Regione Liguria	Comune Cairo Montenotte	Comune Savona	Provincia Savona
REGIONE LIGURIA			PAR PARIBVS

PARCO EOLICO DI SAVONA - LOC. PIANDELMELO (9 MW)

Studio anemologico

Rel. 17

Progetto definitivo

Rev. 00 - Novembre 2023

PROGETTISTA

ING. VIARA SAMUELE

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1949 Dott. Ing. Samuele Viara

Firmato digitalmente da: viara samuele
Ruolo: Ingegnere
Descrizione: Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, Sezione: A, Settore: a-b-c, Numero di iscrizione: A1949, Data di iscrizione: 14/01/2009, Data di abilitazione: 2003 - Sessione n.2
Organizzazione: Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo
Data: 16/12/2023 03:34:04

Bissi Marco
18.12.2023
07:33:39
GMT+00:00

BH Wind s.r.l.
Via Zara, 5
23100 SONDRIO
tel. +39.0342.211159
fax. +39.0342.517163

www.bissiholding.com - info@bissiholding.com
C.F. - P.Iva. 01055440141
R.E.A. SO - 79322
Con Unico Socio

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Bissi Holding S.p.A.

INDICE

1. Introduzione 2

2. Obiettivi dello studio 3

Localizzazione del progetto 4

3. Descrizione dello studio 6

3.1. Metodologia di analisi 6

3.2. Banca dati vento disponibili ed elaborazioni preliminari 7

3.2.1. Caratteristiche della stazione anemometrica 8

3.3. Elaborazione e validazione dei dati vento 8

3.3.1. Analisi dati vento della stazione anemometrica 8

3.4. Modello digitale del Terreno 11

3.5. Layout di progetto del Parco Eolico 13

4. Risultati dello studio 15

4.1. Risorsa eolica dell'area 15

4.2. Risultati di produzione 16

5. Conclusioni 20

1. Introduzione

La Società BHWIND srl (d'ora in avanti denominata "BHWIND") è un'azienda di sviluppo, realizzazione e gestione di impianti industriali e impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, in particolare eolica, e, nel merito, sta sviluppando dei progetti di impianti eolici in Liguria, uno dei quali è situato nei Comune di Savona (d'ora in avanti denominato l'"Impianto"), in provincia di Savona.

La Società BHWIND ha commissionato al Tecnico scrivente, Ing. Samuele Viara, la redazione dello Studio Anemologico.

Il presente documento rappresenta il report dell'attività di analisi e di elaborazione dei dati anemometrici del progetto.

Il lavoro è principalmente basato sulle seguenti informazioni e dati:

- dati di vento misurati in prossimità del sito;
- mappe vettoriali digitali del terreno (SITAR Liguria) ;
- cartografia dell'area (SITAR Liguria);
- caratteristiche e tipologia degli aerogeneratori di progetto.

Diversi sopralluoghi sono stati effettuati in sito per valutare:

- dimensioni del parco eolico e vincoli
- effettuare una valutazione dell'area sia dal punto di vista dell'orografia sia da quello della rugosità;
- verificare la viabilità
- valutare la posizione degli aerogeneratori in rapporto all'orografia del terreno, alla esposizione al vento, agli spazi disponibili ed alla vegetazione presente, al fine di minimizzare gli impatti.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

2. Obiettivi dello studio

Le attività principali del lavoro eseguito e descritto in questo documento sono lo studio anemologico del progetto, basato sui dati di vento monitorati nell'area di interesse, nel comune di Savona, e la stima di producibilità del parco eolico. In particolare gli obiettivi dello studio sono:

- verifica dei dati anemologici disponibili e filtraggio degli stessi;
- modellizzazione del terreno;
- definizione della mappa di rugosità;
- studio di ventosità dell'area ed analisi della turbolenza;
- studio del possibile layout di progetto;
- stima di produzione del parco eolico con il layout di progetto;
- valutazione perdite di scia ed ottimizzazione del layout;
- valutazione della produzione del layout ottimizzato;
- valutazione tecnica finale del progetto.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

Localizzazione del progetto

L'Impianto è localizzato in Liguria, in provincia di Savona, nel territorio comunale di Savona, nella parte settentrionale del territorio comunale, nei pressi di Pian del melo, al confine con il territorio del comune di Cairo Montenotte lungo la SP12.

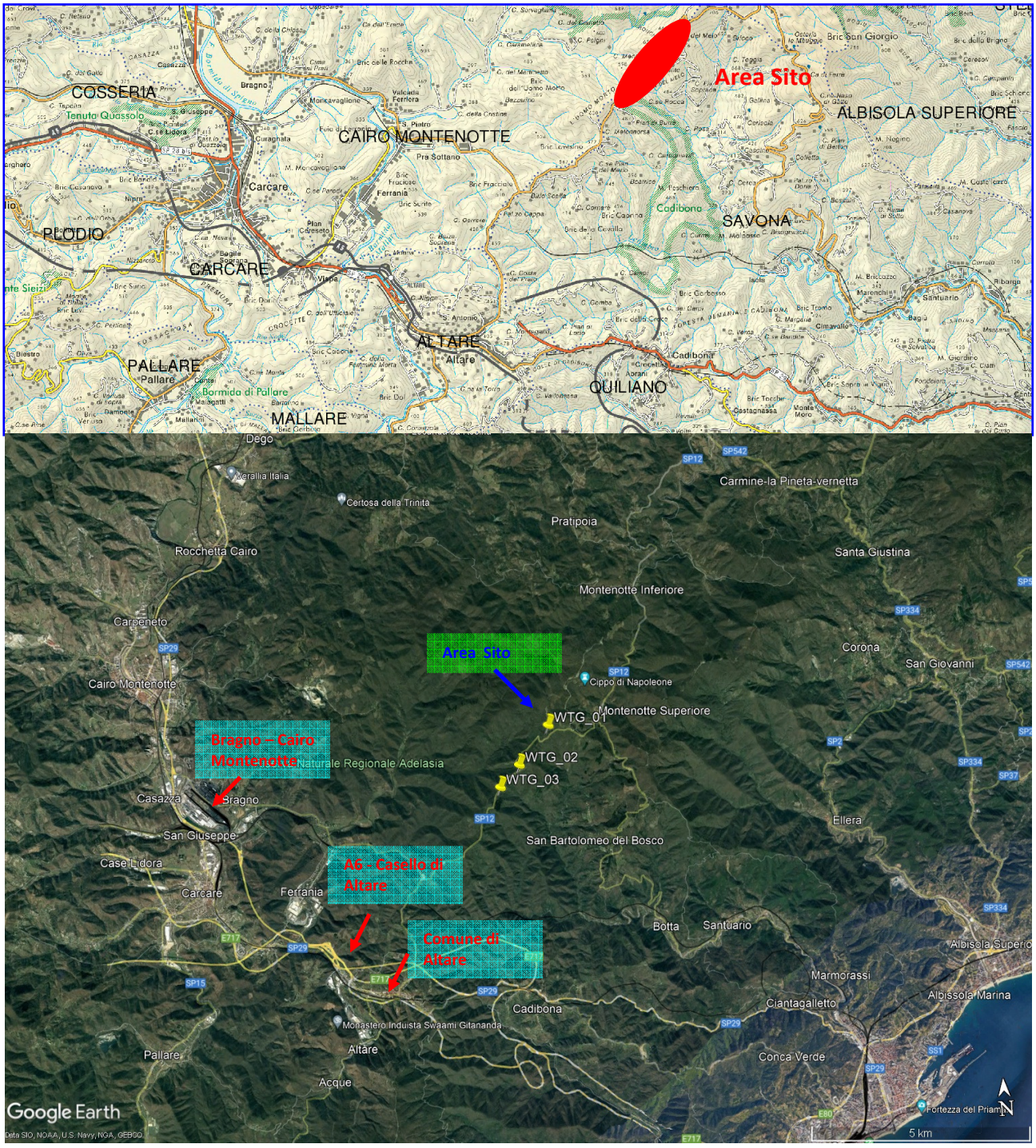


Figura 1 – Inquadramento territoriale dell'area individuata per l'installazione del parco eolico in progetto. (Fonte: Google Earth)

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

I fogli catastali del comune di Savona interessati dall'Impianto sono il numero 1 e il 4, al di fuori delle aree non idonee individuate dalla Regione Liguria con provvedimento del Consiglio regionale numero 3/2009. In Figura 1 si può individuare la localizzazione del progetto su CTR e su Ortofoto (Fonte: Geoportale Provincia di Savona).

Le strade di accesso al sito sono molteplici, a seconda della direzione di provenienza; il sito è a pochi km dall'Autostrada A6 Torino – Savona e facilmente raggiungibile dal Casello di Altare. Relativamente alla viabilità d'accesso, peraltro ottima, si è dedicato una relazione apposita realizzata da un'azienda di trasporto specializzata nel settore dei trasporti eccezionali.

Nel dettaglio, l'Impianto è posizionato in un'area a circa 8 [Km] in direzione Sud-Est dal centro abitato di Cairo Montenotte ed a circa 4,5 [Km] in direzione Nord Est, dalla fermata della stazione ferroviaria di Ferrania, appena al di fuori dell'area industriale di Bragno e Ferrania nel territorio del comune di Cairo Montenotte. Inoltre la distanza dal centro abitato del comune di Savona è superiore a 10 Km.

È facilmente accessibile dalla viabilità principale, e nasce ai margini di un bosco prevalentemente ceduo ad una quota compresa tra i 600 e i 730 metri sul livello del mare sulla parte mediana di un crinale che si sviluppa in direzione Sud Ovest - Nord Est. La posizione, come si potrà constatare dai risultati del presente studio, è ottimale dal punto di vista anemologico. Inoltre la viabilità, le opere da realizzare, la scarsa visibilità dell'impianto, come si può dedurre dalle relazioni e dagli elaborati allegati al progetto, costituiscono delle ottime ragioni per realizzare l'impianto.

L'area circostante il sito è principalmente boschiva con alberi di medio fusto (di altezza media 10 metri) e industriale. Vi è una abitazione in prossimità dell'aerogeneratore più a Nord (WTG_01) ad una distanza superiore ai 350 metri.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

3. Descrizione dello studio

Nel seguito del presente documento saranno sviluppati in dettaglio la metodologia di studio, i dati di input e ciascuno dei punti menzionati nei capitoli precedenti.

3.1. Metodologia di analisi

Lo studio anemologico è stato condotto elaborando i dati raccolti con l'ausilio delle tecniche di analisi e di calcolo più innovative attualmente presenti sul mercato, nel settore dell'energia eolica; in particolare sono stati utilizzati i seguenti software:

Windographer, per il filtraggio dei dati vento e l'analisi statistica dei dati

Global Mapper 13.0, per l'elaborazione del materiale cartografico acquistato presso il SITAR della Regione Liguria, al fine di generare il file di mappa richiesto da Windsim per il calcolo del campo fluidodinamico.

Terrain Editor, della Vector, per la redazione della mappa di rugosità da accoppiare all'orografia del terreno

WindSim 8.1, della Vector, per l'analisi e l'elaborazione delle condizioni di vento, e per la stima di producibilità degli aerogeneratori. Questo prodotto è particolarmente indicato per terreni dall'orografia complessa come il sito in oggetto, in quanto il metodo di calcolo che applica è del tipo non-lineare e permette di simulare fenomeni aerodinamici del secondo ordine.

Excel, della Microsoft, per l'elaborazione finale dei risultati.

La procedura di analisi è stata condotta secondo le seguenti fasi successive:

- analisi preliminare dei dati vento, filtraggio dei dati, preparazione dei dati di input per i software di calcolo della ventosità;
- preparazione del modello digitale del terreno, da dare in input, nel formato e nelle dimensioni opportune, al software di calcolo della ventosità;
- elaborazione del calcolo fluidodinamico, con l'uso di WindSim, e analisi delle condizioni di vento presenti nel sito;
- preparazione del layout di progetto, posizionamento degli aerogeneratori e definizione delle loro caratteristiche tecniche;
- calcolo della produttività dell'Impianto, con l'uso di WindSim;
- calcolo delle perdite di scia, con l'uso di WindSim;

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

- ottimizzazione del layout, al fine di minimizzare le perdite di scia e massimizzare la produzione, nel rispetto della morfologia del sito e nell'ottica di minimizzare tutti i maggiori impatti;
- valutazione della produzione del layout ottimizzato.

3.2. Banca dati vento disponibili ed elaborazioni preliminari

I dati vento utilizzati ed analizzati per lo studio e la progettazione dell'impianto in oggetto sono quelli acquisiti dalla stazione anemometrica installata in prossimità del sito.

La stazione anemometrica da 30 [m] di altezza è stata installata nel territorio del comune di Altare in località Chiappe nel mese di giugno 2015.

In accordo con quanto richiesto dalle Linee Guida Nazionali del 18/09/2010, **Parte III**, punto **13.1**, **b**, **i**, poiché la durata dei rilievi è pari ad un anno, si è redatto il presente studio anemologico. Di seguito i dati della stazione in oggetto:

Descrizione
Posizione anemometro – coordinate UTM WGS84: *Longitudine: E 447495* *Latitudine: N 4910908* *Quota: 497 [m] s.l.m.*
Caratteristiche tecniche *Struttura tubolare in acciaio Altezza 30 [m]*
Sensori e centralina *1 Data Logger NomadDesktop della Second Wind* *2 Anemometro installato a 30 [m] s.l.s – Calibrato* *1 Anemometro installato a 20 [m] s.l.s – Calibrato* *1 Sensore di Direzione installato a 30 [m] s.l.s* *1 Sensore di Direzione installato a 20[m] s.l.s*
Periodo di misura utilizzato *dal 10 giugno 2015 al 10 giugno 2016*

Tabella 1 – Descrizione stazione anemometrica – Località Chiappe Comune di Cairo Montenotte (SV)

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

3.2.1. Caratteristiche della stazione anemometrica

Nella tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche della torre anemometrica da 30 metri.
La posizione della stazione anemometrica risponde ai criteri della normale prassi in tema di misurazioni anemometriche per lo sviluppo di parchi eolici: è ben esposta al vento su tutti i lati e ed è posizionata nei pressi dell'area considerata per lo sviluppo del progetto.
L'installazione della stazione anemometrica è stata effettuata secondo i criteri esposti nella IEC 61400 – 12 – 1 (3rd Edition).
La definizione della posizione della stazione anemometrica è risultata da un compromesso tra la scelta della posizione più adatta, come esposizione al vento, ed il minor impatto ambientale, insieme all'accessibilità da parte della ditta installatrice.
L'esposizione della stazione anemometrica è tale da fornire un ottimo monitoraggio di un'ampia area nel suo intorno.

3.3. Elaborazione e validazione dei dati vento

I periodi di dati vento disponibili dalla stazione anemometrica, sono di 12 mesi.
La tecnologia usata per questa stazione anemometrica è quella standard: i dati sono rilevati dalla centralina di acquisizione Nomad Desktop della Second Wind, e quotidianamente inviati su un indirizzo mail dedicato e periodicamente archiviati in database di back-up.

3.3.1. Analisi dati vento della stazione anemometrica

È stata verificata la validità delle misure per ognuno dei parametri e dall'operazione di filtraggio non sono risultati periodi di malfunzionamento o gelo della strumentazione.

I dati vento disponibili dalla stazione anemometrica descritta al paragrafo precedente, sono riferiti al periodo compreso tra il 10 giugno 2015 e il 10 giugno 2016, per un totale di 12 mesi, pertanto un'intera annualità.

Dall'esame dei dati elaborati in serie temporale, è stata verificata la validità delle misure per ognuno dei parametri che sono stati misurati, mediante un'operazione manuale di filtraggio.

Nelle immagini seguenti sono rappresentate le distribuzioni in frequenza delle misure di velocità rilevate sul sito, nel periodo in esame. Avendo verificato la coerenza dei dati di velocità tra 20 e 30 metri di altezza, analizziamo distribuzioni di frequenza e rose dei venti ad una sola quota.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

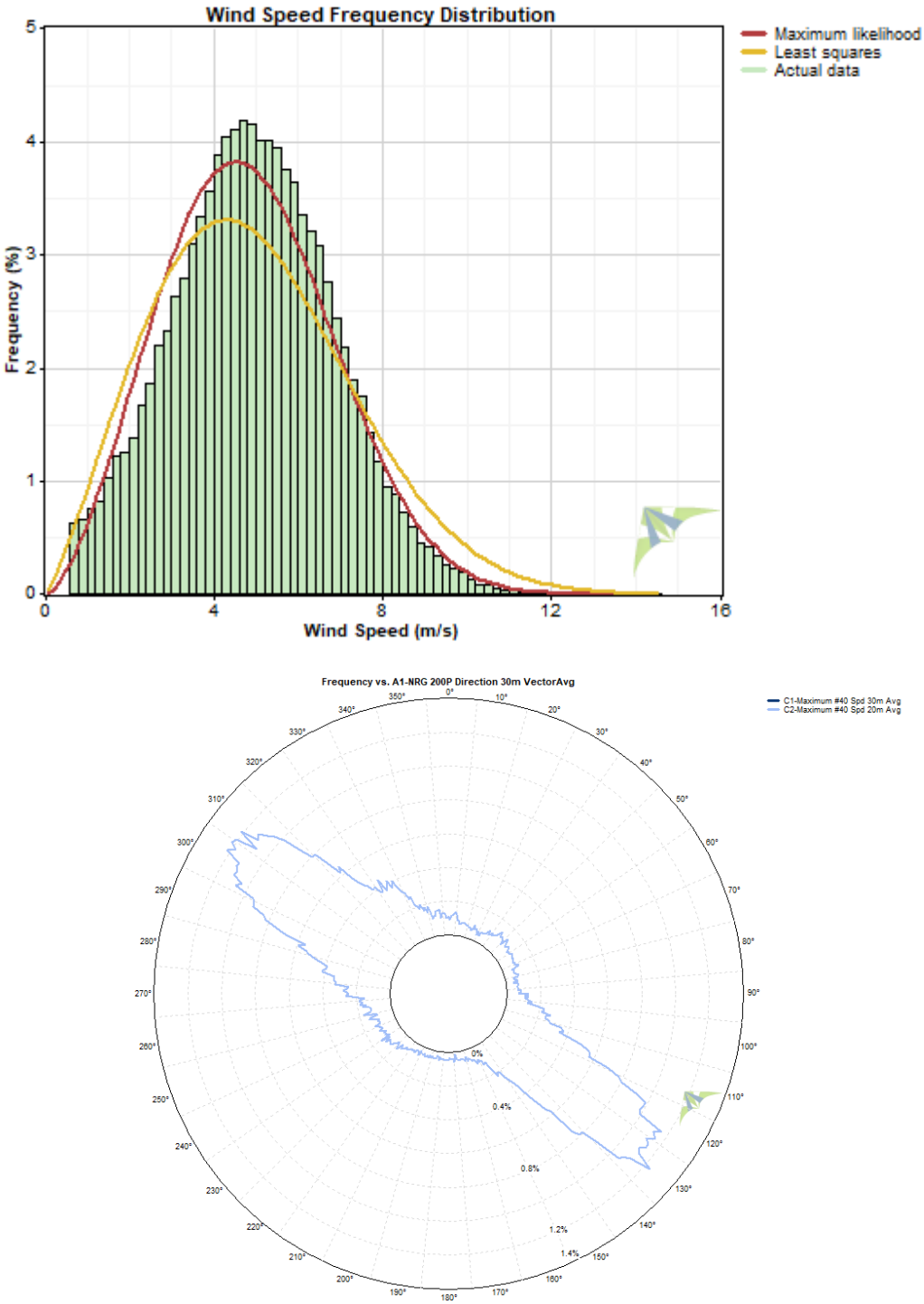


Figura 2 – Distribuzione di frequenza e Rosa del vento misurate a 30 metri di altezza

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

Come si può notare dalla Figura 2 la distribuzione di frequenza relativa a tutti i settori di direzione presenta frequenze mediamente elevate tra i 4 e i 6 m/s. Le direzioni prevalenti sono tra i 300° e i 310° (NORD OVEST) e tra i 120° e i 130° (SUD EST).

Analizzando la distribuzione di frequenza in queste due direzioni che rappresentano le direzioni principali dal punto di vista energetico, come si vede dalla Figura 5, qui di seguito, la distribuzione di frequenza delle velocità presenta il valore di picco praticamente invariato, ma di modulo decisamente superiore.

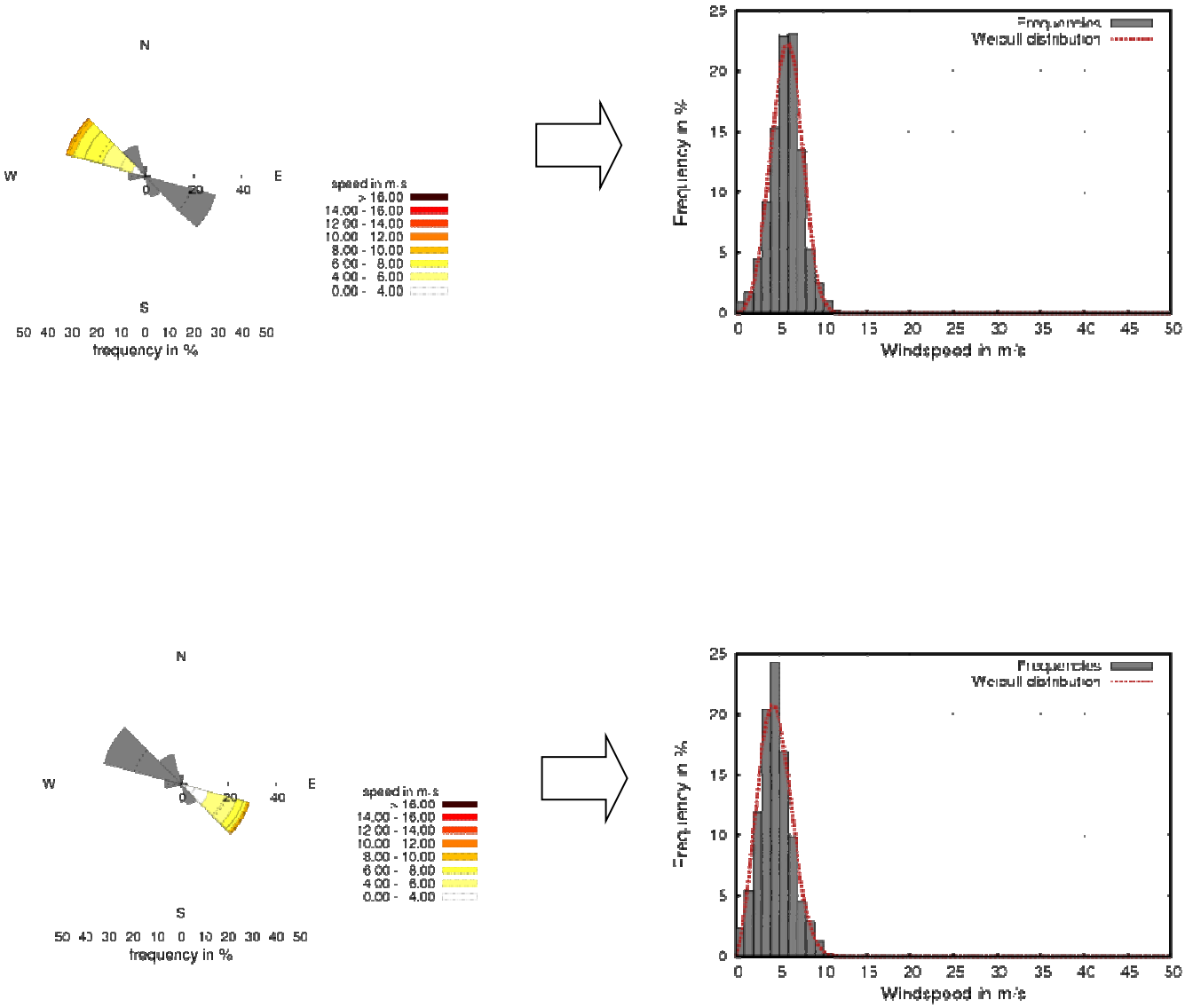


Figura 3 – Distribuzioni di frequenza a 30 metri di altezza nelle due direzioni principali

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

Le informazioni monitorate sono sufficienti per una stima attendibile del potenziale anemologico dell'area.

3.4. Modello digitale del Terreno

Il sito eolico, senza considerare il percorso del cavidotto, si estende su una striscia di circa 1700 [m], su un crinale orientato perpendicolarmente alle direzioni principali del vento in direzione sud ovest / nord est.

L'orografia dell'area oggetto di studio è complessa; per questo motivo, nel calcolo della ventosità con il software Windsim, al fine di ottenere delle soluzioni alle equazioni di Navier Stokes convergenti, il modello del terreno realizzato è stato ottimizzato nel modo seguente:

Modello: Area di 32010 x 35888 [Km], discretizzata con 3.974.240 celle complessive di calcolo e con una risoluzione spaziale su X e Y di 76 [m]

Il calcolo iterativo delle equazioni di Navier – Stokes, atto a definire la soluzione fluidodinamica del flusso del vento sul terreno, ha portato a soluzioni convergenti su tutti e 12 i settori di direzione con valori residui nulli, a riprova della correttezza della soluzione aerodinamica ottenuta. Ciò diminuisce, dunque, anche l'incertezza legata al calcolo finale della producibilità.

La rugosità del terreno, nell'area presa in considerazione, è un aspetto importante ed influente sul profilo dei venti di bassa quota quali quelli considerati nello studio anemologico di un impianto eolico. Proprio per tale motivo e per ottenere valori ancor più realistici, a valle dei sopralluoghi effettuati in loco, e dall'esame delle immagini in ortofoto dell'area, si è realizzata una mappa di rugosità variabile da zona a zona.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

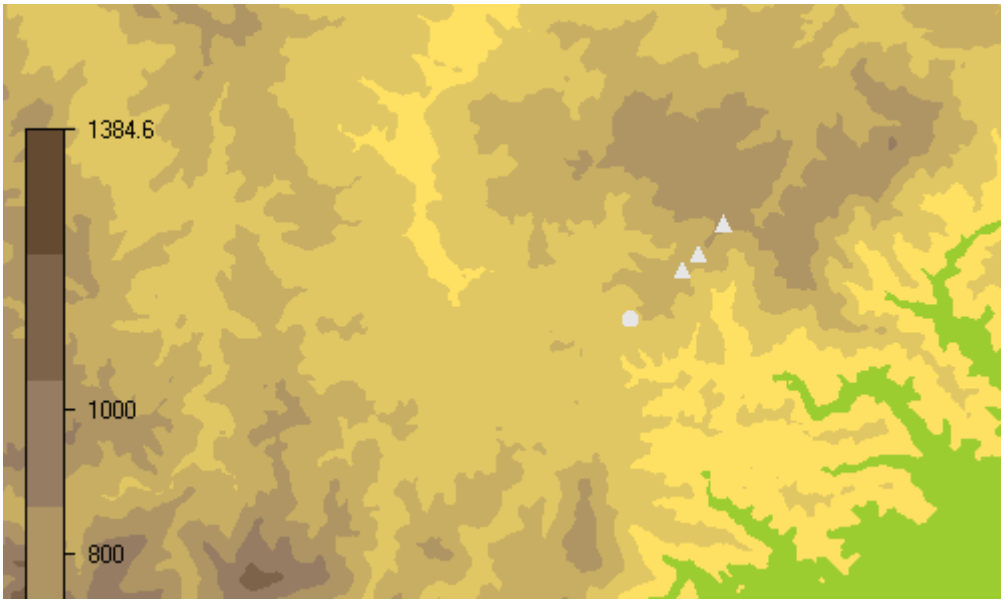


Figura 4 - Rappresentazione del DTM

Nella seguente immagine, è rappresentato il modello digitale del terreno, in 3D, insieme alla localizzazione del sito del progetto.

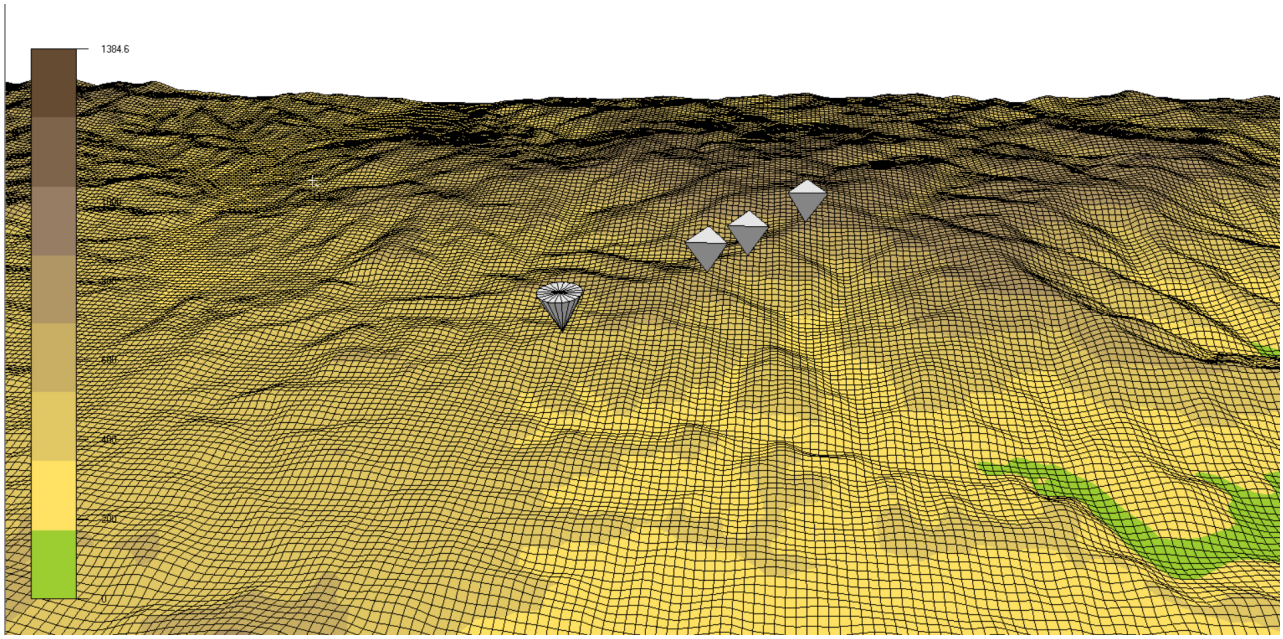


Figura 5 – Modello digitale del terreno, con visualizzazione celle di calcolo. Realizzate con il software WindSim

Di seguito si riporta la mappa di rugosità realizzata come input per il calcolo del flusso del vento. Sono stati considerati valori di rugosità per z_0 da 0,0001 [m], per l'area del sito ed i terreni limitrofi, fino a 1,5 m, per i centri abitati – aree industriali, con tutti i valori intermedi necessari.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

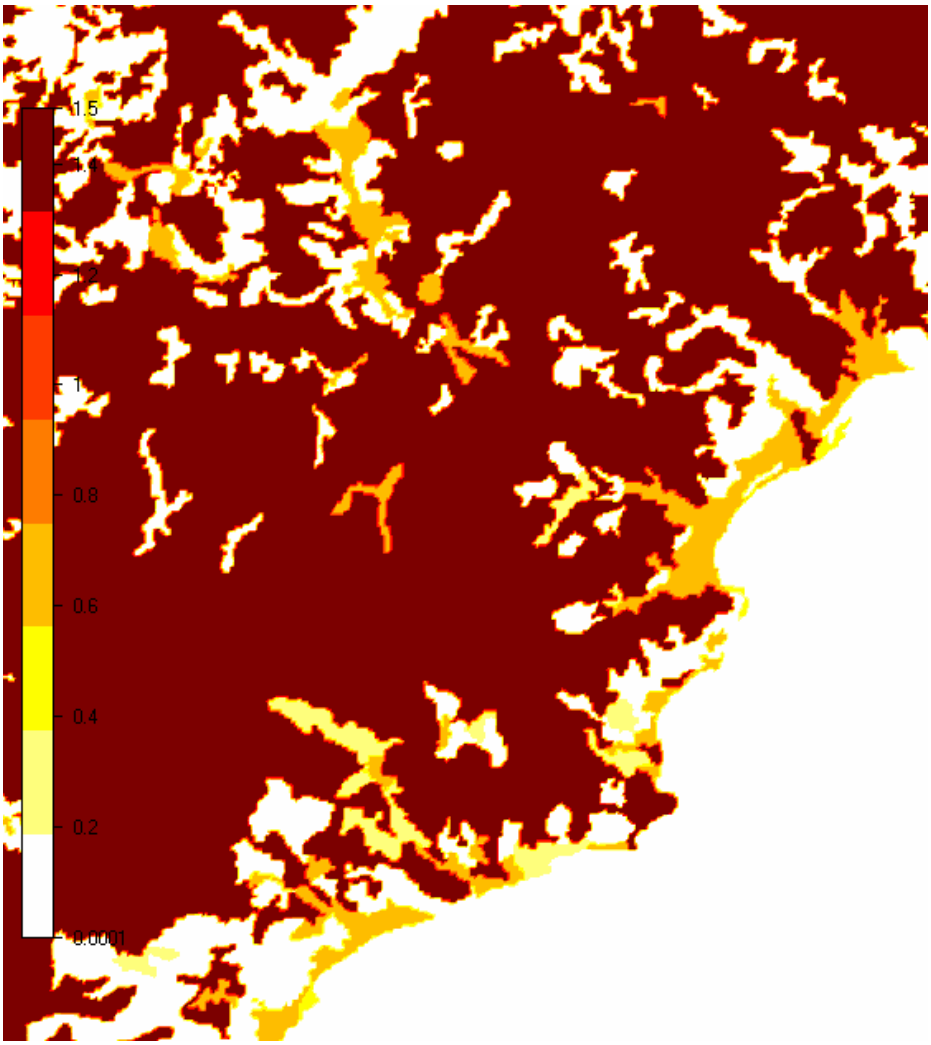


Figura 6 – Mappa di rugosità dell'area utilizzata in input per la realizzazione del modello digitale del terreno con Windsim

3.5. Layout di progetto del Parco Eolico

Il sito di SAVONA – PIAN DEL MELO, prevede quindi un layout definitivo di progetto formato da 3 aerogeneratori.

Tipologia aerogeneratore:

ENERCON E138:

- Altezza mozzo: 111 metri
- Diametro rotore: 138 metri

VESTAS V136:

- Altezza mozzo: 112 metri
- Diametro rotore: 136 metri

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

La scelta delle caratteristiche degli aerogeneratori deriva principalmente dalle seguenti considerazioni:

- Ottima viabilità d'accesso e conseguente facilità di trasporto
- Massimizzazione della Produzione Specifica

Il numero di aerogeneratori del layout di progetto e la loro posizione sono stati definiti in base alle seguenti considerazioni:

- Direzione dei venti prevalenti della zona
- Morfologia e vincoli ambientali
- Distanza dal punto di connessione
- Conformità con le recenti installazioni in aree limitrofe
- Accessibilità
- Tipologia e dimensioni degli aerogeneratori installabili, nell'ottica di massimizzare la potenza specifica

I possibili layout sono stati realizzati nel rispetto dei vincoli suddetti (come si può vedere dalle tavole allegate al progetto) e in base alla risorsa eolica misurata (mappe isovento). L'area dell'impianto è risultata essere in generale molto ventosa, ma soprattutto ideale per il funzionamento degli aerogeneratori, sia in termini di produzione complessiva che di minimizzazione dello stress della macchina. Infatti quest'area rispetto ad altre ha un regime di vento complessivamente costante, bidirezionale, e sempre nel limite di funzionamento dei comuni aerogeneratori.

Lo studio effettuato sul territorio e le successive elaborazioni hanno portato alla definizione di diverse possibili configurazioni; tali configurazioni sono state verificate in base all'accessibilità, all'installabilità, alla morfologia del terreno e soprattutto al fine di ottimizzare la produzione energetica del parco eolico, sia in termini di energia prodotta, sia di ore equivalenti alla massima produzione, nel rispetto dei vincoli precedentemente illustrati, sia di minimizzazione delle perdite per scia e quindi di ottimizzazione del funzionamento delle macchine.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

4. Risultati dello studio

Utilizzando i dati ottenuti dalle elaborazioni descritte in precedenza, si è potuto arrivare alla definizione di un Layout ottimale di impianto attraverso prove di producibilità complessiva ma, prendendo nella massima considerazione anche molti aspetti pratici che consentono l'effettiva realizzabilità dell'opera.

4.1. Risorsa eolica dell'area

La risorsa eolica disponibile nel sito di SAVONA, in località PIAN DEL MELO, è stata valutata elaborando i seguenti dati con il software WindSim:

- Dati vento rilevati dalla stazione anemometrica da 30 metri in prossimità del sito
- Caratteristiche del terreno, quota e mappa di rugosità dell'area, densità media dell'aria ottenuta dalle misure di temperatura in prossimità del sito

Di seguito la mappa di ventosità dell'area a 112 [m] (quota di progetto degli aerogeneratori) con indicazione della posizione degli aerogeneratori nel layout definitivo.

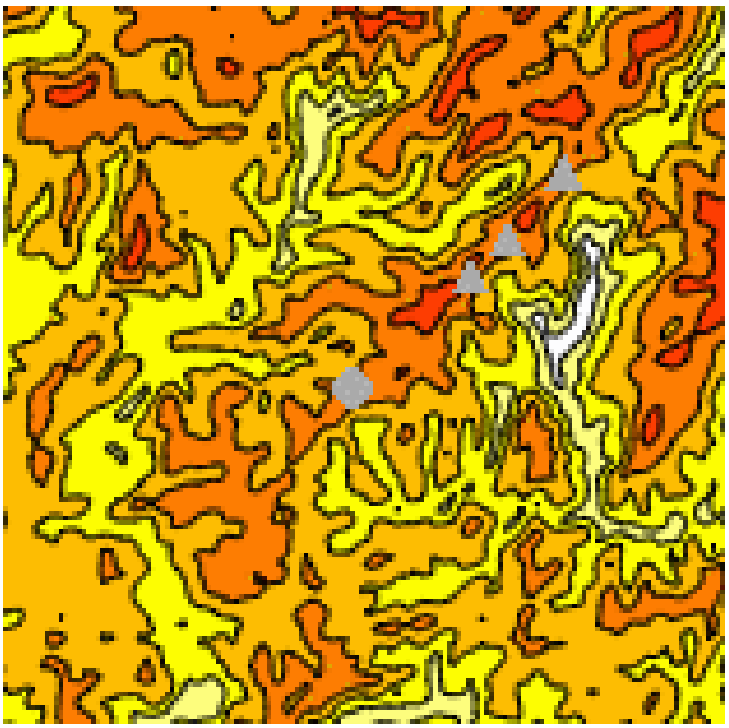


Figura 7 – Mappa isovento a 112 [m] di altezza, software Windsim

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

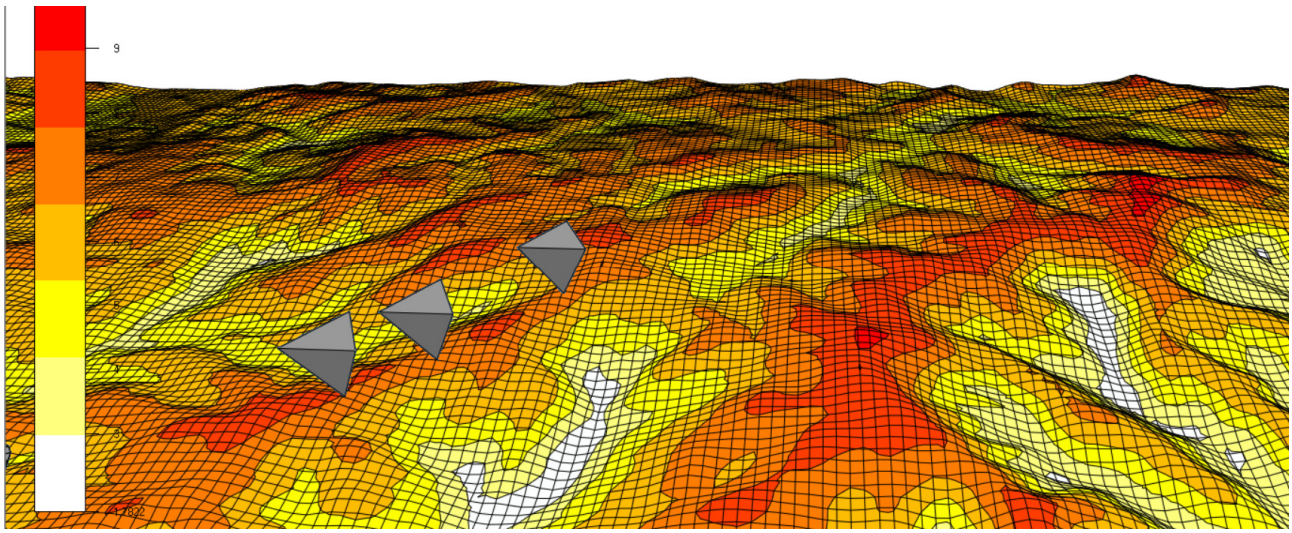


Figura 8 – Mappe isovento a 112 [m] di altezza, visto in 3D, software Windsim

Come si vede dalle figure, gli aerogeneratori sono posizionati nelle aree maggiormente ventose, e tutti insistono su un'area in cui la velocità media bidimensionale del vento, a 115 [m] di quota, è superiore ai 7 [m/s].

4.2. Risultati di produzione

Di seguito, si riportano i risultati del calcolo della produzione del parco eolico, secondo il layout definitivo, per tutti i modelli di macchine applicabili.

Sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Per il calcolo della produzione, si sono prese in considerazione le curve di potenza, certificate dal produttore
- Il calcolo della densità è stato eseguito ad altezza mozzo nella posizione di ciascun aerogeneratore
- I dati di produzione sono integrati con le perdite di scia, calcolate con l'ausilio del software WindSim
- I dati vento considerati sono quelli risultanti dal monitoraggio diretto in sito per un periodo che va da giugno 2015 a giugno 2016, per un totale di **12 mesi di monitoraggio**

Le perdite tecniche generali, considerate in aggiunta alle perdite per scia, sono state così calcolate:

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

→ **Perdita per disponibilità delle macchine:**

3% o 5% (a seconda della macchina) - dato coerente con le prestazioni delle moderne Wind Farm già operative. È un dato legato alla garanzia rilasciata dal singolo fornitore per siti non eccessivamente complessi e/o particolarmente isolati

→ **Perdite elettriche:**

2 % - valore di massima, una definizione più precisa sarà fatta, in fase esecutiva, quando potranno essere definiti esattamente tutti i sistemi elettrici dell'Impianto

→ **Degrado delle pale:**

1% - la produzione delle turbine può essere influenzata da diversi fattori (es.: usura e/o variazione profilo delle pale, stratificazione di insetti, sporco sulle pale, sfogliamento delle pale dovuto al loro naturale degrado etc.). Questi fenomeni, col tempo, vanno a variare il profilo aerodinamico delle pale e, conseguentemente, le loro prestazioni e la produttività della turbina.

→ **Manutenzione della Sottostazione:**

0,2% - La produzione netta di un impianto eolico può essere ridotta a causa dell'impossibilità di consegnare l'energia prodotta in rete per fuori servizio della sottostazione. Usualmente si considera equivalente ad un giorno di manutenzione ordinaria all'anno.

→ **Interruzione della Rete:**

La produzione dell'Impianto potrebbe altresì essere influenzata dall'impossibilità di immettere in rete l'energia prodotta per cause esterne all'impianto. Questa perdita non è stata considerata in questa analisi.

→ **Modello DTM:**

5 % - Modello DTM preliminare con una risoluzione di 76 metri.

Si arriva così ad un totale del 11%-13% di perdite generali oltre alle perdite per scia.

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

N°	Modello	Potenza [MW]	Rotore [m]	Hub [m]	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
3	Enercon E138	4200	138	111	39565	3140
3	VESTAS V136	4500	136	112	42036	3114

Tabella 2 – Risultati produzione con differenti modelli di aerogeneratori

Modelli di aerogeneratori testati

Dal modello testato con generatori **ENERCON E138**, con le seguenti caratteristiche:

- Diametro del rotore di **138 [m]**
- Altezza di torre (hub) di **111 [m]**
- Potenza nominale di ciascun aerogeneratore **4200 [KW]**

Si ricava la tabella di produzione:

Aerogeneratore E138-4,2	AEP lorda [MWh/Anno]	AEP scia [MWh/Anno]	Scia	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
WTG_01	14205.5	14197.2	0.06 %	12494	2975
WTG_02	14992.1	14946	0.31 %	13152	3132
WTG_03	15830.3	15817.5	0.08 %	13919	3314
				39565	

Tabella 3 – Risultati di produzione con l'aerogeneratore ENERCON E138 4,2 [MW]– Hub 111 [m]

Dal modello testato con generatori **VESTAS V136**, con le seguenti caratteristiche:

- Diametro del rotore di **136 [m]**
- Altezza di torre (hub) di **112 [m]**
- Potenza nominale di ciascun aerogeneratore **4500 [KW]**

Si ricava la tabella di produzione:

Aerogeneratore V136	AEP lorda [MWh/Anno]	AEP scia [MWh/Anno]	Scia	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
WTG_01	15029.2	15018.1	0.07 %	13216	2937
WTG_02	15928.8	15869.6	0.37 %	13965	3103
WTG_03	16896.4	16880.4	0.09 %	14855	3301
				42036	

Tabella 4 – Risultati di produzione con l'aerogeneratore VESTAS V136 4,5 [MW]– Hub 112 [m]

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

Poiché il proponente al momento ha accettato a sue spese, due preventivi di connessione, uno in AT a 13,5 MW e un altro in MT a 9 MW, il primo con TERNA e il secondo con E-DISTRIBUZIONE, mantenendo il layout invariato si riporta di seguito anche il caso in cui le macchine, vengano limitate a 3000 KW.

N°	Modello	Potenza [MW]	Rotore [m]	Hub [m]	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
3	Enercon E138	3000	138	111	34887	3876
3	VESTAS V136	3000	136	112	28110	3123

Tabella 5 – Risultati produzione con differenti modelli di aerogeneratori

Modelli di aerogeneratori testati

Dal modello testato con generatori **ENERCON E138**, con le seguenti caratteristiche:

- Diametro del rotore di **138 [m]**
- Altezza di torre (hub) di **111 [m]**
- Potenza nominale di ciascun aerogeneratore **3000 [KW]**

Si ricava la tabella di produzione:

Aerogeneratore E138-3	AEP lorda [MWh/Anno]	AEP scia [MWh/Anno]	Scia	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
WTG_01	12552.8	12547.6	0.04 %	11041	3681
WTG_02	13275.6	13242.4	0.25 %	11653	3884
WTG_03	13864.8	13854.7	0.07 %	12192	4064
				34887	

Tabella 6 – Risultati di produzione con l'aerogeneratore ENERCON E138 3,0 [MW]– Hub 111 [m]

Dal modello testato con generatori **VESTAS V136**, con le seguenti caratteristiche:

- Diametro del rotore di **136 [m]**
- Altezza di torre (hub) di **112 [m]**
- Potenza nominale di ciascun aerogeneratore **3000 [KW]**

Si ricava la tabella di produzione:

Aerogeneratore V136	AEP lorda [MWh/Anno]	AEP scia [MWh/Anno]	Scia	AEP P50 [MWh/Anno]	Ore equivalenti P50 [h]
WTG_01	10158	10155	0.03 %	8936	2979
WTG_02	10680	10664	0.15 %	9385	3128
WTG_03	11129	11124	0.05 %	9789	3263
				28110	

Tabella 7 – Risultati di produzione con l'aerogeneratore VESTAS V136 3,0 [MW]– Hub 112 [m]

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.

5. Conclusioni

Nela caso si consideri il collegamento in AT e quindi la potenza complessiva di 13,5 MW, il modello V136, essendo da 4,5 MW consente di produrre una maggior quantità di energia, mentre se si considera l'aspetto dell'efficienza di macchina, ovvero se si ragiona in termini di ore equivalenti, i due modelli testati sono analoghi e la produzione è, in entrambe i casi, superiore a 3100 ore equivalenti.

Nel caso invece si dovesse considerare l'allaccio in MT, chiaramente l'energia immessa in rete sarà minore, ma soprattutto si nota una grande discrepanza tra i due modelli testati. La curva di potenza della VESTAS, infatti, ha una pendenza decisamente minore di quella dell'Enercon e pertanto raggiunge la potenza di regime a velocità molto elevate. Ciò fa si che, in tale configurazione di connessione il modello Enercon è preferibile.

In ogni caso, sulla base di queste considerazioni, e dello studio effettuato, si ritiene che considerando gli spazi disponibili, i limiti e i vincoli presenti, il sito in oggetto abbia un potenziale eolico

Il presente documento è di proprietà esclusiva della BHWIND srl, non potrà essere duplicato e/o copiato in nessuna delle sue parti. La BHWIND srl si riserva il diritto di ogni modifica.
This paper is BHWIND srl's exclusive property. No copies and/or duplications of any of its parts whatsoever are allowed. BHWIND srl reserves the right to modify it at any time.