# REGIONE CAMPANIA
# PROVINCIA DI BENEVENTO
## COMUNI DI MORCONE E CAMPOLATTARO

# REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA NEI COMUNI DI MORCONE E CAMPOLATTARO (BN)

PROGETTO DEFINITIVO

## REMCA_R6

ANALISI DELLA PRODUCIBILITA' ATTESA, CARATTERISTICHE ANEMOMETRICHE DEL SITO, MODALITA', DURATA DEI RILIEVI RISULTANZE SULLE ORE EQUIVALENTI ATTESE

| REVISIONI | N. | DATA | DESCRIZIONE | RED. | VER. | APP. | SCALA: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | 20/07/2020 | Prima emissione | | | | |
| | | | | | | | CODIFICA: P.D |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |


PROGETTAZIONE

ENERGY & ENGINEERING S.R.L.

Via XXIII Luglio 139

83044 – Bisaccia (AV)

P.IVA 02618900647

Tel./Fax. 0827/81480

pec: energyengineering@legalmail.it

IL PROGETTISTA

Ing. Davide G. Trivelli

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI AVELLINO – DOTT. ING. DAVIDE GIUSEPPE TRIVELLI – N. 2066 – ISCRITTO NEL SETTORE E AMBIENTALE INDUSTRIALE - INFORMAZIONE – SEZIONE A

IL COMMITTENTE

Renexia SpA

Viale Abruzzo 410

66100 – Chieti Scalo (CH)

P.IVA 02192110696

Tel. 0871 58745

# Analisi Anemologica

## Progetto definitivo

Realizzazione di una centrale eolica
Comuni di Morcone e Campolattaro (BN)

# Indice

1 Descrizione progetto ..... 3
1.1 Premessa ..... 3
1.2 Introduzione ..... 3
1.3 Inquadramento geografico ..... 3
2 Anemometria e misurazione della fonte primaria ..... 4
2.1 Stazione anemometrica ..... 4
2.1.1 Caratteristiche della stazione ..... 6
2.1.2 Coordinate della stazione ..... 6
2.2 Elaborazione dei dati anemometrici ..... 6
2.2.1 Condizioni climatiche dell'area ..... 9
3 Previsioni di produzione ..... 9
3.1 Modello tridimensionale del terreno ..... 9
3.2 Mappatura del vento ..... 10
3.3 Aerogeneratore ..... 11
4 L'impianto ..... 14
5 Calcolo della resa energetica ..... 15
5.1 Calcolo della resa energetica ideale ..... 15
5.2 Calcolo della resa energetica reale ..... 16
5.3 Livelli di eccedenza ..... 17
6 Conclusioni ..... 19

# 1 Descrizione progetto

## 1.1 Premessa

L'Energia, tanto il suo sistema di produzione quanto la modalità di consumo, è strettamente legata, e di certo ne costituisce una delle cause principali, al problema del progressivo inquinamento atmosferico e alle conseguenze che da ciò scaturiscono.

L'effetto serra e le piogge acide ne sono un esempio. Il primo trae la sua origine dall'emissione in atmosfera di gas derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili, mentre le piogge acide sono generate dai sistemi di produzione di energia che sfruttano combustibili fossili con rilevante presenza di zolfo.

Il problema si aggrava se si considera che appena un terzo della popolazione mondiale, ovvero quella dei paesi più industrializzati, ha un livello medio di consumo di energia tale da lasciar prevedere che la situazione diventerà fisiologicamente insostenibile non appena si accentuerà il processo di integrazione tra i paesi industrializzati e quelli in via di sviluppo.

La preoccupazione crescente per il problema ambientale, così come per il preservarsi della biodiversità e della salute pubblica, ha contribuito ad una presa di coscienza del problema energetico da parte dei governi di numerosi paesi ed ha portato alla stipula di un concordato per affrontarne le conseguenze. Nel 2012 le Nazioni Unite hanno tenuto a Rio de Janeiro la Conferenza sullo sviluppo sostenibile ribadendo quanto già espresso nella terza conferenza mondiale sul tema tenutasi a Kyoto nel Dicembre del 1997, nella quale è stato posto un limite all'incremento dei gas serra.

Il raggiungimento di questo obiettivo assieme allo stabilizzarsi di una situazione ambientalmente sostenibile che consenta il miglioramento del livello attuale di benessere, esige una profonda modifica del modello attuale di produzione di energia, aspetto che non può che avvenire attraverso una progressiva sostituzione di tutte le fonti fossili con fonti pulite e rinnovabili.

I vari sistemi di sfruttamento delle diverse fonti rinnovabili hanno raggiunto attualmente un differente grado di maturazione tecnologica. Per alcune fonti lo sfruttamento non è al momento percorribile economicamente. Tuttavia in qualche caso si è raggiunto un livello di maturazione tecnologica tale da rendere possibile il realizzarsi di un grado di utilizzo compatibile con gli obiettivi fissati. E' il caso dell'energia eolica che per le sue caratteristiche tecniche, ambiental, sociali ed economiche, risponde alle esigenze di diversificazione energetica e di riduzione del livello di contaminazione atmosferica che la situazione attuale impone.

## 1.2 Introduzione

La presente relazione è stata redatta al fine di descrivere le principali caratteristiche tecniche e la producibilità dell'impianto eolico ubicato nei comuni di Campolattaro e Morcone (BN).

Il progetto prevede l'installazione di 11 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 4.5 MW per una potenza complessiva pari a 49,5 MW.

## 1.3 Inquadramento geografico

L'area dove si intende effettuare la costruzione del parco si trova sull'area comunale di Morcone e di Campolattaro, in provincia di Benevento, in una zona rurale a circa 2 km a nord dal centro abitato di Morcone e a sud a 3,5 km da Pontelandolfo (Figura 1).

Il sito si presenta molto esteso ed esposto a venti predominanti, con una morfologia montuosa-collinare con notevoli pendenze e con pochi ostacoli naturali e con vegetazione a macchia, favorendo le attività seminative e di allevamento. L'altitudine media della zona interessata è di circa 700 m s.l.m.

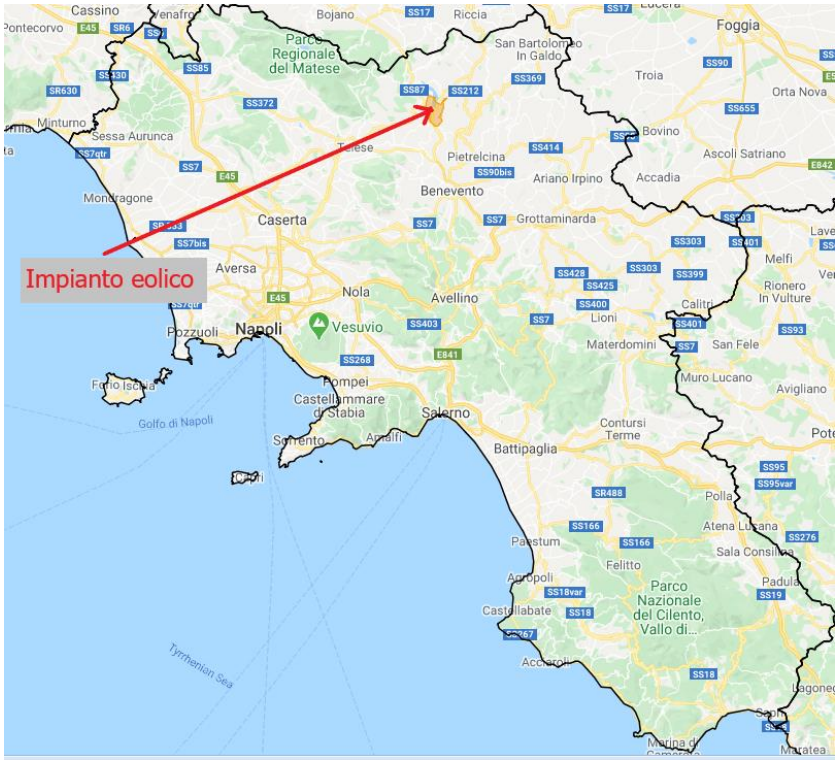


Figura 1. Inquadramento geografico

# 2 Anemometria e misurazione della fonte primaria

## 2.1 Stazioni anemometriche

Le 2 stazioni anemometriche usate per la realizzazione di questa analisi sono istallate nelle vicinanze del progetto "Morcone- Campolattaro". Si tratta di un palo anemometrico di 50 m di altezza installato nel 2011 e di una torre tralicciata di altezza 110 m istallata nel 2019 che offrono una buona disponibilità di dati per poter elaborare una analisi di stima di produzione.

Le caratteristiche dimensionali del traliccio e dei bracci di sostegno dei sensori, nonché di tutta la componentistica ancillare (cavi, parafulmine, ecc.), rispettano le prescrizioni imposte dallo standard internazionale previsto della IEC.

Nell'immagine sottostante viene illustrata il tipo di torre tralicciata installata nonché gli spazi utilizzati per l'insediamento della struttura sul terreno. Si possono apprezzare anche l'ubicazione e le altezze dei diversi sensori installati con la TA.

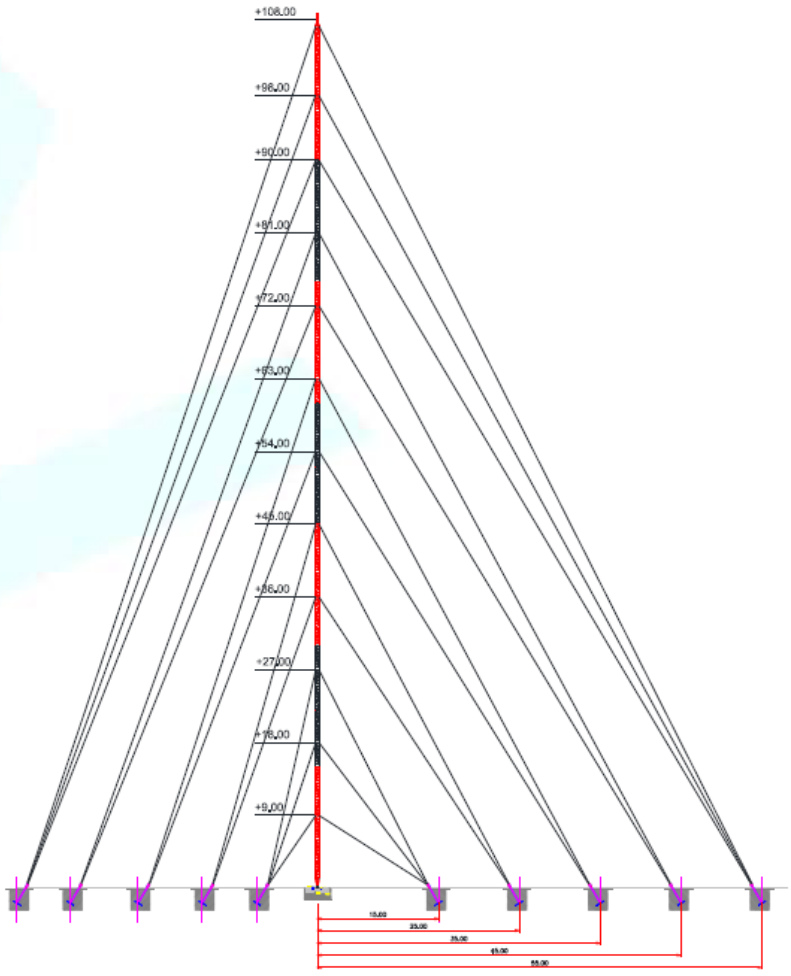


Figura 2. Immagine della Torre Anemometrica

## 2.2 Elaborazione dei dati anemometrici

Il totale della campagna anemometrica copre un arco temporale di circa 9 anni tra il 2014 e il 2020, dati sufficienti per poter validare un periodo idoneo allo scopo della valutazione del potenziale eolico della zona.

Durante questo arco temporale di misurazione ci sono stati alcuni periodi di assenza di dati o di registrazione ritenuta non idonea. Questi momenti, chiamati anche "buchi", non raggiungono una percentuale che possa in alcun modo influenzare o invalidare i dati che compongono il set di dati.

La climatologia della risorsa vento è rappresentata da una rosa dei venti, che rappresenta la distribuzione media della velocità divisa in intervalli di velocità (bin) e direzioni del vento (settori).
La media annuale della velocità del vento calcolata a 105 m risulta pari a 6,9 m/s.

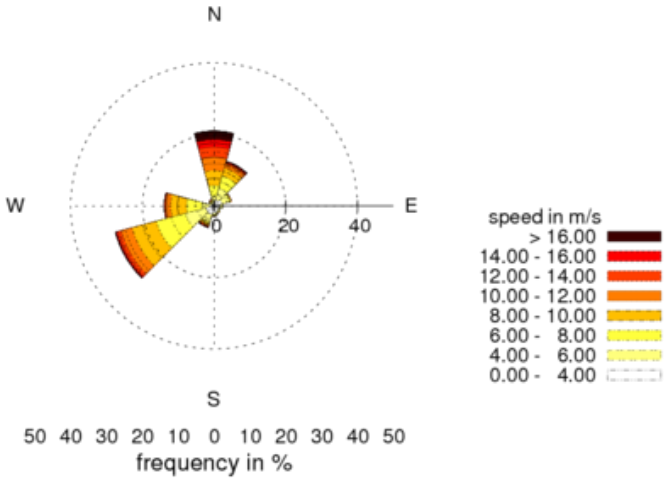


Figura 6. Rosa dei venti

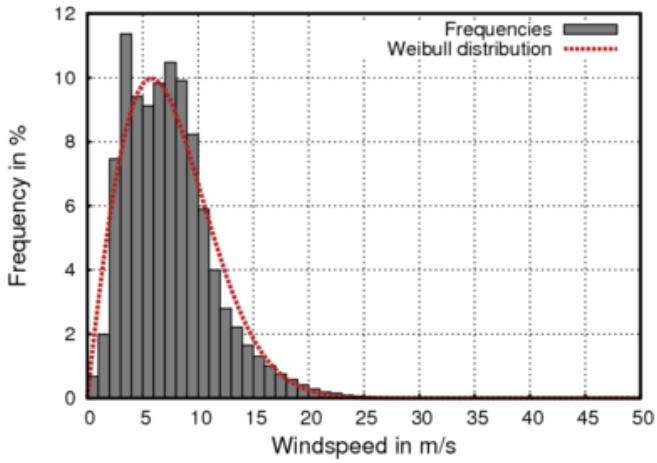


Figura 7. Distribuzione di Weibull

### 2.2.1 Condizioni climatiche dell'area

Nell'aerea in esame si può descrivere il clima, ad eccezione di alcuni cambiamenti denunciati negli ultimi anni, in caldo secco nel periodo estivo con lunghi periodi di siccità e nel periodo invernale freddo umido con sporadiche nevicate e gelate.

La temperatura media si attesta intorno ai 10°C. Considerando quindi una altezza media sul livello del mare pari a 700 m, si dovrà considerare, per la densità dell'aria, un valore uguale a circa **1,12 kg/m$^3$**.

# 3 Previsioni di produzione

Per le previsioni di produzione elettrica del progetto vengono utilizzati diversi software capaci di elaborare una previsione di produzione partendo da dati empirici rilevati sul terreno interessato. In questo, trattandosi di un sito complesso, è stato utilizzato il software Windsim per stimare la risorsa eolica.

Il software si basa fondamentalmente su 3 grandi dati di input: Modello digitale del terreno (DTM), analisi della misurazione della risorsa eolica ed il tipo di aerogeneratore.

## 3.1 Modello tridimensionale del terreno

Per la caratterizzazione anemologica dell'area in esame si è provveduto alla realizzazione di un modello orografico di dimensioni opportune che descrive l'andamento altimetrico della zona interessata. In particolare, il modello ricopre una superficie che si estende fino a coprire una distanza pari di 30 km dai limiti definiti dal layout d'impianto:

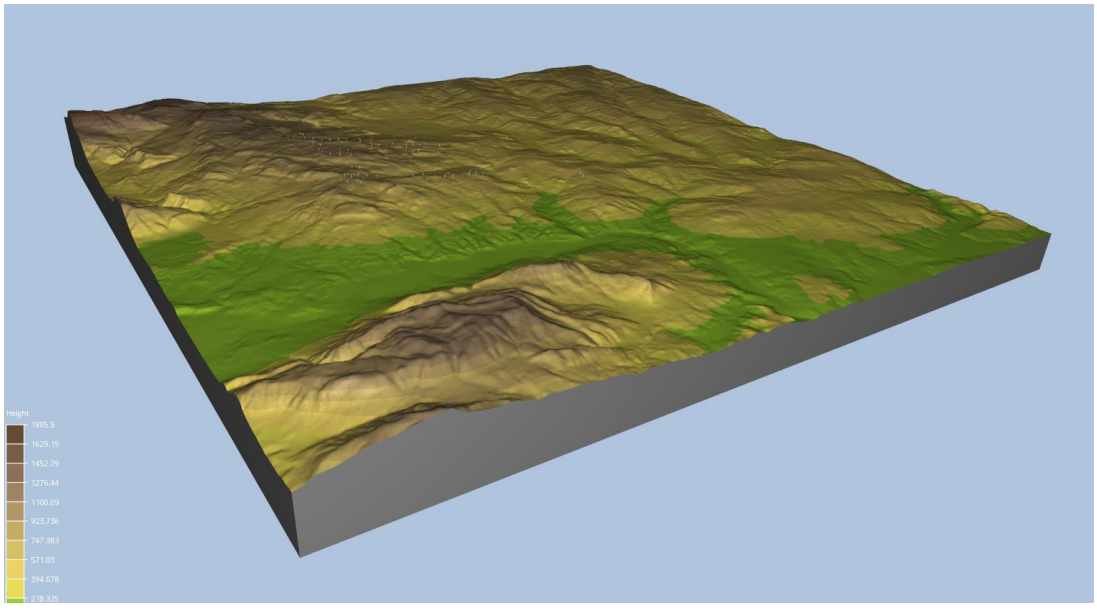


Figura 8. Modello digitale del terreno 3D

La mappa digitale ottenuta è stata utilizzata come primo input per la simulazione del campo di vento sul sito. Al modello orografico deve essere assegnato un valore di rugosità che dà un'idea chiara delle proprietà della superficie del terreno. I valori di rugosità più elevati (1.5 colorazione rosso intenso) rappresentano zone con più ostacoli per la propagazione della risorsa vento.

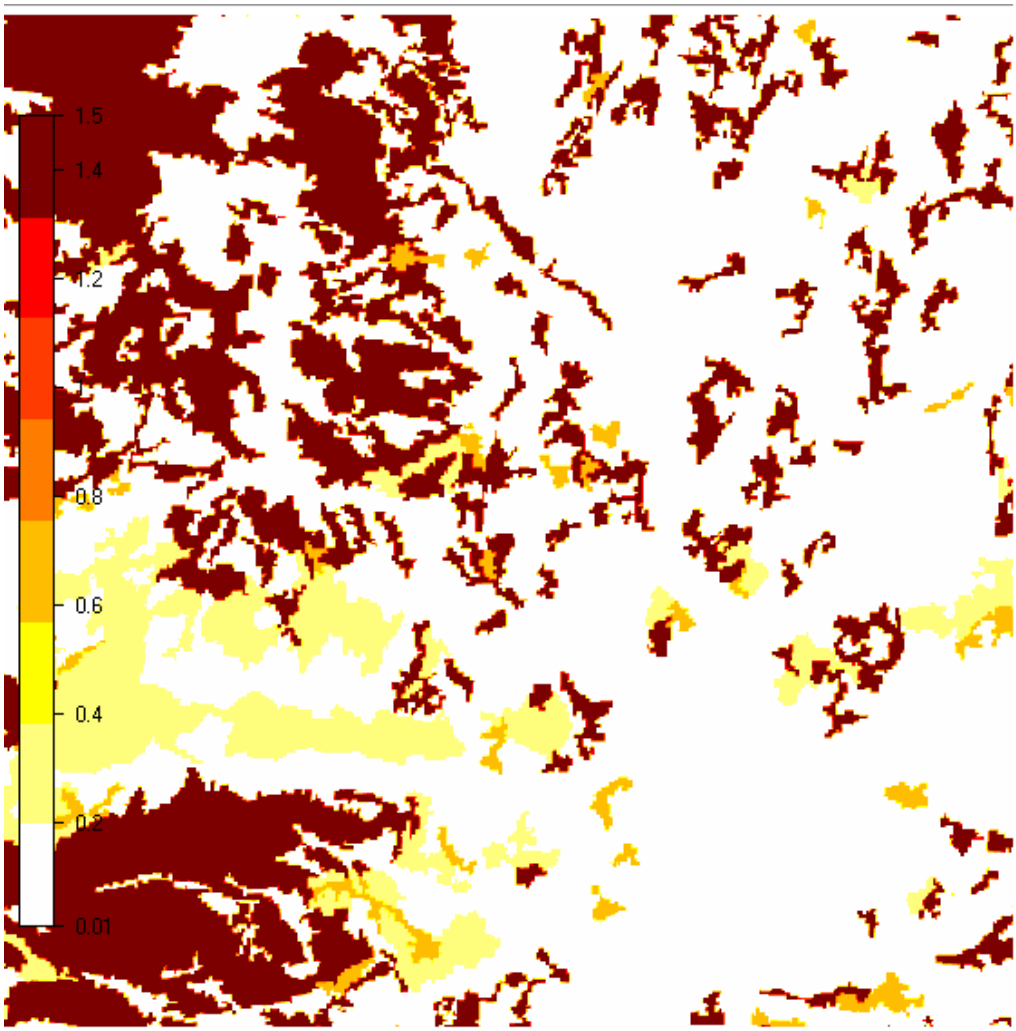


Figura 9. Rugosità del terreno.

I dati di elevazione e rugosità definiti sopra vengono utilizzati per definire il modello tridimensionale del suolo diviso in celle con una risoluzione orizzontale e verticale variabile.

## 3.3 Aerogeneratore

Per il progetto di cui trattasi, si è scelto di fare una stima della producibilità ipotizzando l'aerogeneratore che risponde al meglio al potenziale eolico del sito. Nella fattispecie l'aerogeneratore scelto ha un diametro di rotore pari a 150 m ed altezza al mozzo di 105 m.

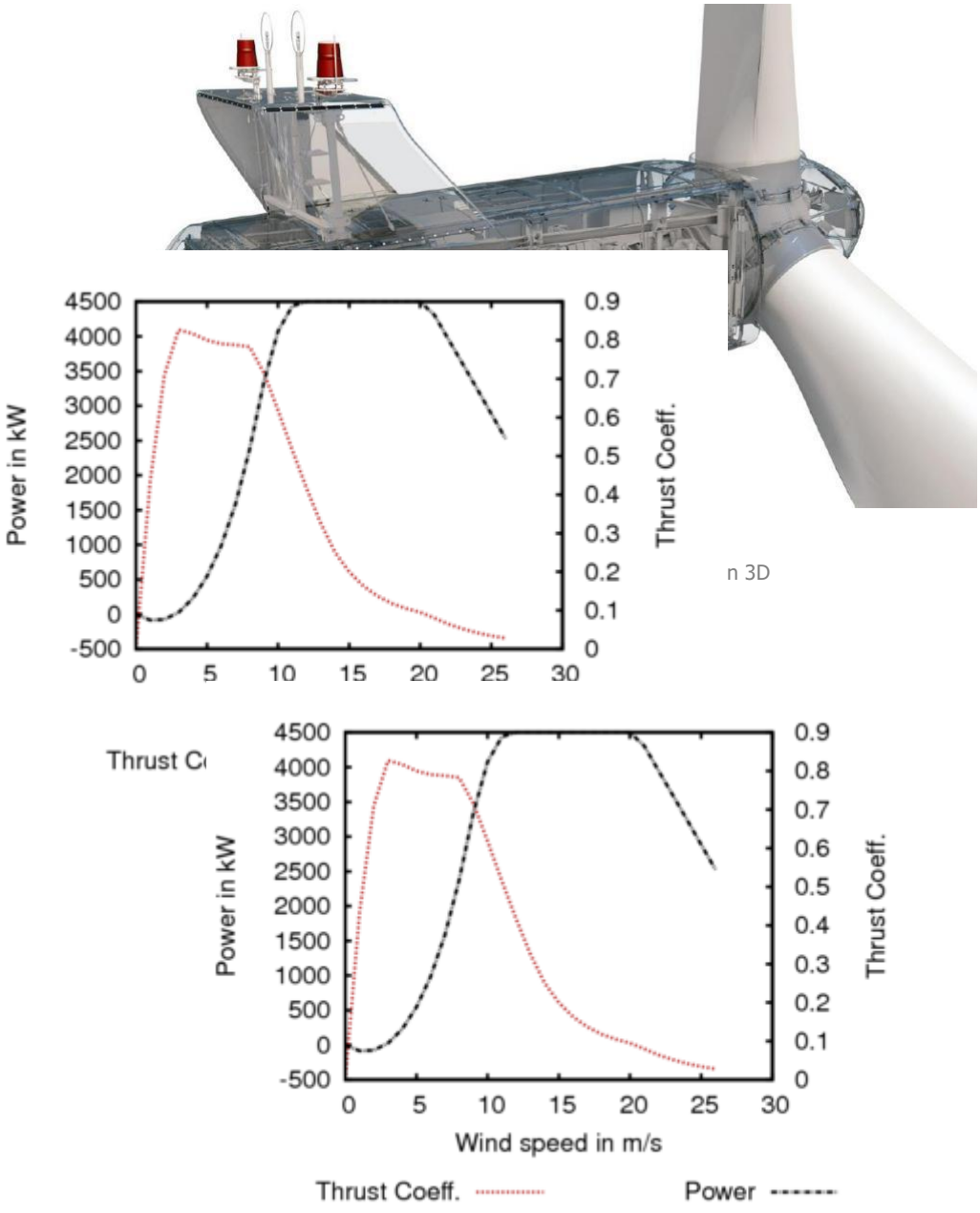


Figura 11. Curva di potenza alla densità dell'aria di 1,12 kg/m$^3$

# 4 L'impianto

Il posizionamento degli aerogeneratori è stato fatto in funzione dei seguenti criteri:

- Il risultato dello studio del vento e dell'analisi anemologica fatta;
- L'orografia dell'area;
- L'esistenza o assenza di strade o sentieri (avendo cura di utilizzare sentieri già esistenti);
- Rispetto della normativa vigente in materia di vincoli ambientali;
- Rispetto di distanza minima regolamentare da edifici preesistenti;
- Considerazioni basate sul criterio del massimo rendimento degli aerogeneratori, evitando l'interazione tra le singole macchine al fine di non pregiudicarne la produttività;
- Minimizzazione dell'alterazione dello stato attuale dei luoghi, compatibilmente con le caratteristiche richieste di pendenza, superficie, larghezza e curvatura delle vie di collegamento e di spazio adeguato alla installazione degli aerogeneratori e alle infrastrutture ad essi associate avendo cura di preservare, per quanto possibile, l'orografia dell'area.

Figura 12. Ortofoto dell'impianto

# 5 Calcolo della resa energetica

## 5.1 Calcolo della resa energetica ideale

La produzione di energia lorda è la produzione di energia del parco eolico calcolata, tenendo conto dell'orografia e della rugosità del terreno e della presenza di impianti esistenti, della distribuzione della velocità del vento a flusso libero prevista all'altezza del mozzo di ogni posizione della turbina e della curva di potenza della turbina fornita dal produttore.
La distribuzione della velocità del vento a flusso libero è ottenuta dal modello di calcolo di WindSim e dalle condizioni del vento in loco a lungo termine.
Le turbine eoliche, estraendo energia dal vento, fanno sì che la velocità della risorsa a valle dell'aerogeneratore si riduce. Man mano che il flusso procede, la scia si disperde e si recuperano le condizioni di flusso libero.
Il software inoltre calcola la densità dell'aria nella zona interessata, in modo da poter determinare le perdite energetiche dovute al cambio di densità dell'aria attraverso il rotore dell'aerogeneratore. Nello specifico, il sito presenta una densità dell'aria di 1,12 kg/m$^3$ ad altezza del mozzo.

La produzione energetica lorda annua stimata è di circa 155.495 MWh corrispondenti a 3.141 ore equivalenti.

## 5.2 Calcolo della resa energetica reale

Ai fini del calcolo della producibilità reale di impianto, ovvero quella effettivamente messa in rete e dunque utile ai fini della vendita dell'energia, sono stati considerati i seguenti fattori:

| | |
|---|---|
| Produzione energetica lorda | 155.485 MWh/anno |
| Disponibilità aerogeneratori | 97,00 % |
| Efficienza elettrica | 97,00 % |
| Disponibilità non contrattuale | 99,50 % |
| Altri fattori | 99,00 % |
| Condizioni atmosferiche e degradazione pale | 99,00 % |
| Manutenzione sottostazione | 99,00 % |
| Disponibilità rete | 99,50 % |
| Produzione energetica annua netta stimata | **140.543,6 MWh/anno** |
| Fattore di capacità stimato | 32,4 % |

Sulla base delle suddette considerazioni, si può stimare che la producibilità reale media annua della centrale eolica di sia pari a **140.543,6 MWh/anno**, corrispondenti a **2.839 ore equivalenti annue** a potenza nominale.

# 6 Conclusioni

| | | |
|---|---|---|
| Aerogeneratori (WTGs) | N. | 11 |
| Potenza nominale dell'impanto | MWp | 49,5 |
| **Stima producibilità $P_{50}$** | **MWh/year** | **140.543,6** |
| **Ore equivalenti nette - NET $P_{50}$** | **h/y** | **2.839** |
| Capacity Factor | % | 32,4% |

IL PROGETTISTA