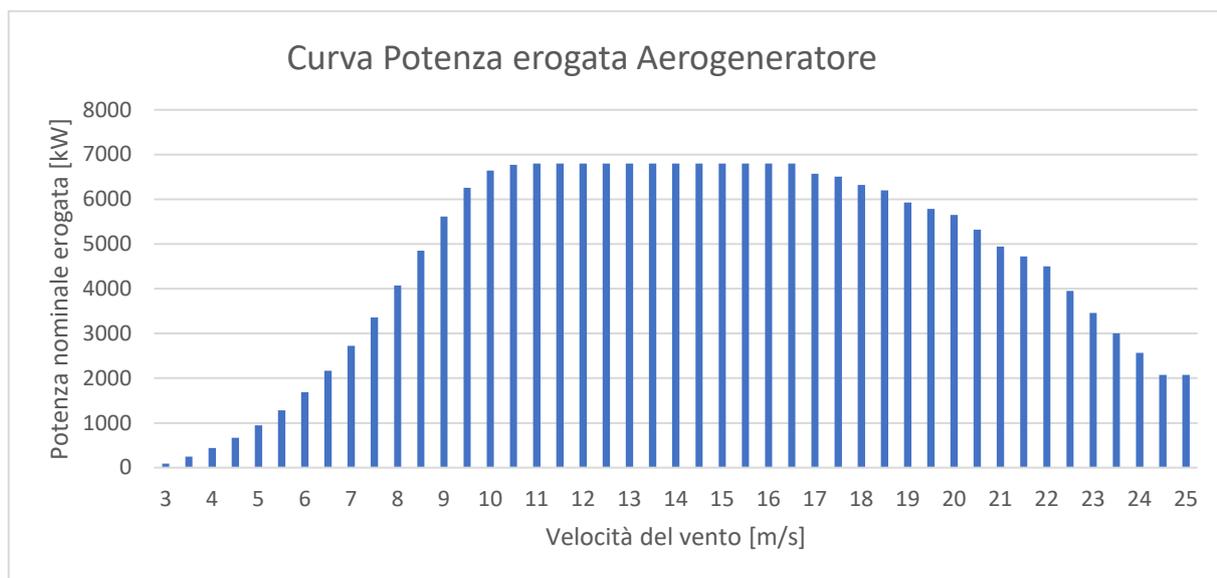


Figura 3 - velocità del vento a 100 m s.l.t.

4.3. CURVA DI POTENZA AEROGENERATORE

La turbina individuata per la costruzione dell'estensione del parco eolico è la V 162 - 6,8 MW della Vestas o similari, con potenza nominale di 6,8 MW ed altezza mozzo 119 m, diametro del rotore 162 m. Da foglio di calcolo interno si riporta la curva di potenza del singolo aerogeneratore.



Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

4.4. MODELLO RUGOSITÀ

L'area individuata per l'installazione degli aerogeneratori è costituita da terreni destinati a coltivazioni di frutteti. Le case sono sparse e di altezza inferiore ai 10 m. Per la classificazione del territorio si è fatto riferimento alla tabella seguente:

Terreno	Classe di Rugosità	Z ₀ [m]
- superfici d'acqua, superficie sabbiosa, nevosa, terreno nudo liscio, zone aeroportuali e stradali erba falciata	0	Da 10 ⁻⁴ a 10 ⁻²
- Zone di campagna con poche case sparse, alberi, case di campagna che consentono la vista dell'orizzonte	1	Da 3 · 10 ⁻² a 5 · 10 ⁻²
- Case che coprono la vista dell'orizzonte	2	Da 7 · 10 ⁻² a 10 ⁻¹
- Molti alberi e/o arbusti, fasce con effetto barriera, sobborghi	3	Da 3 · 10 ⁻¹ a 7 · 10 ⁻¹

4.5. MODELLAZIONE EFFETTO SCIA

La quantificazione dell'effetto scia, riduzione della velocità in corrispondenza del mozzo della turbina posteriore ad un'altra rispetto alla direzione di provenienza del vento, è stato fatto utilizzando il modello Jensen. La costante di decadimento della velocità è stata selezionata al valore standard di 0,075 m. Tale modello permette di calcolare l'efficienza del parco tenendo conto della sovrapposizione della singola scia.

4.6. LAYOUT TURBINE

Coordinate aerogeneratori (UTM33 - WGS - 84)

TURBINA	E (UTM WGS84 33N) [m]	N (UTM WGS84 33N) [m]
WTG01	671661	4534284
WTG02	672162	4534527
WTG03	671020	4536568
WTG04	673201	4535534

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-028_01
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

TURBINA	E (UTM WGS84 33N) [m]	N (UTM WGS84 33N) [m]
WTG05	673805	4535208
WTG06	673989	4536358

4.7. CORREZIONE DELLE PERDITE

La produzione lorda di energia del parco eolico in oggetto non include le perdite che si verificano per la disponibilità della macchina, le perdite per il controllo (isteresi della velocità), le perdite elettriche nelle linee di distribuzione interne al parco fino al punto di misura. Si è tenuto conto di tali perdite considerando un fattore correttivo definito come:

$$E_{net} = J * E_{gross}$$

$$J = \prod_i Lf_i$$

$$Lf_i = \left(1 - \frac{<E_i}{E_{gross}} \right)$$

Turbine

Sulla base dei dati raccolti in letteratura e dalle indicazioni fornite dal costruttore le perdite dovute alla disponibilità delle turbine possono essere stimate in **2.0%**.

Sottostazione e linee interne

Sulla base dei dati raccolti in letteratura e dalle indicazioni fornite dai costruttori di sottostazioni di trasformazione e linee elettriche le perdite per indisponibilità di tali apparati è **0.5%**.

Rete di distribuzione

Si assume un valore del **1.0%**

Perdite elettriche

Considerando il progetto delle linee elettriche e la distribuzione della velocità del vento le perdite dal punto di connessione in bassa tensione ed il punto di misura possono essere stimate in 0.5%, sulla base delle indicazioni derivanti dall'esperienza di gestione di altre centrali analoghe. Le perdite sulle linee, cavidotti interni, dalle turbine al punto di misura sono stimate essere il **2.0%**.

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Sporcamento delle pale e ghiaccio

Sulla base delle indicazioni del sito, assenza di insediamenti industriali, e sulla possibilità di formazione di ghiaccio sulle pale si assume che tale perdita sia del **0.3%**.

Perdite dovute al controllo della turbina

L'algoritmo di controllo di fermo macchina per alta velocità di vento introduce una perdita di energia che non è considerata nella curva di potenza fornita dal costruttore.

L'ammontare di questa perdita è funzione sia dei parametri di controllo che della distribuzione della velocità del vento.

La valutazione di tale perdita può essere fatta considerando che:

$$\langle E \rangle = \int_0^{\infty} P(V) \cdot g \cdot p(V) dV$$

Dove:

$P(V)$ è la curva di potenza della turbina

$p(V)$ è la funzione di probabilità della velocità in sito

g è pari alle seguenti possibilità:

$$g = 0 \text{ per } V \leq V1$$

$$g = \frac{0.5 \cdot (V - V1)}{(V2 - V1)} \text{ per } V1 < V \leq V2$$

$$g = 0 \text{ per } V > V2$$

Con $V1$ è la velocità di restart dopo il fermo macchina per alta velocità (20m/s) e $V2$ è la velocità di fermo macchina. (25m/s)

In tal evento, mediante l'equazione 1, la perdita calcolata è minore dell'0.5%. In ogni caso si assume un valore pari a **0.6%**.

Topografia

L'evidenza sperimentale suggerisce che il modello sottostima le variazioni di velocità all'interno del sito. Per stimare l'ammontare di tale perdita si è considerato un rendimento dovuto alla topografia

$$\Delta E = E \cdot |J_{topog}|$$

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

dove J_{topog} include le perdite per variazione di velocità all'interno del sito e pari a **0,98**.

Fermo preventivo

Per alcune turbine i costruttori prevedono il fermo preventivo quando il flusso proviene da alcuni settori al fine di proteggere le macchine. Nel caso del parco eolico sito nei comuni sopracitati non sono state introdotte restrizioni, pertanto il fattore riduttivo è **0.0%**.

Wind Shear

La velocità del vento varia lungo l'asse del rotore determinando una perdita che può essere valutata con la seguente espressione:

$$\Delta E = E_{grass} (-0.0352 z^2 + 0.1484 z - 0.156) \quad \text{per } z \leq 2$$

$$\Delta E = 0 \quad \text{per } z > 2$$

$$\text{Con } z = \frac{h_{hub} - D}{R}$$

Dove h_{hub} è l'altezza del mozzo delle turbine, D è l'altezza massima Z_0 corrispondente agli elementi di rugosità, R è il raggio del rotore.

In questo caso la perdita sarà pari a **0.0%**.

Crescita degli alberi

L'effetto della crescita degli alberi è modellizzato da un effettivo aumento dell'altezza di ostacoli.

L'ammontare della perdita può essere stimato dalla seguente espressione:

$$\Delta E = E_{grass} (4.04 - 0.29 V_{ref}) \frac{V < h}{(h_{hub} - 0.65h) \cdot \ln\left(\frac{h_{hub}}{h - 0.65}\right)}$$

Dove:

Δh = è l'aumento di altezza degli alberi in un anno,

h = è l'altezza iniziale degli alberi

α = è un fattore che converte la crescita annuale in una media annuale su 10 anni e può essere calcolata come:

$$V = \frac{(10 - 0.5m)m}{10} \quad \text{con } m = \min\left(10, \frac{h_{max} - h}{< h}\right)$$

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-028_01
---------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Fermo macchina per alta velocità

La probabilità di fermo per alta velocità del vento è già determinata dalla probabilità cumulata della curva di Weibull ed estrapolata all'altezza del mozzo.

4.8. RIEPILOGO DELLE PERDITE

Tipologie perdite	Origine	Perdita (%) DE/E	Fattore correttivo delle perdite (Lfi)
Disponibilità (turbine)	Stima	2	0.98
Disponibilità (sottostazione e linee interne)	Stima	0.5	0.995
Disponibilità (Rete di distribuzione)	Stima	1	0.99
Elettriche (in bassa tensione)	Stima	0.5	0.995
Elettriche (nelle linee interne)	Stima	2	0.98
Turbolenza (influenza sulla curva di potenza)	Stima	0.5	0.995
Sporcamento pale (ghiaccio + degrado)	Stima	0.3	0.997
Controllo (isteresi per alta velocità)	Stima	0.6	0.994
Fermo per alta velocità	Calcolato	0	1
Fermo preventivo	Stima	0	1
Topografia	Stima	0	0.98
Wind Shear	Stima	2	1
Crescita degli alberi	Stima	0	1
Prodotto			0.9096

5. PRODUCIBILITÀ E CALCOLO DELLE ORE EQUIVALENTI

La seguente sezione mostra il sommario dei risultati basati, sulle specifiche statistiche di Weibull, sui dati meteorologici, sui dati anemometrici. I calcoli sono stati eseguiti con i metodi in precedenza descritti tenendo in conto anche delle perdite.

N° Generatori Previsti	6
Potenza Nominale	6,8 MW
Altezza Torre	119 m

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: TUR-CIV-REL-028_01
---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Diametro Rotore	162 m
-----------------	-------

I valori della potenza in uscita e del coefficiente di spinta garantiti dal costruttore in funzione della velocità media del vento all'altezza del mozzo e per una densità dell'aria pari a 1,221 kg/m³ sono i seguenti:

Velocità del vento [m\s]	Potenza [KW]	Coef. Spinta [Ct]
3	91	0,28
3,5	250	0,37
4	442	0,41
4,5	668	0,44
5	946	0,45
5,5	1283	0,45
6	1689	0,46
6,5	2166	0,46
7	2724	0,46
7,5	3361	0,46
8	4074	0,46
8,5	4849	0,45
9	5615	0,44
9,5	6256	0,42
10	6640	0,40
10,5	6768	0,37
11	6798	0,35
11,5	6800	0,32
12	6800	0,29
12,5	6800	0,26
13	6800	0,23
13,5	6800	0,21
14	6800	0,18
14,5	6800	0,17
15	6800	0,15
15,5	6800	0,14
16	6800	0,12
16,5	6800	0,11
17	6573	0,10
17,5	6506	0,09
18	6321	0,09

Committente: Oceano Rinnovabili Srl Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)	Nome del file: <p style="text-align: right;">TUR-CIV-REL-028_01</p>
---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

18,5	6203	0,08
19	5931	0,07
19,5	5789	0,06
20	5647	0,06
20,5	5324	0,05
21	4945	0,05
21,5	4725	0,04
22	4502	0,04
22,5	3952	0,03
23	3461	0,03
23,5	3002	0,02
24	2564	0,02
24,5	2074	0,02
25	2074	0,02

Poiché la potenza estraibile da un flusso eolico è direttamente proporzionale alla densità dell'aria, nel caso in cui essa, nelle aree relative al sito in questione, si scosti dal suddetto valore standard è necessario correggere le curve di potenza e del coefficiente di spinta in riferimento alla densità realmente rilevata.

In relazione alle caratteristiche degli aerogeneratori, ai dati anemometrici e in base alla resa degli stessi, in linea generale si è desunta, tramite fogli di calcolo interni, la produttività energetica il cui limite massimo si attesta intorno ai 15.980 MWh/anno per singolo aerogeneratore (comprensiva di perdite effetto scia) in funzione al totale di ore equivalenti annue pari a circa 2.350 (monte ore teorico massimo).

6. CONCLUSIONI

La presente relazione riporta i risultati dell'analisi e validazione generale dei dati di vento per il sito oggetto di studio. Con i risultati ottenuti si è proceduto a valutare una stima teorica della produzione attesa annua sulla base del layout e del tipo di aerogeneratore ipotizzati.

Tale stima di produzione rappresenta la $P_{50\%}$, ossia il valor medio della distribuzione statistica della produzione annua.