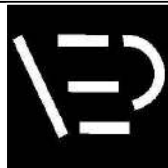


COMUNE di FOGGIA
Provincia di Foggia

Progetto definitivo
per la realizzazione
di un Parco Eolico
Progetto "STELLA"

STUDIO PROGETTAZIONE:



**NEW
ENGINEERING
PROJECT**

DI ANGELA OTTAVIA CUONZO E DONATO LENZI
SOCIETÀ TRA PROFESSIONISTI IN NOME COLLETTIVO

NEW ENGINEERING PROJECT
di Cuonzo Angela Ottavia & Lenzi Donato
Società tra professionisti in nome collettivo
Via Giovine, 36 - 71046 ORDONA (FG)
Pagine 4/2A 038642107 FD

Angela Ottavia Cuonzo

DITTA PROPONENTE:

DESE S.r.l.

**RESTITUZIONE
GRAFICA
REV. 00**

COMUNE: Foggia
LOCALITA': "Stella - Vulgano"

ANALISI PRODUCIBILITA' ENERGETICA ATTESA

ELABORATO

R_p

Il Tecnico incaricato:



Ing. Angela Ottavia CUONZO

Scala:

--

Data:

22/02/2024

Rev:

00

Codifica:

CNZ/STL/PROD/REL_

INDICE

| | |
|--|---------|
| | Pag. 2 |
| PREMESSA | Pag. 3 |
| 1 MATERIALE UTILIZZATO | Pag. 3 |
| 1.1 DATI DEL VENTO | Pag. 5 |
| 1.2 LAYOUT D'IMPIANTO | Pag. 7 |
| 1.3 MODELLO AEROGENERATORE | Pag. 8 |
| 2 ELABORAZIONE DATI DEL VENTO | Pag. 9 |
| 3 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI | Pag. 10 |
| 4 MODELLO TERRITORIALE | Pag. 12 |
| 5 MODELLO DI CALCOLO | Pag. 13 |
| 5.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO | Pag. 14 |
| 5.2 VERIFICHE SUL MODELLO | Pag. 14 |
| 5.2.1 VERIFICA DELL'APPROSSIMAZIONE DELLA CURVA DI WEIBULL | Pag. 15 |
| 5.2.2 VERIFICA IN RELAZIONE ALL'ATLANTE EOLICO NAZIONALE | Pag. 16 |
| 6 ANDAMENTO DELLA VENTOSITÀ SUL SITO | Pag. 17 |
| 7 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA | Pag. 18 |
| 8 VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE | Pag. 20 |
| 9 CONCLUSIONI | |
| ALLEGATI | |
| - PRODUCIBILITA' SINOVEL SL4.500/156 | |

PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di determinare la produzione attesa di un parco eolico composto da n. 7 aerogeneratori della potenza nominale di 4.500kW ciascuno, per una potenza complessiva di 31,5MW.

L'impianto sarà ubicato nel territorio comunale di Foggia, in località "Stella – Vulgano".

Proponente è la Società DESE S.r.l., con sede legale in Foggia (FG) alla via Mario Forcella, n. 14, P.IVA 04467270718.

L'attività consiste anzitutto nell'esame, analisi, validazione ed elaborazione dei dati di vento acquisiti in sito, e nel valutare la produzione attesa dell'impianto.

Alla luce dei risultati parziali ottenuti durante tutte le fasi del processo e di quelli finali di stima, si è proceduto a determinare un quadro critico dell'attendibilità dei risultati e delle eventuali necessarie approssimazioni di cui tenere conto nello stabilire la resa finale dell'impianto.

L'attività è stata svolta con approccio e strumenti professionali, secondo quanto previsto dalle metodologie internazionali per la valutazione preventiva della produzione attesa degli impianti eolici.

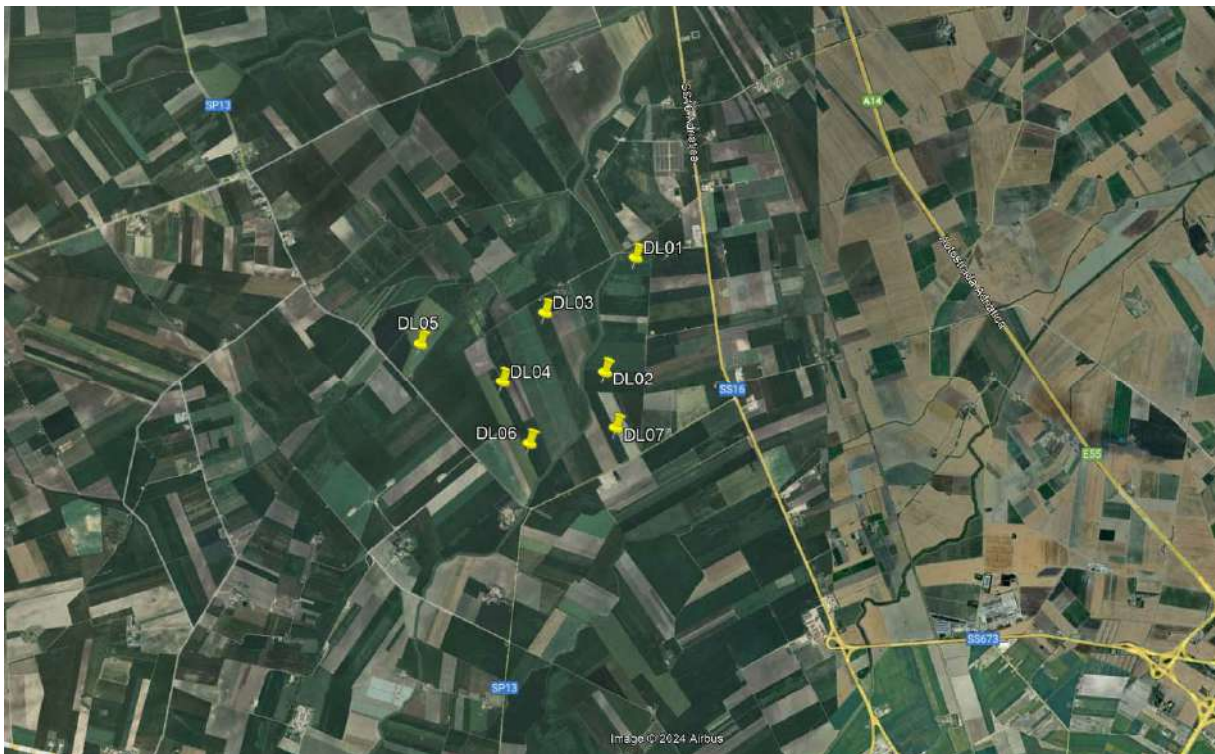
1 DATI DI INPUT

I dati di input utilizzati per consentire la presente valutazione di produzione attesa sono rappresentati da:

- il layout dell'impianto fornito dal committente;
- n°1 modello di aerogeneratore, col quale realizzare la stima di produzione;
- dati del vento, in formato binario, raccolti in sito da una stazione anemometrica.

1.1 LAYOUT D'IMPIANTO

Il progetto prevede l'installazione di n. 7 aerogeneratori da 4.500kW di potenza nominale nel territorio comunale di Foggia, in località "Stella - Vulgano".



In tabella vengono riportate le coordinate nel sistema di riferimento UTM - WGS84.

| COORDINATE AEROGENERATORI | | |
|---------------------------|--------------|---------------|
| PROGETTO "STELLA" | | |
| UTM - 33 - DATUM: WGS84 | | |
| DL01 | 541130.766 E | 4598367.052 N |
| DL02 | 540762.658 E | 4597111.405 N |
| DL03 | 540113.977 E | 4597783.556 N |
| DL04 | 539625.440 E | 4597031.946 N |
| DL05 | 538724.777 E | 4597474.861 N |
| DL06 | 539909.891 E | 4596341.399 N |
| DL07 | 540869.196 E | 4596486.015 N |

Il sito d'installazione si trova a nord del centro urbano di Foggia, in una zona prevalentemente pianeggiante ad ovest della Strada Statale n. 16.

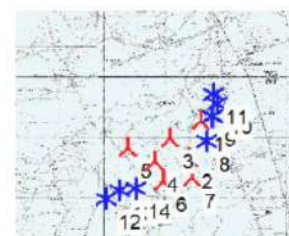
L'area è mediamente interessata da insediamenti eolici di taglia inferiore e infatti sia a Nord che ad Ovest dell'impianto oggetto di studio sono presenti alcuni aerogeneratori di cui si è tenuto conto in fase di simulazione della producibilità del parco eolico.



La distanza fra le due macchine più vicine risulta superiore ai 400m, e considerando che l'altezza mozzo degli aerogeneratori esistenti è inferiore a quelli di progetto, la loro presenza risulta irrilevante.

WTG distances

| Z | Nearest WTG | Z | Horizontal distance [m] | Distance in rotor diameters (max) | Distance in rotor diameters (min) |
|----|-------------|----|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 55,4 | 9 | 53,3 | 418 | 4,6 |
| 2 | 59,2 | 7 | 60,8 | 634 | 4,1 |
| 3 | 57,4 | 4 | 61,6 | 896 | 5,7 |
| 4 | 61,6 | 6 | 63,7 | 747 | 4,8 |
| 5 | 61,0 | 4 | 61,6 | 1.004 | 6,4 |
| 6 | 63,7 | 4 | 61,6 | 747 | 4,8 |
| 7 | 60,8 | 2 | 59,2 | 634 | 4,1 |
| 8 | 56,4 | 1 | 55,4 | 726 | 8,0 |
| 9 | 53,3 | 1 | 55,4 | 418 | 4,6 |
| 10 | 52,5 | 11 | 50,8 | 318 | 3,5 |
| 11 | 50,8 | 10 | 52,5 | 318 | 3,5 |
| 12 | 68,4 | 13 | 66,8 | 531 | 5,9 |
| 13 | 66,8 | 12 | 68,4 | 531 | 5,9 |
| 14 | 66,9 | 13 | 66,8 | 542 | 6,0 |



▲ New WTG

★ Existing WTG

1.3 MODELLO AEROGENERATORE

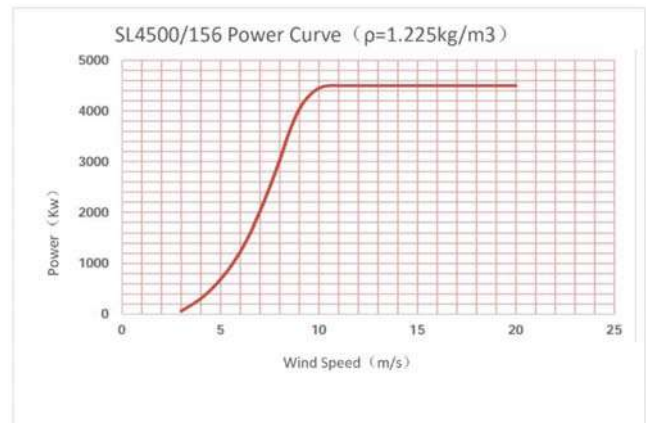
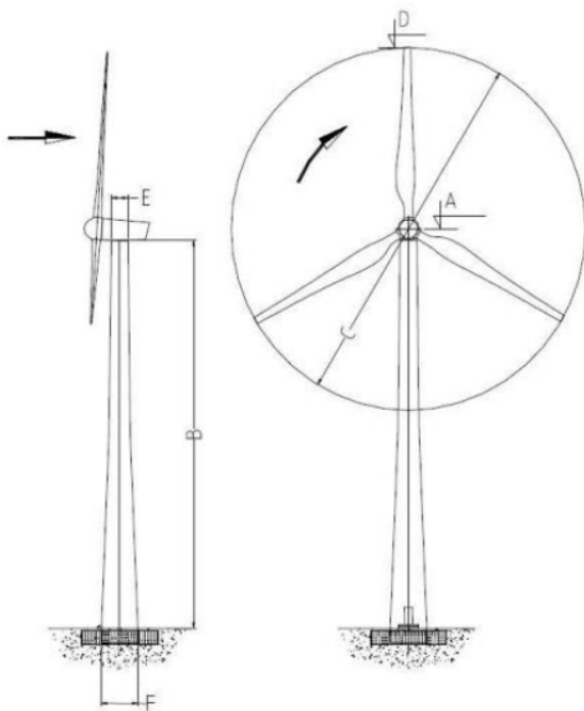
Il modello di aerogeneratore scelto per la valutazione della produzione attesa dell'impianto è riportato nella tabella sottostante:

| Costruttore | Modello | Diametro rotore (m) | Potenza nominale (kW) | H mozzo (m) |
|-------------|-----------|---------------------|-----------------------|-------------|
| SINOVEL | SL4.X/156 | 156 | 4.500 | 100 |

La curva di potenza è stata fornita dalla casa costruttrice e nel calcolo è stato utilizzato un valore standard della densità dell'aria corrispondente al livello del mare, cioè di 1,225 Kg/m³.

La curva è da considerarsi generica, poiché non è calcolata sulle caratteristiche specifiche del sito d'installazione.

Analisi della producibilità energetica attesa di un parco eolico denominato "STELLA" della potenza di 31,5MW
Comune di Foggia, località Stella - Vulgano
Proponente: DESE S.r.l.



SL4.X/156

Technical Instruction

Operation Data

| | |
|----------------------------|---------|
| Rated Power (kW) | 4500 |
| Cut-in Wind Speed (m/s) | 3 |
| Cut-out Wind Speed (m/s) | 25 |
| Rated Wind Speed (m/s) | 10.6 |
| Wind Class | IEC S |
| Operating Temperature (°C) | -30~+40 |
| Survival Temperature (°C) | -40~+50 |
| Design Life (Y) | 20 |

Rotor

| | |
|------------------------------|-------|
| Rotor Diameter (m) | 156 |
| Swept Area (m ²) | 19113 |
| Number Of Blade | 3 |
| Material Of Blade | FRP |

Pitch System

| | |
|---------------|--|
| Type | Electric Pitch |
| Pitch Bearing | Double-row Angular Contact Ball Bearings |

Gearbox

| | |
|-------------|--|
| Type | Two-stage Planetary and One-stage Parallel Shaft |
| Lubrication | Forced + Splash Lubrication |
| Oil Filter | On-line Filtration (Optional Off-line Fine Filtration) |

Generator

| | |
|-------------------|--------------------------------|
| Type | Doubly-fed Induction Generator |
| Rated Voltage (V) | 1140 |

Brake System

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Pneumatic Brake System | Pitch System |
| Mechanical Brake System | Hydraulic Mechanical Brake |

Yaw System

| | |
|-----------|-------------------------------|
| Type | Active Yawing |
| Yaw Drive | Electric Yawing |
| Yaw Mode | Yaw Bearing + Hydraulic Brake |

Frequency Converter

| | |
|--------------------------|------|
| Rated Voltage (V) | 1140 |
| Grid Side Frequency (Hz) | 50 |

Drive Chain

| | |
|--------------|--------------------------|
| Main Bearing | Spherical Roller Bearing |
|--------------|--------------------------|

Control System

| | |
|------------------------|---------------------|
| Control Unit | PLC |
| Process Control System | Distributed Control |
| Bus Control Type | Powerlink |
| Remote Control | SCADA |

Tower

| | |
|-----------------------|---|
| Type | Steel Conical Tower/ Hybrid Tower |
| Hub Center Height (m) | 100-160 (Project-specific) |
| Tower Body | Structural Steel; Concrete Prefabricated Parts |

1.1 DATI DEL VENTO

I dati di vento forniti per la valutazione della produzione attesa dell'impianto corrispondono a quelli registrati da una stazione anemometrica installata nei pressi del sito. Dai rapporti di installazione forniti si desumono le seguenti denominazioni delle stazioni, i relativi codici e le posizioni.

La data di installazione della stazione anemometrica ed il periodo di dati rilevati sono indicati nella tabella seguente:

| Nome | Codice | Periodo di rilevazione | | N° |
|------------|----------|------------------------|------------|------|
| Stazione | Stazione | Data inizio | Data fine | mesi |
| RIGNANO G. | N2-02153 | 27/10/2006 | 07/10/2008 | 24 |

| Nome | Codice | H Torre | Coordinate GAUSS-BOAGA | | Altitudine |
|----------------------|----------|---------|------------------------|--------------|------------|
| Stazione | Stazione | s.l.s. | Longitudine E | Latitudine N | s.l.m. |
| RIGNANO GARGANICO | N2-02153 | 50m | 2565750 | 4608495 | 34 |

La stazione è costituita da una torre tubolare di altezza complessiva pari a 50 m s.l.t. sul quale sono fissati sei ordini di stralli costituiti ognuno da 3 tiranti assicurati al terreno mediante piastre interrate 1,5 m sotto terra.

Lo schema strutturale delle stazioni anemometriche è riportato in figura; la disposizione dei sensori è in totale rispetto della specifica IEC 61400.

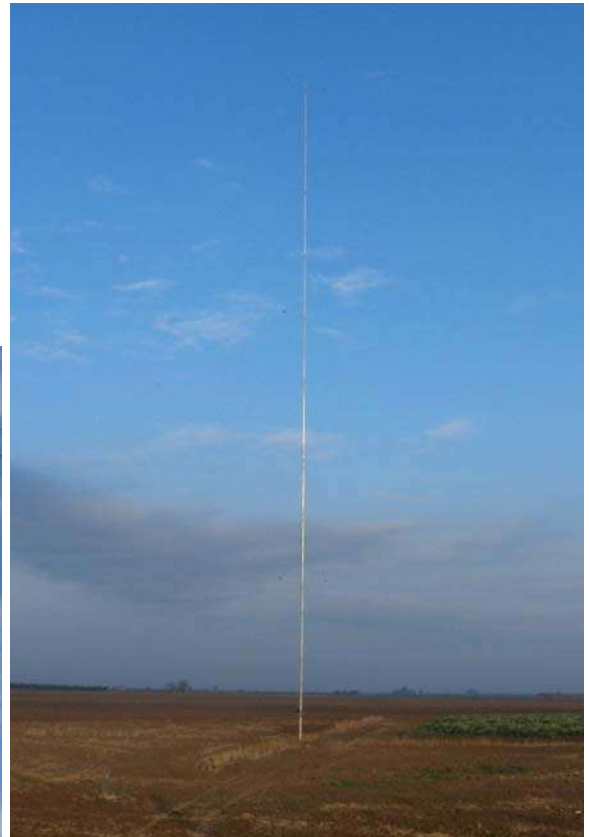
Il traliccio ospita la seguente strumentazione:

- ✓ 3 sensori di tipo NRG 40C per la rilevazione della velocità del vento, posizionati alle quote di 30, 40 e 50 m s.l.t. e orientati a 90° N: tutti i sensori sono calibrati Measnet;
- ✓ 3 sensori di tipo NRG 200P per la rilevazione della direzione del vento, posizionati quasi alle stesse quote e orientati a 270° N;
- ✓ 1 sensore per la rilevazione della temperatura dell'aria fissato a 70 metri di altezza del tipo NRG 110S;
- ✓ acquisitore dati modello Secondwind Nomad2 GSM;
- ✓ modem GSM/GPRS e Memory card;
- ✓ luce di segnalazione per l'illuminazione notturna.

La stazione è alimentata da un pannello solare da 10 W e da batterie da 9,60 e 14V.

La velocità del vento viene registrata con un intervallo di campionamento di 2 s e ogni 10 minuti vengono calcolati e memorizzati la velocità media, minima, massima e la deviazione standard. Ciò consente una corretta stima della distribuzione statistica dei dati e una approfondita analisi della turbolenza del vento che è un parametro importante per la corretta scelta delle macchine e della loro disposizione nel layout della Wind Farm.

I dati esistenti di velocità e direzione del vento non sono tutti utili in ugual misura: risultano essere di particolare interesse ai fini dello sfruttamento energetico quelli rilevati ad altezze dal suolo paragonabili a quelle del mozzo degli aerogeneratori.



2 ELABORAZIONE DATI DEL VENTO

L'elaborazione di dati rilevati è necessaria per la determinazione dell'AEP (Annual Energy Production) e per determinare gli indicatori sintetici delle caratteristiche anemologiche quali la velocità media, il parametro di forma k e il parametro di rugosità α .

L'analisi dei dati meteorologici rilevati è stata effettuata con il software WindPro 2.7, sviluppato da EMD International. Il programma offre una gamma di opzioni per calcolare la produzione di energia, consentendo di gestire e combinare differenti turbine e dati di vento.

L'introduzione dei dati di vento all'interno del software viene fatta tramite un Oggetto Meteo, importando il file di dati.

Il controllo di qualità dei dati di vento è fondamentale per una valutazione affidabile della produzione; dati errati devono essere eliminati in modo da non pesare sul risultato finale.

Dal punto di vista della qualificazione anemologica di un sito, la velocità media non è un parametro sufficiente a determinare lo stato di ventosità dell'area, pertanto deve essere introdotto il diagramma di frequenza ore-vento, strettamente legato al concetto di probabilità del vento.

Suddividendo il dominio di velocità del vento in bande di ampiezza (tipicamente 0,5 o 1 m/s) per ciascun intervallo di osservazione si può rapportare il tempo in cui si è osservato il fenomeno rispetto al periodo totale di osservazione.

Esistono diversi modelli matematici che consentono di simulare una distribuzione statistica di probabilità del vento; il più utilizzato è il modello a due parametri di Weibull espresso dalla seguente relazione:

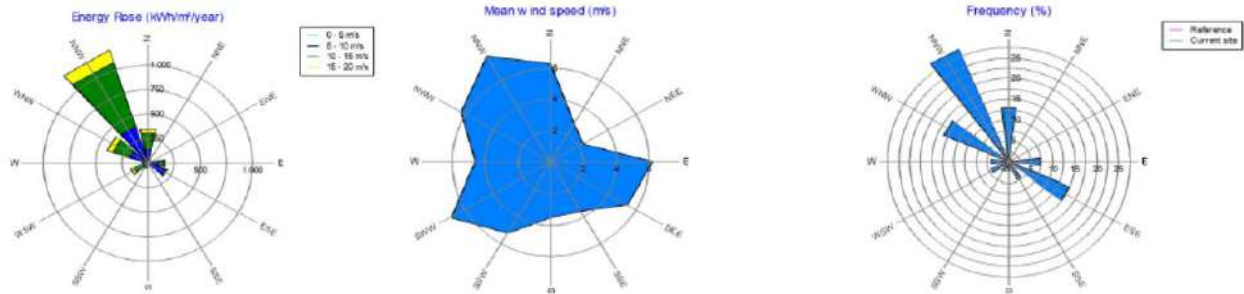
$$f_i = \frac{k}{c} \left(\frac{v_i}{c} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v_i}{c} \right)^k}$$

dove f_i è la probabilità che la velocità del vento risulti compresa tra il valore minimo e quello massimo dell' i -esimo intervallo, v_i è il valore centrale dell'intervallo, k è il parametro di forma della distribuzione (adimensionale) e c il parametro di scala (m/s), legato alla velocità media della distribuzione.

Viene definita, infine, la densità di potenza come la potenza media del flusso ad unità di area spazzata dal rotore: una quota parte di questa verrà convertita dal rotore in potenza meccanica disponibile all'asse del generatore.

Con un ragionamento del tutto analogo a quanto visto per la velocità e la frequenza ore-vento, può essere effettuato un campionamento sulla direzione del vento al fine di determinare la rosa dei venti e le direzioni prevalenti. L'intervallo di campionamento scelto è pari a 30°, il che equivale a suddividere l'angolo giro in 12 settori d'interesse.

L'analisi applicata al caso di studio in esame, porta alla determinazione delle seguenti rose dei venti.



Site Coordinates

UTM WGS 84 Zone: 33 East: 545.745,15 North: 4.608.485,37

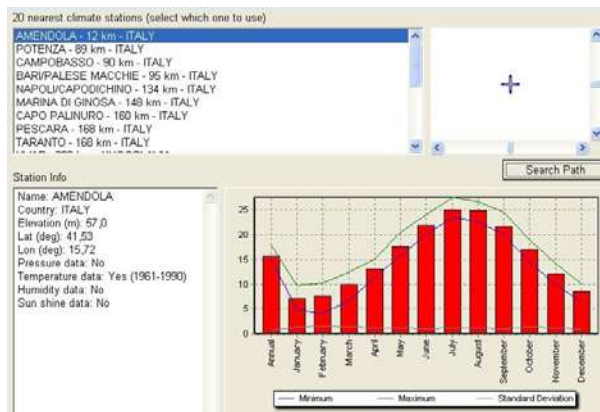
| Sector | Wind gradient exponent | Sum | 0,00 | 0,50 | 1,50 | 2,50 | 3,50 | 4,50 | 5,50 | 6,50 | 7,50 | 8,50 | 9,50 | 10,50 | 11,50 | 12,50 | 13,50 | 14,50 | 15,50 | 16,50 | 17,50 | 18,50 | 19,50 | 20,50 | 21,50 | 22,50 |
|--------|------------------------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 N | 0,128 | 13520 | 354 | 917 | 1162 | 1192 | 1357 | 1687 | 1559 | 1405 | 1169 | 949 | 658 | 466 | 273 | 159 | 80 | 50 | 45 | 14 | 15 | 4 | | | | 5 |
| 1 NNE | 0,135 | 828 | 112 | 272 | 165 | 98 | 39 | 36 | 19 | 21 | 21 | 19 | 14 | 5 | 5 | 2 | | | | | | | | | | |
| 2 ENE | 0,054 | 873 | 117 | 303 | 186 | 105 | 62 | 29 | 21 | 18 | 19 | 11 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 3 E | 0,166 | 7451 | 178 | 430 | 595 | 580 | 742 | 934 | 1126 | 1091 | 799 | 503 | 235 | 145 | 57 | 21 | 10 | 5 | | | | | | | | |
| 4 ESE | 0,098 | 15220 | 169 | 582 | 1136 | 1872 | 2420 | 2763 | 2334 | 1878 | 1169 | 618 | 236 | 35 | 5 | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| 5 SSE | 0,147 | 4611 | 204 | 583 | 979 | 998 | 832 | 534 | 278 | 106 | 46 | 21 | 13 | 8 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 6 S | 0,173 | 2323 | 147 | 485 | 464 | 398 | 282 | 220 | 144 | 84 | 49 | 20 | 11 | 8 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | |
| 7 SSW | 0,183 | 2633 | 120 | 387 | 400 | 271 | 211 | 245 | 247 | 244 | 186 | 121 | 78 | 54 | 36 | 20 | 6 | 3 | 4 | 1 | | | | | | |
| 8 WSW | 0,137 | 4335 | 208 | 388 | 390 | 273 | 326 | 318 | 346 | 388 | 301 | 319 | 291 | 266 | 196 | 154 | 74 | 53 | 31 | 10 | 2 | 1 | | | | |
| 9 W | 0,148 | 4026 | 225 | 495 | 711 | 655 | 474 | 375 | 327 | 222 | 201 | 96 | 65 | 55 | 50 | 37 | 25 | 12 | 1 | | | | | | | |
| 10 WNW | 0,170 | 16466 | 247 | 808 | 1446 | 1709 | 2149 | 2203 | 2203 | 1711 | 1359 | 1005 | 687 | 399 | 220 | 111 | 81 | 40 | 27 | 30 | 20 | 9 | 2 | | | |
| 11 NNW | 0,125 | 30097 | 306 | 808 | 1224 | 1702 | 2413 | 2682 | 3411 | 3585 | 3540 | 3224 | 2585 | 1921 | 1273 | 757 | 364 | 147 | 75 | 50 | 13 | 10 | 4 | 2 | 1 | |
| Sum | | 102383 | 2387 | 6458 | 8858 | 9853 | 11307 | 12026 | 12015 | 10753 | 8859 | 6906 | 4873 | 3362 | 2123 | 1270 | 643 | 311 | 185 | 106 | 50 | 24 | 6 | 7 | 1 | |

3 TRATTAMENTO DEI DATI ANEMOMETRICI

I dati anemometrici disponibili per la valutazione della produzione attesa per l'impianto eolico di Carapelle sono quelli ottenuti dal processo di validazione dei dati rilevati dalla stazione anemometrica installata in sito.

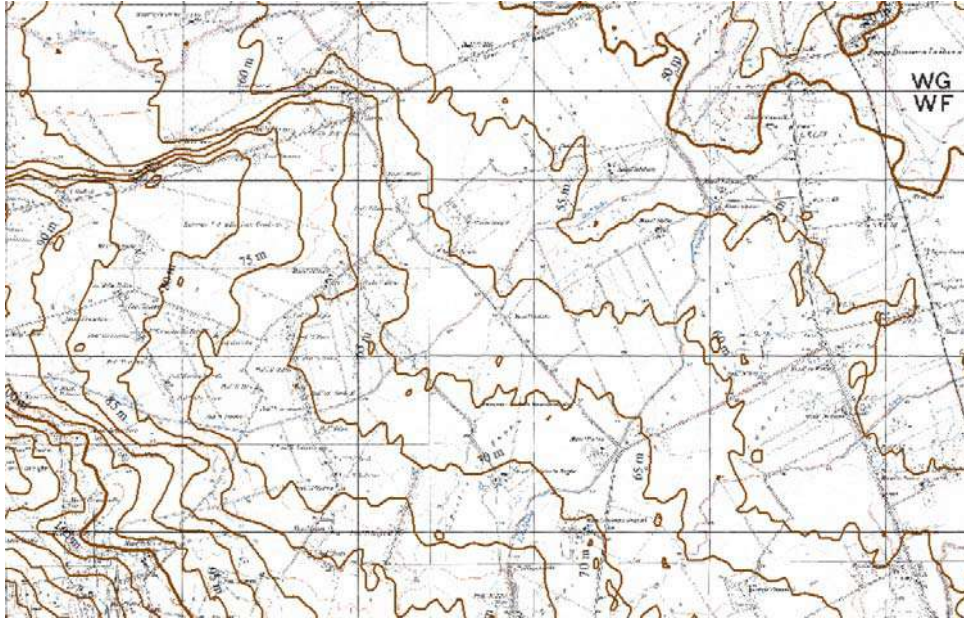
La verifica del posizionamento storico dei dati di ventosità rilevati è stata effettuata tramite correlazioni con dati storici della stazione di Amendola, appartenenti alla Rete Meteorologica dell'Aeronautica Militare. Il processo di storicizzazione ha portato a considerare la velocità media annua registrata dalla stazione allineata a quella attesa nel lungo periodo.

Pertanto non si è applicato alcun correttivo alle velocità media rilevata in sito.



4 MODELLO TERRITORIALE

Il modello digitale del terreno è derivato dalla Cartografia IGM in scala 1:25.000, con curve di livello equidistanti di 25 m, sulla quale è stata ricavata un'orografia di dettaglio con curve di livello ogni 5m.



Una questione di rilevante importanza per una corretta analisi è la determinazione delle caratteristiche di ventosità al variare della quota rispetto al piano del terreno, poiché l'attrito tra l'aria e il terreno rallenta il vento in prossimità del suolo, creando un profilo di velocità anche detto "strato limite" dovuto al fatto che l'effetto di rallentamento è meno rilevante all'allontanarsi dal suolo.

L'andamento della velocità con la quota dipende per la maggior parte dalla natura del terreno e dagli ostacoli presenti: edifici, alberi, cespugli, rocce.

Nel territorio oggetto di interesse, alle altezze tipiche di installazione degli aerogeneratori (100 m), a parità di vento in quota, la velocità del vento sarà minore per terreni di maggiore scabrezza.

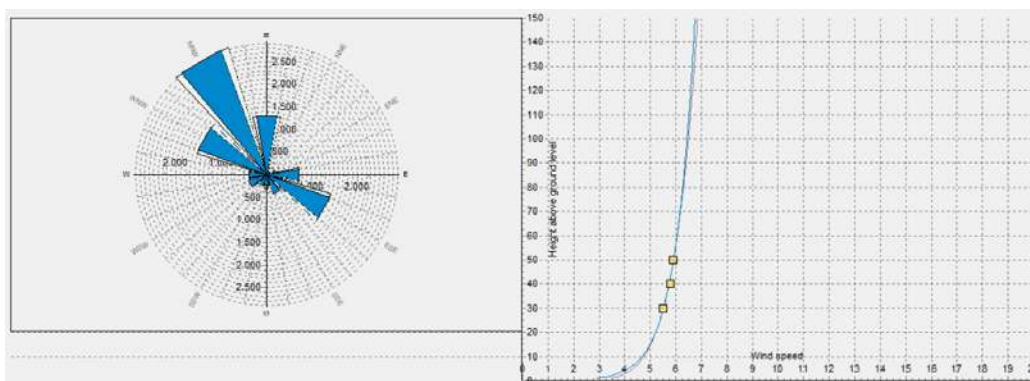
Per determinare il profilo di velocità del vento con la quota possono adoperarsi diversi modelli, di diversa complessità e accuratezza.

In sede di analisi preliminare, secondo indicazioni valutate sulla carta e in sito, si può desumere un valore indicativo del parametro di rugosità (adimensionale) che andrà ad integrare il modello del terreno secondo il seguente schema:

- rugosità $z_0=0,00$ prevista per le superfici d'acqua;
- rugosità $z_0=0,03$ prevista per pascoli con rare costruzioni e ostacoli vegetali diffusi e di modesta altezza;
- rugosità $z_0=0,12$ prevista per aree agricole aperte con presenza limitata di ostacoli bassi;

- rugosità $z_0=0,15$ prevista per coltivazioni a uliveti e abitazioni sparse;
- rugosità $z_0=0,2$ prevista per macchie boschive;
- rugosità $z_0=0,3$ prevista per zone urbane e boschi;
- rugosità $z_0=0,4$ prevista per i centri urbani con edifici alti.

Quanto esposto viene sintetizzato graficamente dal profilo ottenuto con il software WindPro e di seguito riportato.



Si tratta di un terreno prevalentemente pianeggiante, privo di rilievi e vegetazione arborea, trattandosi di suoli seminativi.

5 MODELLO DI CALCOLO

La valutazione di produzione attesa è stata realizzata con il codice di calcolo WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), messo a punto dal Risoe National Laboratory di Danimarca e basato su un modello matematico del flusso del vento.

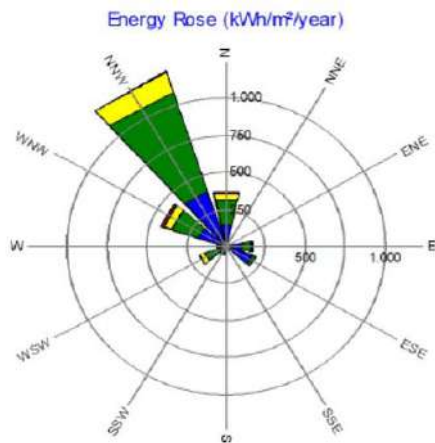
Il programma utilizza i dati anemologici per calcolare il vento geostrofico (vento indisturbato in quota) per una superficie di diversi km di raggio. Sovrapponendo tale vento al modello tridimensionale del terreno, il programma valuta l'andamento della velocità del vento e più in generale i parametri statistici della distribuzione della velocità in punti arbitrari di tale superficie, tenendo conto della sua natura orografica, della rugosità del terreno e dell'eventuale presenza di ostacoli al flusso del vento.

Il campo di velocità fornito dal modello è tridimensionale e ciò consente di disporre in modo naturale anche del profilo della velocità media del vento a varie altezze dal suolo.

5.1 DATI ANEMOMETRICI IN INPUT AL MODELLO

Il codice di calcolo WAsP utilizza la distribuzione di Weibull per rappresentare i dati di vento e per definire il campo di vento indisturbato sull'area (Atlas). Esso effettua una regressione delle distribuzioni della velocità del vento rilevate per ciascuna direzione e determina i parametri A (valore caratteristico) e k (fattore di forma) della distribuzione di Weibull.

Le figure sottostanti riproducono la rosa dei venti e la disponibilità dei dati in ingresso al modello.



| 50,0m - C1 Mean wind speed | 2006 | 2007 | 2008 | Mean | Mean of months |
|----------------------------|------|------|------|------|----------------|
| January | | 4,96 | 5,88 | 5,42 | 5,42 |
| February | | 6,12 | 5,63 | 5,87 | 5,88 |
| March | | 6,48 | 5,56 | 6,02 | 6,02 |
| April | | 4,54 | 5,76 | 5,15 | 5,15 |
| May | | 5,74 | 5,45 | 5,60 | 5,60 |
| June | | 4,94 | 5,08 | 5,01 | 5,01 |
| July | | 5,76 | 6,00 | 5,88 | 5,88 |
| August | | 6,60 | 5,73 | 6,16 | 6,17 |
| September | | 6,12 | 5,81 | 5,97 | 5,96 |
| October | 8,96 | 6,62 | 4,99 | 6,62 | 6,86 |
| November | 4,45 | 6,61 | | 5,53 | 5,53 |
| December | 5,52 | 6,07 | | 5,80 | 5,79 |
| mean, all data | 5,27 | 5,88 | 5,64 | 5,73 | |
| mean of months | 6,31 | 5,88 | 5,59 | | 5,77 |

Di seguito è riportata la tabella anemologica che contiene in dettaglio tutti i parametri in input al modello di calcolo WAsP.

Nella tabella sono riportati, per ciascuno dei 12 settori di direzione in cui è stato suddiviso l'angolo giro di 360° i seguenti parametri:

- **A** velocità caratteristica in m/s della distribuzione di Weibull
- **k** fattore di forma della distribuzione di Weibull
- **U** velocità media in m/s
- **P** potenza specifica della vena fluida in W/m²
- **f** frequenza percentuale del settore di provenienza del vento (dato misurato).

| Sector | A parameter | k parameter | frequency | Mean wind speed |
|--------|-------------|-------------|-----------|-----------------|
| Mean | 6,637 | 2,0357 | 100,000 | 5,880 |
| 0-N | 6,706 | 2,0247 | 13,205 | 5,942 |
| 1-NNE | 2,667 | 1,0429 | 0,809 | 2,622 |
| 2-ENE | 2,478 | 1,1955 | 0,853 | 2,333 |
| 3-E | 6,551 | 2,7203 | 7,278 | 5,827 |
| 4-ESE | 5,754 | 2,6915 | 14,866 | 5,116 |
| 5-SSE | 3,741 | 1,9175 | 4,504 | 3,319 |
| 6-S | 3,588 | 1,5102 | 2,269 | 3,236 |
| 7-SSW | 5,438 | 1,7259 | 2,572 | 4,847 |
| 8-WSW | 7,612 | 1,9833 | 4,234 | 6,747 |
| 9-W | 4,603 | 1,4480 | 3,932 | 4,174 |
| 10-WNW | 6,417 | 2,0588 | 16,083 | 5,684 |
| 11-NNW | 8,258 | 2,6734 | 29,396 | 7,342 |

Tali distribuzioni sperimentali vengono quindi interpolate dal modello WAsP utilizzando la legge di distribuzione di Weibull che è sinteticamente definita dai due parametri **A** e **k** sopra indicati.

5.2 VERIFICHE SUL MODELLO

Dovendo agire all'interno di un modello virtuale e volendo disporre di risultati analizzabili criticamente, prima di intraprendere qualunque attività di valutazione con WAsP, occorre verificare che i dati in input al modello abbiano riprodotto un ambiente virtuale coerente con la realtà del sito.

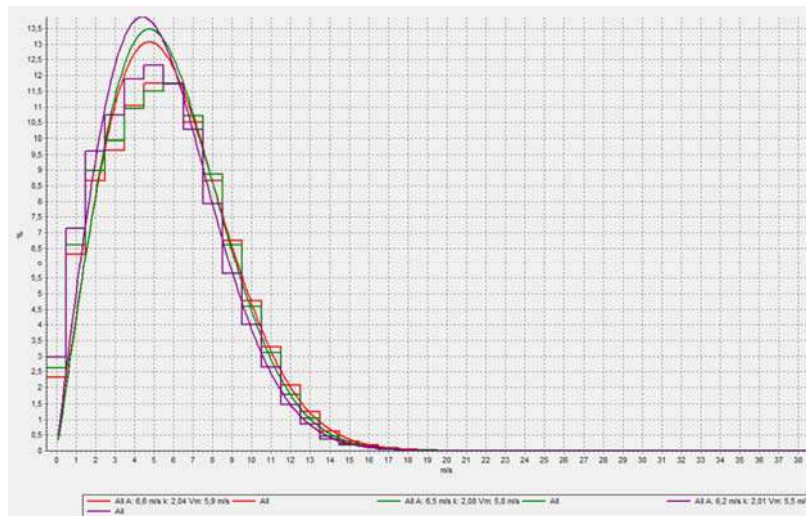
5.2.1 VERIFICA DELL'APPROSSIMAZIONE DELLA CURVA DI WEIBULL

La verifica consiste nel confronto tra i parametri sperimentali (Measured) della stazione anemometrica, in termini di velocità media del vento e di potenza della vena fluida, e quelli stimati dal modello di calcolo, prima in astratto e poi calati nel contesto territoriale specifico del sito.

Le verifiche effettuate sulla curva di Weibull mostrano la capacità del modello di calcolo a interpretare correttamente i dati forniti in input, con qualche lieve tendenza alla sovrastima.

In ogni caso, le approssimazioni introdotte dal modello di calcolo si possono correggere con opportuni metodi di aggiustamento della stima.

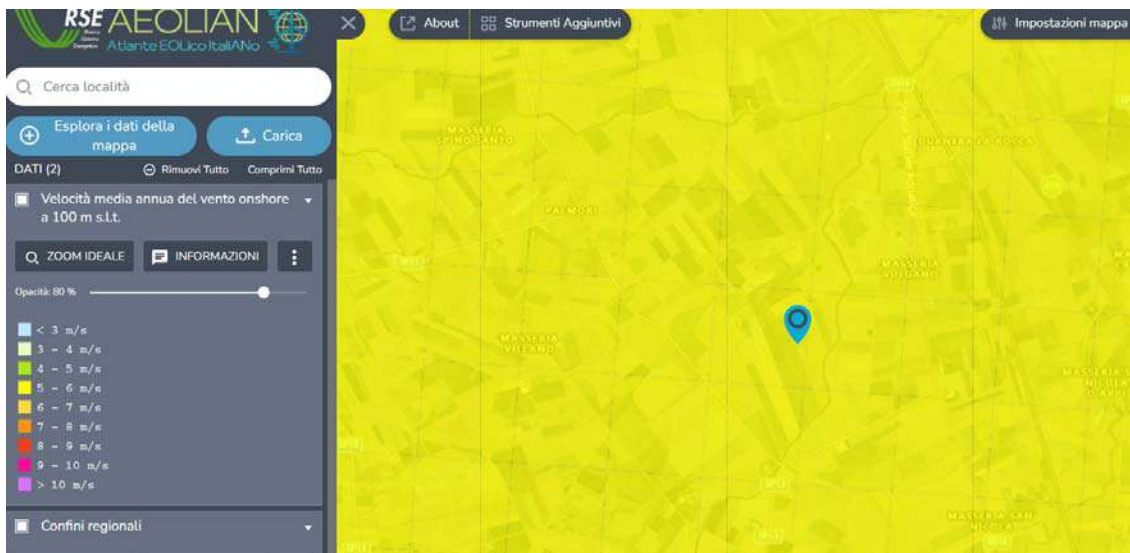
Nel caso di specie, i risultati ottenuti sono stati ridotti del 10% in modo che risultino più conservativi e aderenti alla realtà.



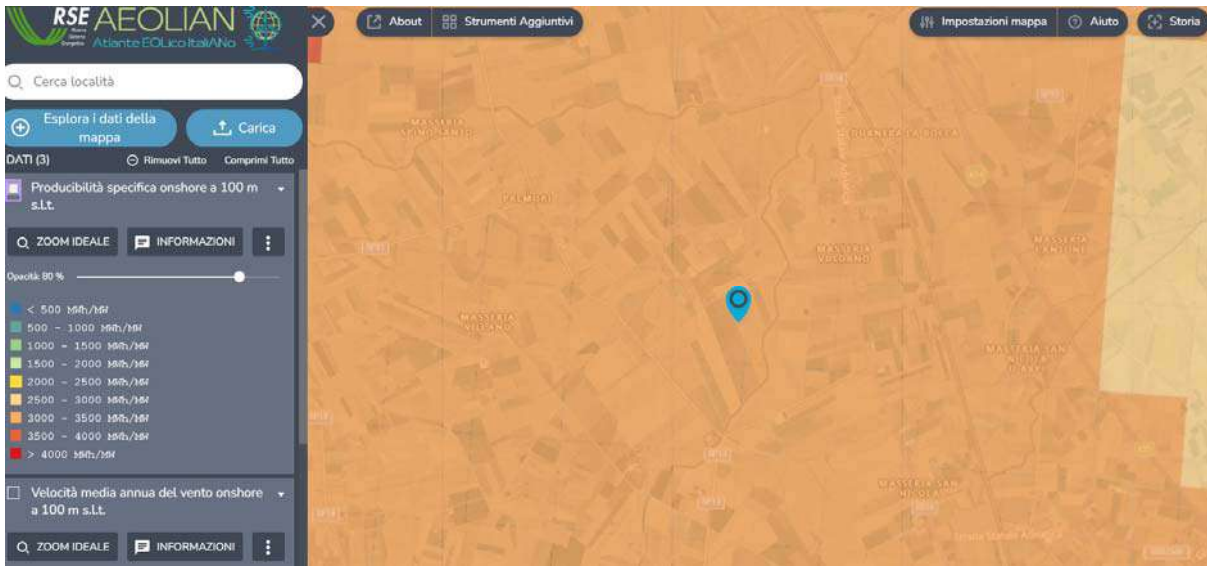
5.2.2 VERIFICA IN RELAZIONE ALL'ATLANTE EOLICO NAZIONALE

La verifica consiste in un confronto tra quelle che sono le medie del vento rilevate dall'anemometro in sito e quelle riportate dall'Atlante Eolico Interattivo Nazionale curato dall'RSE S.p.A. (Ricerca sul Sistema Energetico), società diretta e coordinata dal GSE SpA.

La velocità del vento riportata sulle carte dell'Atlante ad un'altezza dal suolo di 100m per il sito in questione è pari a 5-6m/s, e quindi in linea con i dati rilevati dall'anemometro.



Dalla verifica sulla ventosità si procede quindi a quella sulla producibilità media del sito ad altezza mozzo di 100m.



La mappa fornisce, per il sito in esame, una producibilità specifica variabile dai 3.000 ai 3.500MWh/MW a 100m sls.

Tale valore verrà quindi confrontato con i risultati ottenuti facendo lavorare il programma utilizzato ad altezza mozzo del modello di aerogeneratore prescelto, ossia 100m.

6 ANDAMENTO DELLA VENTOSITÀ SUL SITO

Il codice di calcolo WAsP utilizza i dati forniti, in relazione al modello tridimensionale del terreno, per calcolare il campo di velocità del vento su un'area definita dall'operatore coincidente con quella dell'impianto. Il campo di vento viene restituito in forma tridimensionale e consente perciò di disporre anche del profilo della velocità media del vento a varie altezze dal suolo.

Con l'ausilio dei dati della stazione anemometrica è stato possibile risalire all'andamento della velocità del vento al variare della quota nell'area oggetto d'interesse, ottenendo i seguenti valori medi:

| RIGNANO GARGANICO | 30m | 40m | 50m | DIREZ. |
|--------------------------|------------|------------|------------|---------------|
| V media (m/s) | 5,33 | 5,60 | 5,73 | NNW |

E' stato quindi possibile costruire un campo di vento ad un'altezza media del mozzo di 100m, ottenendo una velocità media disponibile di 6,3m/s.

La distribuzione della ventosità sul sito è indicativa poiché non può prescindere dalle approssimazioni introdotte dalla curva di Weibull e dall'estrapolazione della velocità del vento al mozzo operata autonomamente dal modello di calcolo.

7 VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE ATTESA

La produzione attesa per l'impianto in oggetto è stata valutata in relazione al modello di aerogeneratore e al layout d'impianto forniti dal Committente.

La curva di potenza utilizzata è quella fornita dalla casa costruttrice e calcolata alla densità dell'aria di $1,225 \text{ kg/m}^3$, corrispondente alla densità standard del livello del mare.

Per rendere i risultati più aderenti al vero, occorre eliminare le perdite, di cui la prima da considerare è quella dovuta alla effettiva densità dell'aria del sito, in quanto per il calcolo è stata utilizzata la curva di potenza dell'aerogeneratore alla densità standard dell'aria.

Tale perdita, indicata in termini percentuali nella tabella sottostante, viene calcolata utilizzando la curva di potenza alla effettiva densità dell'aria del sito.

Nel caso specifico essa varia da $1,201$ a $1,209 \text{ kg/m}^3$, corrispondente ad un'altezza variabile tra $100,8\text{m}$ e $163,7\text{m}$ s.l.m., ossia nel range di lavoro degli aerogeneratori, pari all'altezza mozzo rispetto al livello del mare.

Il passo successivo dell'analisi consiste nella valutazione delle perdite di energia (perdite elettriche, di produzione, di potenza) al fine di pervenire alla determinazione dell'energia che risulterà disponibile per essere ceduta alla rete elettrica.

Occorre quindi prendere in considerazione altre perdite dovute a:

- disponibilità dell'aerogeneratore nel corso dell'anno (manutenzione, distacchi rete, condizioni meteo sfavorevoli),
- degradazione della superficie delle pale,
- disponibilità della rete,
- perdite elettriche d'impianto,
- altre perdite.

Tra le altre perdite si potrebbero considerare quelle di scia, dovute alla presenza delle macchine circostanti, ma in questo caso, trattandosi di macchine a notevole distanza, questa perdita è quasi nulla, come evidenziato dalla produzione GROSS e quella lorda ricavate dal programma.

| Costruttore | Modello | Potenza | H Hub | Diam. | Prod. Gross (Free WTG) | Prod. Lorda |
|-------------|-------------|---------|-------|-------|---------------------------|-------------------|
| | | (KW) | (m) | (m) | (MWh/y) | (MWh/y) |
| SINOVEL | SL4.500/156 | 4.500 | 100 | 156 | 111.718,50 | 105.973,60 |

In considerazione delle varie perdite indicate, si è deciso di valutare una perdita totale sull'impianto pari al 10%, ottenendo la seguente produzione netta:

| Costruttore | Modello | Potenza | H Hub | Diam. | Prod. Lorda | Loss | Prod. Netta |
|-------------|-------------|---------|-------|-------|-------------------|------|------------------|
| | | (KW) | (m) | (m) | (MWh/y) | % | (MWh/y) |
| SINOVEL | SL4.500/156 | 4.500 | 100 | 156 | 105.973,60 | 10 | 95.376,30 |

L'energia riportata nell'ultima colonna della tabella rappresenta la stima della produzione netta annua cedibile alla rete.

La producibilità specifica dell'impianto risulta superiore a 3.000 MWh/MW.

In particolare, delle 7 macchine che verranno installate, 5 lavorano tra il 99% e il 95% e solo due (DL06 e DL07) hanno un'efficienza intorno al 91%.

Calculated Annual Energy for each of 7 new WTGs with total 31,5 MW rated power

| WTG type | | Manufact. | Type-generator | Power, rated | Rotor diameter | Hub height | Power curve | | Annual Energy | | Park | | |
|----------|-------|-----------|----------------|------------------|----------------|------------|-------------|------|---------------------------------|--------------|------------|-----------------|------|
| Terrain | Valid | | | | | | Creator | Name | Result | Result-10,0% | Efficiency | Mean wind speed | |
| | | | | [kW] | [m] | [m] | | | [MWh] | [MWh] | [%] | [m/s] | |
| 1 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.752,2 | 14.177 | 98,7 | 6,31 |
| 2 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.136,5 | 13.623 | 94,8 | 6,31 |
| 3 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.616,6 | 14.055 | 97,8 | 6,31 |
| 4 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.182,9 | 13.665 | 95,1 | 6,31 |
| 5 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.319,0 | 13.787 | 96,0 | 6,31 |
| 6 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 14.462,5 | 13.016 | 90,7 | 6,31 |
| 7 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 14.504,1 | 13.054 | 90,9 | 6,31 |

8 VALUTAZIONE DELLE INCERTEZZE

La presente simulazione è effettuata sui percentili probabilistici P50, P75 e P90, ossia le produzioni annue la cui probabilità di essere superate è pari, rispettivamente, al 50%, al 75% e al 90%: maggiore è la probabilità di superamento "P", minore risulterà la produzione attesa e, di conseguenza, maggiore sarà il livello di cautela adottato.

Nella pratica tecnica, è prassi considerare il livello P75 per modellizzare il "Caso Base" del modello economico, utilizzando gli altri due scenari come input per l'analisi di sensitività ("Best Case" per il P50 e "Worst Case" per il P90) finalizzata a valutare la solidità dell'operazione. E' pertanto lecito considerare che il valore P75 sia un compromesso tra la necessità di un approccio conservativo, legato alla volubilità della fonte eolica, ed il livello di produzione medio, calcolato mediante la simulazione basata sui dati anemometrici registrati in sito.

Occorre quindi individuare le differenti cause di incertezza da considerate.

Quelle prese in considerazione riguardano:

- ✓ Misurazione del vento
- ✓ Elaborazione dei dati
- ✓ Calcolo di produzione energetica

Per quanto riguarda la misurazione del vento, occorre considerare i seguenti contributi di incertezza, intesa come deviazione standard della velocità del vento:

1. Calibrazione: Valutare se gli anemometri utilizzati sono stati correttamente calibrati.
2. Tipologia degli anemometri: Verificare che la tipologia di anemometri sia conforme ai più elevati standard anemologici, con caratteristica lineare e di classe più elevata.
3. Montaggio: Verificare se il palo è correttamente montato.

Quanto alle ulteriori cause di incertezza, relative all'elaborazione dei dati si considera:

- a) Periodo di misura e filtraggio: si è inclusa in questa voce l'incertezza relativa al periodo di misura (18 mesi), e dei vari malfunzionamenti e intervalli di dati mancanti.
- b) Il contributo di incertezza viene tuttavia significativamente ridotto in fase di analisi.
- c) Variabilità della media annuale: parametro indicativo dell'incertezza legata alle fluttuazioni statistiche della media annuale della velocità del vento, calcolate sulla base di misure storiche disponibili in località prossime al sito.

Quanto alle incertezze legate al calcolo di produzione energetica, si è considerato:

- I. Accuratezza del modello di calcolo: contributo legato al modello fluidodinamico utilizzato rispetto alla complessità orografica dell'area di interesse. Nonostante l'utilizzo di un software di calcolo accurato, si è tenuto conto dell'incertezza legata alla disponibilità dei dati di un solo anemometro per la valutazione della risorsa eolica.
- II. Curva di potenza: parametro che tiene conto dell'incertezza legata alla variabilità della curva di potenza rispetto a quanto certificato dai costruttori, anche in relazione alla rigenerazione della macchina e alla complessità orografica del territorio.
- III. Modelli di scia: l'interazione aerodinamica tra aerogeneratori induce dei deficit di velocità legati alle scie, delle quali si tiene conto attraverso modelli analitici.

Schematicamente:

| MISURAZIONE DEL VENTO | | MIN | MAX |
|-------------------------------|----------------------------|-------|--------|
| | CALIBRAZIONE | 0,70% | 1,50% |
| | TIPOLOGIA ANEMOMETRI | 0,50% | 1,00% |
| | MONTAGGIO | 1,00% | 2,20% |
| ELABORAZIONE DATI | | | |
| | PERIODO DI MISURA | 2,50% | 4,20% |
| | FILTRAGGIO | 1,20% | 2,70% |
| | VARIABILITA' MEDIA ANNUALE | 1,00% | 2,00% |
| CALCOLO PRODUZIONE ENERGETICA | | | |
| | ACCURATEZZA MODELLO DI | 0,70% | 1,50% |
| | CURVA DI POTENZA | 1,20% | 2,50% |
| | MODELLI DI SCIA | 0,50% | 0,70% |
| | | 9,30% | 18,30% |

In generale, si osserva una diminuzione di produzione, a valle dell'analisi di incertezza effettuata; con riferimento ad un periodo di 10 anni, tale diminuzione per il valore P75 è circa compresa tra il 8,5 % e l'10%, mentre per il P90 è pari a circa compresa tra il 18% e il 19%, rispetto al valore a P50.

Nella stima della produzione P75 e P90 dell'aerogeneratore si è tenuto conto di tutte le incertezze nella misurazione del vento e nel calcolo della produzione energetica.

La stima calcolata al valore P75 e P90 determina, rispetto al valore P50, una riduzione di produzione energetica, relativamente ad un orizzonte temporale di 10 anni, come indicato:

- 8,5%-10% del valore P75

- 18%-19% dell valore P90

Ottenendo pertanto i seguenti valori di produzione attesa:

| PRODUZIONE ATTESA | P50 | P75 | P90 |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| PROGETTO "STELLA" | MWh/y | MWh/y | MWh/y |
| SL4.X/156 | 95.376,30 | 87.269,00 | 78.208,00 |

9 CONCLUSIONI

Con il presente rapporto sono stati determinati i risultati della stima di produzione attesa dell'impianto eolico denominato "Stella" della società DESE S.r.l. che sorgerà in agro di Foggia, località "Stella - Vulgano", composto da n. 7 aerogeneratori della potenza nominale di 4.500kW ciascuno, per una potenza complessiva di 31,5MW.

Si è proceduto prima con la validazione e l'analisi statistica dei dati di vento forniti, rilevati dalla stazione anemometrica installata, e con la storicizzazione degli stessi tramite serie di dati storici di ventosità d'area, nonché con la messa a punto del modello di calcolo WAsP.

Questa si è resa necessaria per valutare, attraverso verifiche e controlli successivi, la capacità del modello ad interpretare i dati di ventosità forniti, e in particolare gli effetti dell'orografia e della rugosità del terreno sulla corretta estrapolazione della velocità del vento al mozzo della macchina.

Le numerose verifiche hanno consentito di valutare le approssimazioni e il grado di incertezza introdotto dal modello nel calcolo in ogni fase del processo.

I fattori di maggiore incertezza nel processo di valutazione sono dovuti alla misura e alla variabilità della velocità media annuale del vento, insiti nella risorsa eolica.

Tutti i calcoli sono stati effettuati adattando quanto più possibile il modello di vento ottenuto dai programmi di fluidodinamica ai dati realmente osservati, optando in qualche occasione per scelte conservative.

Con i risultati ottenuti si è proceduto alla valutazione della produzione attesa, lorda e netta, della soluzione di layout con il tipo di macchina in esame, ossia la SINOVEL SL4500/156.

Dall'elaborazione effettuata è risultata una produzione annuale netta di 95.376,30MWh che corrisponde alla P50, ossia la produzione che ha una probabilità del 50% che venga superata.

Considerando invece la produzione corrispondente alla **P75**, questa scende a **87.269,00MWh/anno**, rendendo in ogni caso l'investimento ancora interessante.

Foggia, 22/02/2024

Ing. Angela O. CUONZO

ALLEGATI

PRODUCIBILITA' SINOVEL – SL4.500/156

Project:
PROGETTO STELLA

Printed/Page
24/02/2024 21:49 / 1

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com
Calculated:
24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Main Result

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"

Wake Model N.O. Jensen (RISØ/EMD)

Calculation Settings

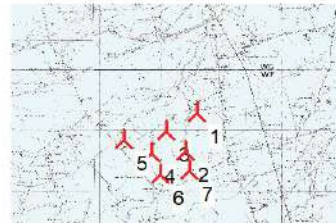
Air density calculation mode Individual per WTG
Result for WTG at hub altitude 1,201 kg/m³ to 1,204 kg/m³
Air density relative to standard 98,1 %
Hub altitude above sea level (asl) 140,8 m to 163,7 m
Annual mean temperature at hub alt. 15,0 °C to 15,2 °C
Pressure at WTGs 993,8 hPa to 996,5 hPa

Wake Model Parameters

Wake Decay Constant 0,075 Open farmland

Wake calculation settings

| Angle [°] | | Wind speed [m/s] | |
|-----------|-------|------------------|-----|
| start | end | start | end |
| 0,5 | 360,0 | 1,0 | 0,5 |
| 0,5 | 30,5 | 1,0 | |



Scale 1:250.000

Meteorological Data

Key results for height 100,0 m above ground level

Terrain UTM WGS84 Zone: 33

| East | North | Name of wind distribution | Height [m] | Type | Wind energy [kWh/m²] | Mean wind speed [m/s] |
|--------------|--------------|---------------------------|------------|---------|----------------------|-----------------------|
| A 545.745,15 | 4.608.485,37 | mast RG | 50,0 | MEASURE | 2.700 | 6,3 |

Calculated Annual Energy for Wind Farm

| WTG combination | Result [MWh/y] | Result-10,0% [MWh] | GROSS (no loss) [MWh/y] | Park efficiency [%] | Specific results | | | Mean wind speed @hub height [m/s] |
|-----------------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| | | | | | Capacity factor [%] | Full load hours [Hours/year] | Mean WTG result [MWh/y] | |
| Wind farm | 105.973,6 | 95.376,3 | 111.718,5 | 94,9 | 34,5 | 3.028 | 13.625,2 | 6,3 |

*) Based on Result-10,0%

Calculated Annual Energy for each of 7 new WTGs with total 31,5 MW rated power

| Terrain | Valid | WTG type | Manufact. | Type-generator | Power, rated [kW] | Rotor diameter [m] | Hub height [m] | Power curve Creator | Name | Annual Energy | | Park | |
|---------|-------|----------|-----------|------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------------------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | Result [MWh] | Result-10,0% [MWh] | Efficiency [%] | Mean wind speed [m/s] |
| 1 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.752,2 | 14.177 | 98,7 | 6,31 |
| 2 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.136,5 | 13.623 | 94,8 | 6,31 |
| 3 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.616,6 | 14.055 | 97,8 | 6,31 |
| 4 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.182,9 | 13.665 | 95,1 | 6,31 |
| 5 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 15.319,0 | 13.787 | 96,0 | 6,31 |
| 6 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 14.462,5 | 13.016 | 90,7 | 6,31 |
| 7 | A | Yes | SINOVEL | SL4500/156-4.500 | 4.500 | 156,0 | 100,0 | USER | Level 0 - Calculated -- 01-2024 | 14.504,1 | 13.054 | 90,9 | 6,31 |

WTG siting

UTM WGS84 Zone: 33

| | East | North | Z [m] | Row data/Description |
|-------|------------|--------------|-------|----------------------|
| 1 New | 541.130,77 | 4.598.367,05 | 55,4 | DL01 |
| 2 New | 540.762,66 | 4.597.111,40 | 59,2 | DL02 |
| 3 New | 540.113,98 | 4.597.783,55 | 57,4 | DL03 |
| 4 New | 539.625,44 | 4.597.031,94 | 61,6 | DL04 |
| 5 New | 538.724,77 | 4.597.474,86 | 61,0 | DL05 |
| 6 New | 539.909,89 | 4.596.341,40 | 63,7 | DL06 |

To be continued on next page...

*) Included in array losses is influence from 7 WTG(s) in the neighborhood, which has status as "Reference WTGs", see separate report to identify these.

Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 2

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Main Result

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"

...continued from previous page

UTM WGS84 Zone: 33

| | East | North | Z | Row data/Description |
|-------|--------------------|--------------|------|----------------------|
| | UTM WGS84 Zone: 33 | | [m] | |
| 7 New | 540.869,19 | 4.596.486,01 | 60,8 | DL07 |

Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 4

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

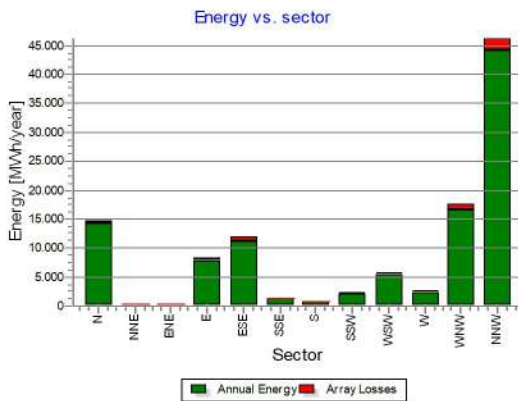
24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: All new WTGs, Air density varies with WTG position 1,201 kg/m³ - 1,204 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|---------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Roughness based energy [MWh] | 14.841,3 | 258,7 | 148,0 | 8.287,3 | 11.967,3 | 1.361,5 | 815,7 | 2.235,7 | 5.602,4 | 2.476,0 | 17.513,2 | 46.211,4 | 111.718,5 |
| -Decrease due to array losses [MWh] | 737,2 | 17,3 | 16,1 | 547,4 | 830,9 | 137,5 | 70,3 | 116,5 | 190,8 | 143,8 | 879,3 | 2.057,9 | 5.744,9 |
| Resulting energy [MWh] | 14.104,0 | 241,4 | 131,9 | 7.739,9 | 11.136,5 | 1.224,1 | 745,5 | 2.119,2 | 5.411,7 | 2.332,1 | 16.633,9 | 44.153,6 | 105.973,6 |
| Specific energy [kWh/m ²] | | | | | | | | | | | | | 792 |
| Specific energy [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.364 |
| Decrease due to array losses [%] | | 5,0 | 6,7 | 10,9 | 6,6 | 6,9 | 10,1 | 8,6 | 5,2 | 3,4 | 5,8 | 4,5 | 5,14 |
| Utilization [%] | 29,0 | 31,9 | 36,5 | 35,6 | 41,8 | 37,1 | 34,4 | 30,6 | 22,8 | 29,1 | 29,8 | 27,3 | 29,4 |
| Full Load Equivalent [Hours/year] | 448 | 8 | 4 | 246 | 354 | 39 | 24 | 67 | 172 | 74 | 528 | 1.402 | 3.364 |



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 5

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

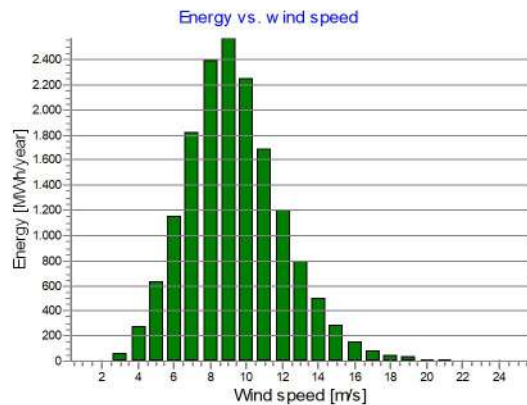
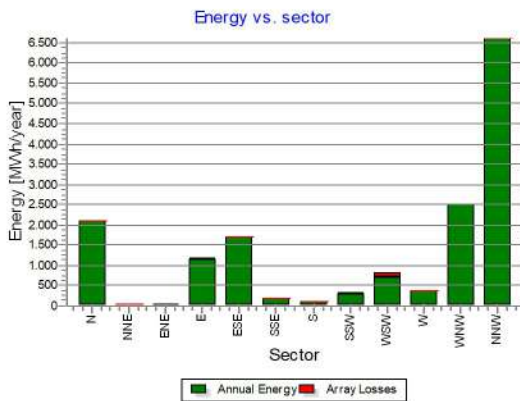
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 1 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,202 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.121,1 | 37,0 | 21,1 | 1.184,4 | 1.710,4 | 194,6 | 116,6 | 319,5 | 800,7 | 353,9 | 2.503,0 | 6.604,5 | 15.966,7 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 0,0 | 2,6 | 3,8 | 55,8 | 0,0 | 14,0 | 17,0 | 35,3 | 85,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 214,5 |
| Resulting energy | [MWh] | 2.121,1 | 34,4 | 17,4 | 1.128,6 | 1.710,4 | 180,6 | 99,6 | 284,2 | 715,5 | 353,2 | 2.503,0 | 6.604,5 | 15.752,2 |
| Specific energy | [kWh/m ²] | | | | | | | | | | | | | 824 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.500 |
| Decrease due to array losses | [%] | 0,0 | 7,1 | 17,9 | 4,7 | 0,0 | 7,2 | 14,6 | 11,1 | 10,6 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 1,34 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 30,5 | 31,8 | 33,6 | 36,4 | 45,0 | 38,3 | 32,2 | 28,7 | 21,1 | 30,8 | 31,3 | 28,5 | 30,6 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 471 | 8 | 4 | 251 | 380 | 40 | 22 | 63 | 159 | 78 | 556 | 1.468 | 3.500 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m ²] | | | | | | | | | | | | | 308 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 6

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

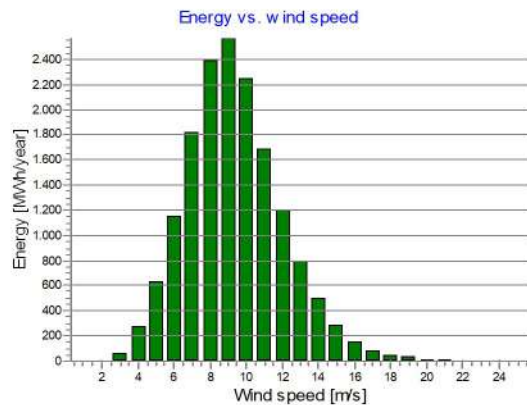
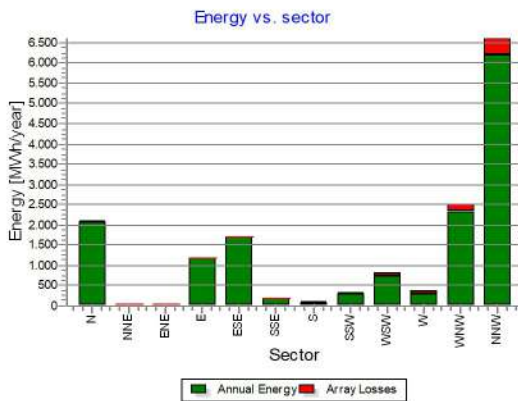
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 2 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,202 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.120,3 | 37,0 | 21,1 | 1.184,0 | 1.709,7 | 194,5 | 116,5 | 319,4 | 800,4 | 353,7 | 2.502,0 | 6.602,0 | 15.960,8 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 73,1 | 3,9 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 19,1 | 29,0 | 10,7 | 49,9 | 57,7 | 173,2 | 406,8 | 824,3 |
| Resulting energy | [MWh] | 2.047,3 | 33,1 | 20,1 | 1.184,0 | 1.709,7 | 175,4 | 87,6 | 308,7 | 750,5 | 296,0 | 2.328,9 | 6.195,2 | 15.136,5 |
| Specific energy | [kWh/m²] | | | | | | | | | | | | | 792 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.364 |
| Decrease due to array losses | [%] | 3,4 | 10,5 | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 9,8 | 24,8 | 3,3 | 6,2 | 16,3 | 6,9 | 6,2 | 5,16 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 29,4 | 30,6 | 38,9 | 38,2 | 45,0 | 37,2 | 28,3 | 31,2 | 22,1 | 25,8 | 29,2 | 26,8 | 29,4 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 455 | 7 | 4 | 263 | 380 | 39 | 19 | 69 | 167 | 66 | 518 | 1.377 | 3.364 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m²] | | | | | | | | | | | | | 308 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 7

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

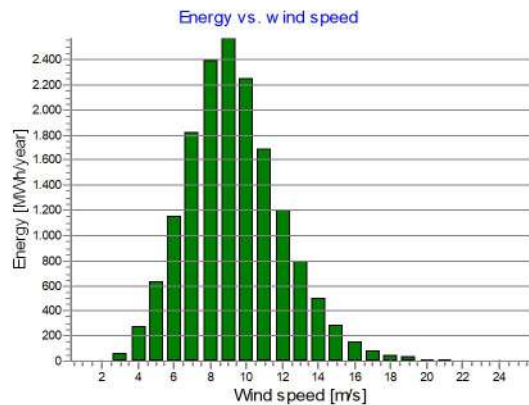
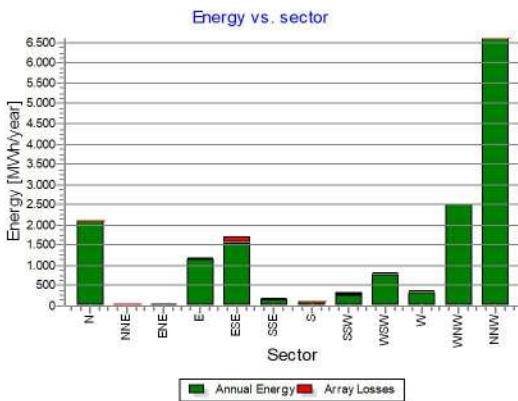
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 3 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,202 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.120,7 | 37,0 | 21,1 | 1.184,2 | 1.710,0 | 194,5 | 116,6 | 319,5 | 800,5 | 353,8 | 2.502,5 | 6.603,2 | 15.963,6 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 0,0 | 0,3 | 3,9 | 39,7 | 155,8 | 43,7 | 12,4 | 51,8 | 18,2 | 21,0 | 0,0 | 0,0 | 347,0 |
| Resulting energy | [MWh] | 2.120,7 | 36,6 | 17,2 | 1.144,4 | 1.554,3 | 150,8 | 104,2 | 267,6 | 782,3 | 332,8 | 2.502,5 | 6.603,2 | 15.616,6 |
| Specific energy | [kWh/m²] | | | | | | | | | | | | | 817 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.470 |
| Decrease due to array losses | [%] | 0,0 | 0,9 | 18,6 | 3,4 | 9,1 | 22,5 | 10,6 | 16,2 | 2,3 | 5,9 | 0,0 | 0,0 | 2,17 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 30,5 | 33,9 | 33,3 | 36,9 | 40,9 | 32,0 | 33,7 | 27,1 | 23,1 | 29,0 | 31,3 | 28,5 | 30,3 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 471 | 8 | 4 | 254 | 345 | 34 | 23 | 59 | 174 | 74 | 556 | 1.467 | 3.470 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m²] | | | | | | | | | | | | | 308 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 8

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

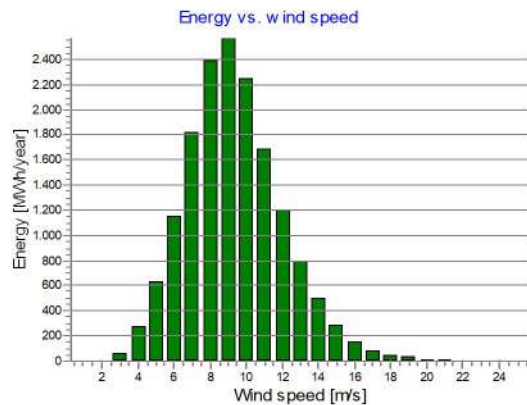
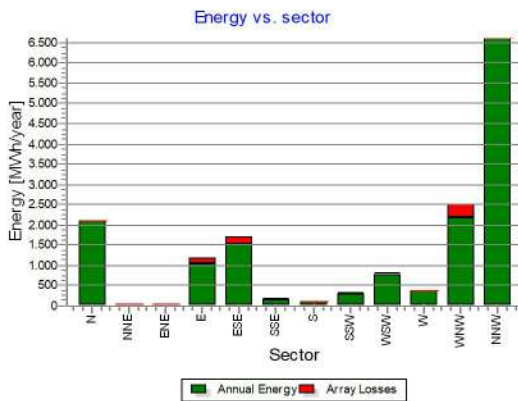
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 4 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,202 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.119,8 | 37,0 | 21,1 | 1.183,7 | 1.709,3 | 194,5 | 116,5 | 319,3 | 800,2 | 353,7 | 2.501,5 | 6.600,5 | 15.957,1 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 0,0 | 5,8 | 2,2 | 147,9 | 209,5 | 50,4 | 4,7 | 10,9 | 16,0 | 0,3 | 326,5 | 0,0 | 774,3 |
| Resulting energy | [MWh] | 2.119,8 | 31,2 | 18,9 | 1.035,8 | 1.499,8 | 144,0 | 111,8 | 308,4 | 784,2 | 353,3 | 2.174,9 | 6.600,5 | 15.182,9 |
| Specific energy | [kWh/m²] | | | | | | | | | | | | | 794 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.374 |
| Decrease due to array losses | [%] | 0,0 | 15,7 | 10,5 | 12,5 | 12,3 | 25,9 | 4,0 | 3,4 | 2,0 | 0,1 | 13,1 | 0,0 | 4,85 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 30,5 | 28,9 | 36,6 | 33,4 | 39,5 | 30,6 | 36,2 | 31,2 | 23,1 | 30,8 | 27,2 | 28,5 | 29,5 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 471 | 7 | 4 | 230 | 333 | 32 | 25 | 69 | 174 | 79 | 483 | 1.467 | 3.374 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m²] | | | | | | | | | | | | | 307 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 9

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

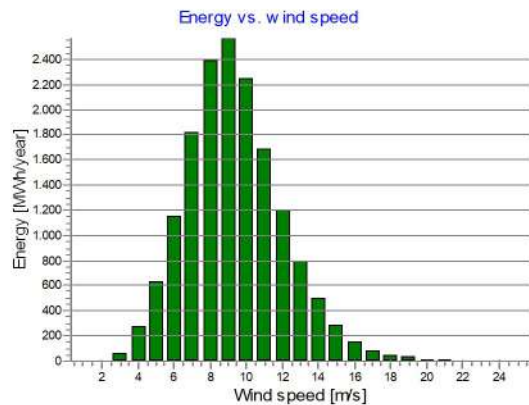
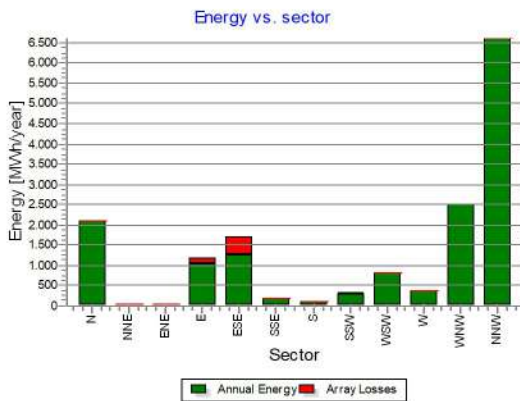
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 5 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,202 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.120,0 | 37,0 | 21,1 | 1.183,8 | 1.709,4 | 194,5 | 116,5 | 319,3 | 800,3 | 353,7 | 2.501,6 | 6.600,9 | 15.958,1 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 146,3 | 465,6 | 10,2 | 7,2 | 7,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 639,1 |
| Resulting energy | [MWh] | 2.120,0 | 37,0 | 19,0 | 1.037,5 | 1.243,8 | 184,3 | 109,3 | 311,6 | 800,3 | 353,7 | 2.501,6 | 6.600,9 | 15.319,0 |
| Specific energy | [kWh/m²] | | | | | | | | | | | | | 801 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.404 |
| Decrease due to array losses | [%] | 0,0 | 0,0 | 9,9 | 12,4 | 27,2 | 5,2 | 6,2 | 2,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,01 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 30,5 | 34,2 | 36,9 | 33,5 | 32,7 | 39,1 | 35,4 | 31,5 | 23,6 | 30,9 | 31,3 | 28,5 | 29,8 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 471 | 8 | 4 | 231 | 276 | 41 | 24 | 69 | 178 | 79 | 556 | 1.467 | 3.404 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m²] | | | | | | | | | | | | | 307 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 10

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

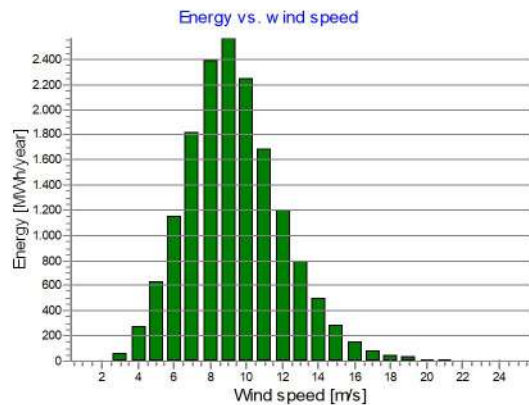
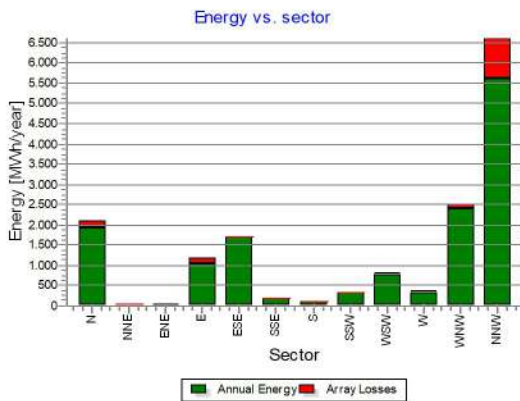
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 6 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,201 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.119,4 | 36,9 | 21,1 | 1.183,5 | 1.709,0 | 194,4 | 116,5 | 319,3 | 800,1 | 353,6 | 2.501,0 | 6.599,2 | 15.953,9 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 204,1 | 3,3 | 3,0 | 157,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,9 | 15,6 | 103,7 | 993,2 | 1.491,4 |
| Resulting energy | [MWh] | 1.915,3 | 33,6 | 18,1 | 1.025,8 | 1.709,0 | 194,4 | 116,5 | 319,3 | 789,1 | 338,0 | 2.397,3 | 5.606,0 | 14.462,5 |
| Specific energy | [kWh/m²] | | | | | | | | | | | | | 757 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.214 |
| Decrease due to array losses | [%] | 9,6 | 9,0 | 14,2 | 13,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 4,4 | 4,1 | 15,1 | 9,35 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 27,5 | 31,1 | 35,1 | 33,1 | 45,0 | 41,3 | 37,7 | 32,3 | 23,3 | 29,5 | 30,0 | 24,2 | 28,1 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 426 | 7 | 4 | 228 | 380 | 43 | 26 | 71 | 175 | 75 | 533 | 1.246 | 3.214 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m²] | | | | | | | | | | | | | 307 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 11

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

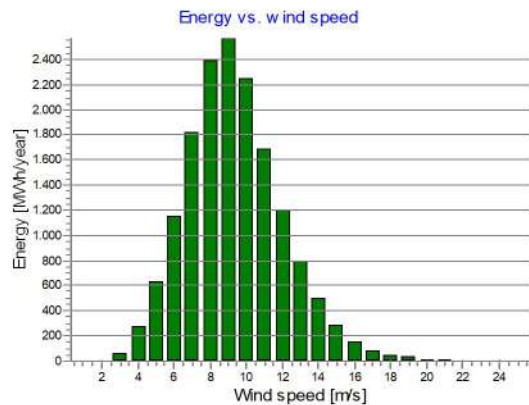
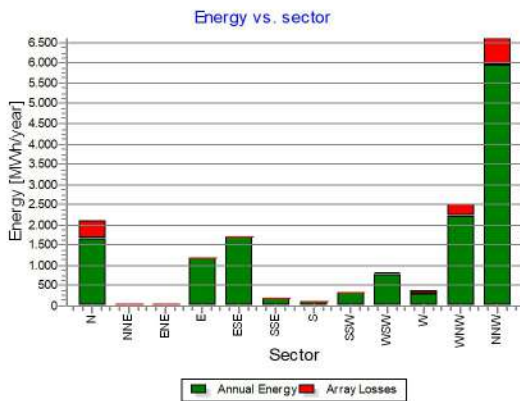
PARK - Production Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 7 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O!, Hub height: 100,0 m, Air density: 1,202 kg/m³

Directional Analysis

| Sector | | 0 N | 1 NNE | 2 ENE | 3 E | 4 ESE | 5 SSE | 6 S | 7 SSW | 8 WSW | 9 W | 10 WNW | 11 NNW | Total |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Roughness based energy | [MWh] | 2.120,0 | 37,0 | 21,1 | 1.183,8 | 1.709,5 | 194,5 | 116,5 | 319,4 | 800,3 | 353,7 | 2.501,7 | 6.601,0 | 15.958,3 |
| -Decrease due to array losses | [MWh] | 460,1 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,5 | 48,5 | 275,9 | 657,9 | 1.454,3 |
| Resulting energy | [MWh] | 1.659,9 | 35,6 | 21,1 | 1.183,8 | 1.709,5 | 194,5 | 116,5 | 319,4 | 789,8 | 305,2 | 2.225,7 | 5.943,2 | 14.504,1 |
| Specific energy | [kWh/m²] | | | | | | | | | | | | | 759 |
| Specific energy | [kWh/kW] | | | | | | | | | | | | | 3.223 |
| Decrease due to array losses | [%] | 21,7 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 13,7 | 11,0 | 10,0 | 9,11 |
| Directional Distribution | [%] | 13,3 | 0,2 | 0,1 | 7,4 | 10,7 | 1,2 | 0,7 | 2,0 | 5,0 | 2,2 | 15,7 | 41,4 | 100,0 |
| Utilization | [%] | 23,9 | 32,9 | 40,9 | 38,2 | 45,0 | 41,3 | 37,7 | 32,3 | 23,3 | 26,6 | 27,9 | 25,7 | 28,2 |
| Full Load Equivalent | [Hours/year] | 369 | 8 | 5 | 263 | 380 | 43 | 26 | 71 | 176 | 68 | 495 | 1.321 | 3.223 |
| Mean wind speed*) | [m/s] | 6,3 | 2,8 | 2,3 | 6,2 | 5,4 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 7,0 | 4,6 | 6,3 | 7,8 | 6,3 |
| Power density | [W/m²] | | | | | | | | | | | | | 307 |

*) Influence of array losses and regional correction factor not included



Project:
PROGETTO STELLA

Printed/Page
24/02/2024 21:49 / 12
Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com
Calculated:
24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Power Curve Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"WTG: 1 - SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O! Level 0 - Calculated -- 01-2024, Hub height: 100,0 m

Name: Level 0 - Calculated -- 01-2024
Source: Manufacturer

| Source/Date | Created by | Created | Edited | Stop wind speed [m/s] | Power control | CT curve type |
|-------------|------------|------------|------------|--------------------------|---------------|----------------|
| 15/01/2024 | USER | 01/02/2024 | 02/02/2024 | 25,0 | Stall | Standard stall |

HP curve comparison - Note: For standard air density and weibull k parameter = 2

| Vmean | [m/s] | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| HP value | [MWh] | 8.382 | 12.257 | 16.733 | 20.388 | 22.762 | 25.788 |
| SINOVEL SL4500/156 4500 156.0 !O! Level 0 - Calculated -- 01-2024 | [MWh] | 9.962 | 14.413 | 18.386 | 21.717 | 24.405 | 26.486 |
| Check value | [%] | -16 | -15 | -9 | -6 | -7 | -3 |

The table shows comparison between annual energy production calculated on basis of simplified "HP-curves" which assume that all WTGs performs quite similar - only specific power loading (kW/m²) and single/dual speed or stall/pitch decides the calculated values. Productions are without wake losses.
For further details, ask at the Danish Energy Agency for project report J.nr. 51171/00-0016 or see WindPRO manual chapter 3.5.2.
The method is refined in EMD report "20 Detailed Case Studies comparing Project Design Calculations and actual Energy Productions for Wind Energy Projects worldwide", jan 2003.
Use the table to evaluate if the given power curve is reasonable - if the check value are lower than -5%, the power curve probably is too optimistic due to uncertainty in power curve measurement.

Power curve

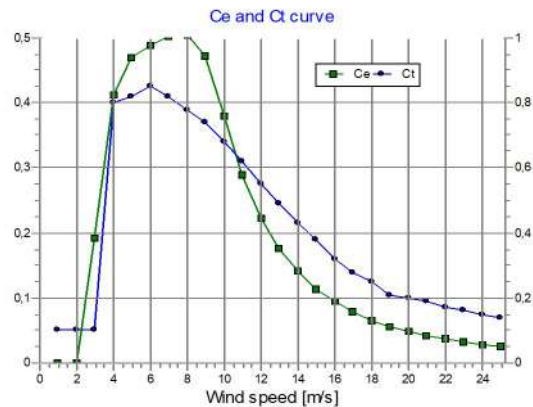
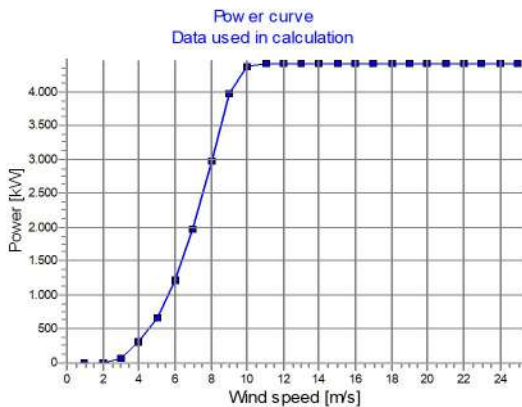
Original data from Windcat, Air density: 1,225 kg/m³

| Wind speed [m/s] | Power [kW] | Ce | Wind speed [m/s] | Ct curve |
|---------------------|---------------|------|---------------------|----------|
| 3,0 | 60,7 | 0,19 | 1,0 | 0,10 |
| 3,5 | 175,6 | 0,35 | 2,0 | 0,10 |
| 4,0 | 308,8 | 0,41 | 3,0 | 0,10 |
| 4,5 | 478,7 | 0,45 | 4,0 | 0,80 |
| 5,0 | 687,2 | 0,47 | 5,0 | 0,82 |
| 5,5 | 933,8 | 0,48 | 6,0 | 0,85 |
| 6,0 | 1.232,9 | 0,49 | 7,0 | 0,82 |
| 6,5 | 1.593,2 | 0,50 | 8,0 | 0,78 |
| 7,0 | 2.019,7 | 0,50 | 9,0 | 0,74 |
| 7,5 | 2.500,1 | 0,51 | 10,0 | 0,68 |
| 8,0 | 3.026,8 | 0,50 | 11,0 | 0,62 |
| 8,5 | 3.596,3 | 0,50 | 12,0 | 0,55 |
| 9,0 | 4.038,2 | 0,47 | 13,0 | 0,49 |
| 9,5 | 4.301,5 | 0,43 | 14,0 | 0,43 |
| 10,0 | 4.451,5 | 0,38 | 15,0 | 0,38 |
| 10,5 | 4.500,0 | 0,33 | 16,0 | 0,32 |
| 11,0 | 4.500,0 | 0,29 | 17,0 | 0,28 |
| 11,5 | 4.500,0 | 0,25 | 18,0 | 0,25 |
| 12,0 | 4.500,0 | 0,22 | 19,0 | 0,21 |
| 12,5 | 4.500,0 | 0,20 | 20,0 | 0,20 |
| 13,0 | 4.500,0 | 0,17 | 21,0 | 0,19 |
| 13,5 | 4.500,0 | 0,16 | 22,0 | 0,17 |
| 14,0 | 4.500,0 | 0,14 | 23,0 | 0,16 |
| 14,5 | 4.500,0 | 0,13 | 24,0 | 0,15 |
| 15,0 | 4.500,0 | 0,11 | 25,0 | 0,14 |
| 15,5 | 4.500,0 | 0,10 | 26,0 | 0,13 |
| 16,0 | 4.500,0 | 0,09 | 27,0 | 0,12 |
| 16,5 | 4.500,0 | 0,09 | 28,0 | 0,11 |
| 17,0 | 4.500,0 | 0,08 | 29,0 | 0,10 |

Power, Efficiency and energy vs. wind speed

Data used in calculation, Air density: 1,202 kg/m³ New WindPRO method (adjusted IEC method, improved to match turbine control) <RECOMMENDED>

| Wind speed [m/s] | Power [kW] | Ce | Interval [m/s] | Energy [MWh] | Acc.Energy [MWh] | Relative [%] |
|---------------------|---------------|------|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| 1,0 | 0,0 | 0,00 | 0,50-1,50 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2,0 | 0,0 | 0,00 | 1,50-2,50 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3,0 | 59,6 | 0,19 | 2,50-3,50 | 63,9 | 63,9 | 0,4 |
| 4,0 | 303,1 | 0,41 | 3,50-4,50 | 267,7 | 331,6 | 2,1 |
| 5,0 | 674,5 | 0,47 | 4,50-5,50 | 626,4 | 958,0 | 6,1 |
| 6,0 | 1.210,2 | 0,49 | 5,50-6,50 | 1.142,2 | 2.100,2 | 13,3 |
| 7,0 | 1.982,5 | 0,50 | 6,50-7,50 | 1.790,2 | 3.890,4 | 24,7 |
| 8,0 | 2.971,0 | 0,50 | 7,50-8,50 | 2.355,4 | 6.245,8 | 39,7 |
| 9,0 | 3.963,8 | 0,47 | 8,50-9,50 | 2.532,7 | 8.778,4 | 55,7 |
| 10,0 | 4.369,4 | 0,38 | 9,50-10,50 | 2.221,1 | 10.999,5 | 69,8 |
| 11,0 | 4.417,1 | 0,29 | 10,50-11,50 | 1.663,1 | 12.662,6 | 80,4 |
| 12,0 | 4.417,1 | 0,22 | 11,50-12,50 | 1.182,9 | 13.845,4 | 87,9 |
| 13,0 | 4.417,1 | 0,17 | 12,50-13,50 | 780,9 | 14.626,4 | 92,9 |
| 14,0 | 4.417,1 | 0,14 | 13,50-14,50 | 497,0 | 15.123,4 | 96,0 |
| 15,0 | 4.417,1 | 0,11 | 14,50-15,50 | 280,4 | 15.403,8 | 97,8 |
| 16,0 | 4.417,1 | 0,09 | 15,50-16,50 | 151,6 | 15.555,4 | 98,8 |
| 17,0 | 4.417,1 | 0,08 | 16,50-17,50 | 84,9 | 15.640,4 | 99,3 |
| 18,0 | 4.417,1 | 0,07 | 17,50-18,50 | 50,7 | 15.691,1 | 99,6 |
| 19,0 | 4.417,1 | 0,06 | 18,50-19,50 | 30,3 | 15.721,3 | 99,8 |
| 20,0 | 4.417,1 | 0,05 | 19,50-20,50 | 16,2 | 15.737,5 | 99,9 |
| 21,0 | 4.417,1 | 0,04 | 20,50-21,50 | 8,5 | 15.746,0 | 100,0 |
| 22,0 | 4.417,1 | 0,04 | 21,50-22,50 | 3,1 | 15.749,1 | 100,0 |
| 23,0 | 4.417,1 | 0,03 | 22,50-23,50 | 2,7 | 15.751,8 | 100,0 |
| 24,0 | 4.417,1 | 0,03 | 23,50-24,50 | 0,3 | 15.752,2 | 100,0 |
| 25,0 | 4.417,1 | 0,02 | 24,50-25,50 | 0,0 | 15.752,2 | 100,0 |



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 13

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

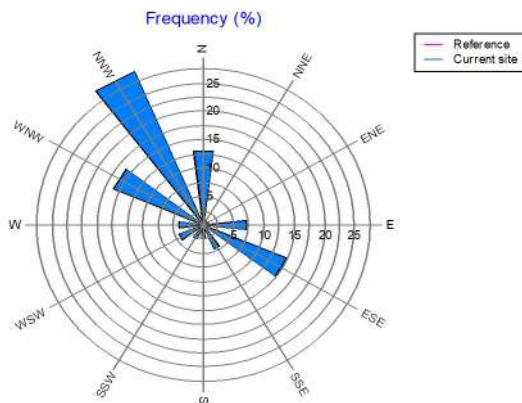
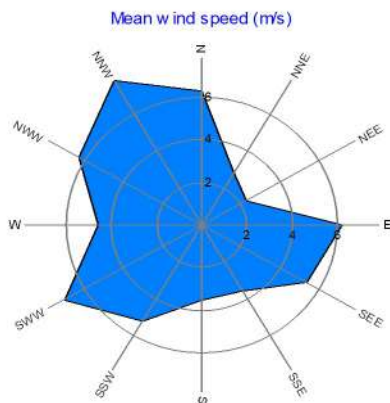
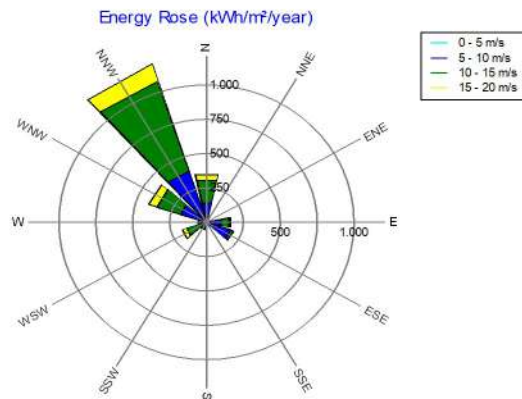
PARK - Wind Data Analysis

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA" Wind data: A - mast RG; Hub height: 100,0

Site Coordinates

UTM WGS 84 Zone: 33 East: 545.745,15 North: 4.608.485,37

| Sector | Wind gradient exponent | Sum | 0,00 | 0,50 | 1,50 | 2,50 | 3,50 - 4,50 | 4,50 - 5,50 | 5,50 - 6,50 | 6,50 - 7,50 | 7,50 - 8,50 | 8,50 - 9,50 | 9,50 - 10,50 | 10,50 - 11,50 | 11,50 - 12,50 | 12,50 - 13,50 | 13,50 - 14,50 | 14,50 - 15,50 | 15,50 - 16,50 | 16,50 - 17,50 | 17,50 - 18,50 | 18,50 - 19,50 | 19,50 - 20,50 | 20,50 - 21,50 | 21,50 - 22,50 |
|--------|------------------------|--------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0 N | 0,128 | 13520 | 354 | 917 | 1162 | 1192 | 1357 | 1687 | 1559 | 1405 | 1169 | 949 | 658 | 466 | 273 | 159 | 80 | 50 | 45 | 14 | 15 | 4 | | 5 | |
| 1 NNE | 0,135 | 828 | 112 | 272 | 165 | 98 | 39 | 36 | 19 | 21 | 21 | 19 | 14 | 5 | 5 | 2 | | | | | | | | | |
| 2 ENE | 0,054 | 873 | 117 | 303 | 186 | 105 | 62 | 29 | 21 | 18 | 19 | 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 E | 0,166 | 7451 | 178 | 430 | 595 | 580 | 742 | 934 | 1126 | 1091 | 799 | 503 | 235 | 145 | 57 | 21 | 10 | 5 | | | | | | | |
| 4 ESE | 0,098 | 15220 | 169 | 582 | 1136 | 1872 | 2420 | 2763 | 2334 | 1878 | 1169 | 618 | 236 | 35 | 5 | 2 | 1 | | | | | | | | |
| 5 SSE | 0,147 | 4611 | 204 | 583 | 979 | 998 | 832 | 534 | 278 | 106 | 46 | 21 | 13 | 8 | 3 | 3 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 6 S | 0,173 | 2323 | 147 | 485 | 464 | 398 | 282 | 220 | 144 | 84 | 49 | 20 | 11 | 8 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | | | | | | |
| 7 SSW | 0,183 | 2633 | 120 | 387 | 400 | 271 | 211 | 245 | 247 | 244 | 186 | 121 | 78 | 54 | 36 | 20 | 6 | 3 | 4 | | | | | | |
| 8 WSW | 0,137 | 4335 | 208 | 388 | 390 | 273 | 326 | 318 | 346 | 388 | 301 | 319 | 291 | 266 | 196 | 154 | 74 | 53 | 31 | 10 | 2 | 1 | | | |
| 9 W | 0,148 | 4026 | 225 | 495 | 711 | 655 | 474 | 375 | 327 | 222 | 201 | 96 | 65 | 55 | 50 | 37 | 25 | 12 | 1 | | | | | | |
| 10 WNW | 0,170 | 16466 | 247 | 808 | 1446 | 1709 | 2149 | 2203 | 2203 | 1711 | 1359 | 1005 | 687 | 399 | 220 | 111 | 81 | 40 | 27 | 30 | 20 | 9 | 2 | | |
| 11 NNW | 0,125 | 30097 | 306 | 808 | 1224 | 1702 | 2413 | 2682 | 3411 | 3585 | 3540 | 3224 | 2585 | 1921 | 1273 | 757 | 364 | 147 | 75 | 50 | 13 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| Sum | | 102383 | 2387 | 6458 | 8858 | 9853 | 11307 | 12026 | 12015 | 10753 | 8859 | 6906 | 4873 | 3362 | 2123 | 1270 | 643 | 311 | 185 | 106 | 50 | 24 | 6 | 7 | 1 |



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 14

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Park power curve

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"

| Wind speed [m/s] | Power | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|----------------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|
| | Free WTGs [kW] | Park WTGs [kW] | N [kW] | NNE [kW] | ENE [kW] | E [kW] | ESE [kW] | SSE [kW] | S [kW] | SSW [kW] | WSW [kW] | W [kW] | WNW [kW] | NNW [kW] |
| 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2,5 | 27 | 23 | 19 | 20 | 18 | 23 | 28 | 24 | 21 | 16 | 13 | 22 | 28 | 23 |
| 3,5 | 1.707 | 1.580 | 1.565 | 1.501 | 1.485 | 1.554 | 1.634 | 1.555 | 1.548 | 1.530 | 1.513 | 1.569 | 1.632 | 1.565 |
| 4,5 | 4.397 | 3.959 | 3.915 | 3.816 | 3.754 | 3.916 | 4.088 | 3.925 | 3.915 | 3.797 | 3.771 | 3.929 | 4.085 | 3.919 |
| 5,5 | 8.457 | 7.652 | 7.579 | 7.396 | 7.299 | 7.568 | 7.889 | 7.593 | 7.583 | 7.358 | 7.319 | 7.602 | 7.873 | 7.579 |
| 6,5 | 14.314 | 12.964 | 12.857 | 12.513 | 12.335 | 12.817 | 13.347 | 12.866 | 12.852 | 12.469 | 12.406 | 12.875 | 13.319 | 12.851 |
| 7,5 | 22.233 | 20.269 | 20.137 | 19.578 | 19.312 | 20.041 | 20.813 | 20.112 | 20.097 | 19.580 | 19.471 | 20.148 | 20.771 | 20.112 |
| 8,5 | 31.176 | 28.850 | 28.795 | 28.241 | 27.982 | 28.623 | 29.372 | 28.661 | 28.732 | 28.231 | 28.137 | 28.760 | 29.324 | 28.657 |
| 9,5 | 36.527 | 35.078 | 35.075 | 35.066 | 34.987 | 35.073 | 35.309 | 34.962 | 35.087 | 34.912 | 34.855 | 35.158 | 35.300 | 34.899 |
| 10,5 | 37.915 | 37.493 | 37.478 | 37.567 | 37.591 | 37.537 | 37.549 | 37.460 | 37.479 | 37.522 | 37.371 | 37.564 | 37.558 | 37.431 |
| 11,5 | 37.915 | 37.884 | 37.878 | 37.899 | 37.906 | 37.899 | 37.890 | 37.885 | 37.878 | 37.890 | 37.809 | 37.898 | 37.896 | 37.882 |
| 12,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 13,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 14,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 15,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 16,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 17,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 18,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 19,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 20,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 21,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 22,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 23,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 24,5 | 37.915 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 | 37.906 |
| 25,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Description:

The park power curve is similar to a WTG power curve, meaning that when a given wind speed appears in front of the park with same speed in the entire wind farm area (before influence from the park), the output from the park can be found in the park power curve. Another way to say this: The park power curve includes array losses, but do NOT include terrain given variations in the wind speed over the park area.

Measuring a park power curve is not as simple as measuring a WTG power curve due to the fact that the park power curve depends on the wind direction and that the same wind speed normally will not appear for the entire park area at the same time (only in very flat non-complex terrain). The idea with this version of the park power curve is not to use it for validation based on measurements. This would require at least 2 measurement masts at two sides of the park, unless only a few direction sectors should be tested, AND non complex terrain (normally only useable off shore). Another park power curve version for complex terrain is available in WindPRO.

The park power curve can be used for:

- Forecast systems, based on more rough (approximated) wind data, the park power curve would be an efficient way to make the connection from wind speed (and direction) to power.
- Construction of duration curves, telling how often a given power output will appear, the park power curve can be used together with the average wind distribution for the Wind farm area in hub height. The average wind distribution can eventually be obtained based on the Weibull parameters for each WTG position. These are found at print menu: >Result to file< in the >Park result< which can be saved to file or copied to clipboard and pasted in Excel.
- Calculation of wind energy index based on the PARK production (see below).
- Estimation of the expected PARK production for an existing wind farm based on wind measurements at minimum 2 measurement masts at two sides of wind farm. The masts must be used for obtaining the free wind speed. The free wind speed is used in the simulation of expected energy production with the PARK power curve. This procedure will only work suitable in non complex terrains. For complex terrain another park power curve calculation is available in WindPRO (PPV-model).

Note:

From the >Result to file< the >Wind Speeds Inside Wind farm< is also available. These can (e.g. via Excel) be used for extracting the wake induced reductions in measured wind speed.

Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 15

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

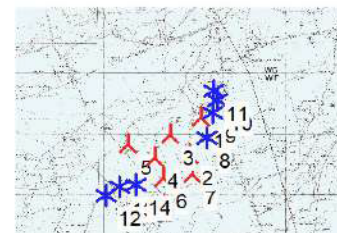
24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - WTG distances

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"

WTG distances

| Z | Nearest WTG | Z | Horizontal distance | Distance in rotor diameters | Distance in rotor diameters |
|---------|-------------|-------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| [m] | [m] | [m] | [m] | (max) | (min) |
| 1 55,4 | 9 53,3 | 418 | 4,6 | 2,7 | |
| 2 59,2 | 7 60,8 | 634 | 4,1 | 4,1 | |
| 3 57,4 | 4 61,6 | 896 | 5,7 | 5,7 | |
| 4 61,6 | 6 63,7 | 747 | 4,8 | 4,8 | |
| 5 61,0 | 4 61,6 | 1.004 | 6,4 | 6,4 | |
| 6 63,7 | 4 61,6 | 747 | 4,8 | 4,8 | |
| 7 60,8 | 2 59,2 | 634 | 4,1 | 4,1 | |
| 8 56,4 | 1 55,4 | 726 | 8,0 | 4,7 | |
| 9 53,3 | 1 55,4 | 418 | 4,6 | 2,7 | |
| 10 52,5 | 11 50,8 | 318 | 3,5 | 3,5 | |
| 11 50,8 | 10 52,5 | 318 | 3,5 | 3,5 | |
| 12 68,4 | 13 66,8 | 531 | 5,9 | 5,9 | |
| 13 66,8 | 12 68,4 | 531 | 5,9 | 5,9 | |
| 14 66,9 | 13 66,8 | 542 | 6,0 | 6,0 | |



Scale 1:250.000

New WTG

Existing WTG

Meteorological Data

Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 16

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Time varying AEP**Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"**

Windfarm: 38,5 MW based on 14 turbines with 2,8 MW (in average).

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses but no other losses.

Used wind distribution: mast RG - C1 50,00 m. 27/10/2006 - 07/10/2008 (711 days), 10 minutes, 100%

| Hour/Month [MWh] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Grand Total |
|---------------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------------|
| 0 | 386 | 418 | 421 | 306 | 335 | 273 | 295 | 403 | 393 | 332 | 411 | 488 | 4.460 |
| 1 | 352 | 475 | 407 | 306 | 341 | 280 | 315 | 415 | 364 | 344 | 408 | 490 | 4.499 |
| 2 | 394 | 448 | 404 | 290 | 348 | 263 | 318 | 421 | 360 | 375 | 378 | 515 | 4.513 |
| 3 | 439 | 438 | 380 | 309 | 363 | 253 | 354 | 433 | 364 | 377 | 412 | 531 | 4.655 |
| 4 | 389 | 409 | 395 | 309 | 377 | 242 | 375 | 425 | 373 | 374 | 432 | 500 | 4.600 |
| 5 | 382 | 415 | 424 | 344 | 381 | 261 | 371 | 432 | 354 | 377 | 460 | 511 | 4.711 |
| 6 | 401 | 407 | 451 | 382 | 395 | 274 | 319 | 438 | 385 | 392 | 454 | 506 | 4.802 |
| 7 | 435 | 407 | 460 | 296 | 320 | 265 | 279 | 395 | 350 | 331 | 443 | 523 | 4.504 |
| 8 | 420 | 369 | 459 | 280 | 354 | 293 | 376 | 397 | 332 | 335 | 427 | 510 | 4.551 |
| 9 | 402 | 390 | 455 | 327 | 427 | 327 | 429 | 431 | 386 | 374 | 413 | 502 | 4.865 |
| 10 | 396 | 394 | 508 | 337 | 469 | 355 | 501 | 491 | 458 | 414 | 425 | 512 | 5.259 |
| 11 | 418 | 418 | 536 | 352 | 466 | 353 | 537 | 520 | 478 | 434 | 469 | 535 | 5.516 |
| 12 | 446 | 448 | 612 | 410 | 546 | 419 | 589 | 568 | 533 | 459 | 502 | 527 | 6.057 |
| 13 | 470 | 504 | 651 | 475 | 579 | 425 | 651 | 626 | 574 | 501 | 514 | 551 | 6.521 |
| 14 | 530 | 570 | 672 | 505 | 633 | 517 | 699 | 697 | 649 | 544 | 527 | 573 | 7.114 |
| 15 | 526 | 641 | 721 | 618 | 747 | 568 | 788 | 757 | 723 | 548 | 541 | 558 | 7.739 |
| 16 | 554 | 643 | 731 | 636 | 745 | 610 | 857 | 808 | 774 | 536 | 564 | 527 | 7.987 |
| 17 | 521 | 569 | 698 | 602 | 741 | 595 | 841 | 799 | 792 | 528 | 537 | 537 | 7.761 |
| 18 | 490 | 508 | 639 | 505 | 638 | 546 | 757 | 735 | 749 | 471 | 484 | 473 | 6.994 |
| 19 | 481 | 463 | 520 | 417 | 551 | 450 | 650 | 683 | 607 | 384 | 449 | 466 | 6.118 |
| 20 | 445 | 449 | 487 | 407 | 455 | 379 | 535 | 577 | 531 | 349 | 420 | 504 | 5.539 |
| 21 | 435 | 467 | 491 | 363 | 396 | 301 | 446 | 482 | 506 | 343 | 439 | 505 | 5.173 |
| 22 | 367 | 476 | 447 | 332 | 387 | 289 | 398 | 431 | 438 | 330 | 427 | 511 | 4.833 |
| 23 | 394 | 426 | 430 | 320 | 360 | 313 | 329 | 399 | 408 | 336 | 418 | 492 | 4.626 |
| Grand Total | 10.473 | 11.152 | 12.397 | 9.428 | 11.355 | 8.852 | 12.011 | 12.763 | 11.879 | 9.788 | 10.951 | 12.346 | 133.395 |

| Hour/Month [MW] | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Grand Total |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 0 | 12,4 | 14,9 | 13,6 | 10,2 | 10,8 | 9,1 | 9,5 | 13,0 | 13,1 | 10,7 | 13,7 | 15,8 | 12,2 |
| 1 | 11,4 | 17,0 | 13,1 | 10,2 | 11,0 | 9,3 | 10,2 | 13,4 | 12,1 | 11,1 | 13,6 | 15,8 | 12,3 |
| 2 | 12,7 | 16,0 | 13,0 | 9,7 | 11,2 | 8,8 | 10,3 | 13,6 | 12,0 | 12,1 | 12,6 | 16,6 | 12,4 |
| 3 | 14,2 | 15,6 | 12,3 | 10,3 | 11,7 | 8,4 | 11,4 | 14,0 | 12,1 | 12,2 | 13,7 | 17,1 | 12,8 |
| 4 | 12,6 | 14,6 | 12,7 | 10,3 | 12,2 | 8,1 | 12,1 | 13,7 | 12,4 | 12,1 | 14,4 | 16,1 | 12,6 |
| 5 | 12,3 | 14,8 | 13,7 | 11,5 | 12,3 | 8,7 | 12,0 | 13,9 | 11,8 | 12,2 | 15,3 | 16,5 | 12,9 |
| 6 | 12,9 | 14,5 | 14,5 | 12,7 | 12,7 | 9,1 | 10,3 | 14,1 | 12,8 | 12,6 | 15,1 | 16,3 | 13,2 |
| 7 | 14,0 | 14,5 | 14,8 | 9,9 | 10,3 | 8,8 | 9,0 | 12,7 | 11,7 | 10,7 | 14,8 | 16,9 | 12,3 |
| 8 | 13,6 | 13,2 | 14,8 | 9,3 | 11,4 | 9,8 | 12,1 | 12,8 | 11,1 | 10,8 | 14,2 | 16,5 | 12,5 |
| 9 | 13,0 | 13,9 | 14,7 | 10,9 | 13,8 | 10,9 | 13,9 | 13,9 | 12,9 | 12,1 | 13,8 | 16,2 | 13,3 |
| 10 | 12,8 | 14,1 | 16,4 | 11,2 | 15,1 | 11,8 | 16,1 | 15,8 | 15,3 | 13,4 | 14,2 | 16,5 | 14,4 |
| 11 | 13,5 | 14,9 | 17,3 | 11,7 | 15,0 | 11,8 | 17,3 | 16,8 | 15,9 | 14,0 | 15,6 | 17,2 | 15,1 |
| 12 | 14,4 | 16,0 | 19,7 | 13,7 | 17,6 | 14,0 | 19,0 | 18,3 | 17,8 | 14,8 | 16,7 | 17,0 | 16,6 |
| 13 | 15,2 | 18,0 | 21,0 | 15,8 | 18,7 | 14,2 | 21,0 | 20,2 | 19,1 | 16,2 | 17,1 | 17,8 | 17,9 |
| 14 | 17,1 | 20,4 | 21,7 | 16,8 | 20,4 | 17,2 | 22,5 | 22,5 | 21,6 | 17,5 | 17,6 | 18,5 | 19,5 |
| 15 | 17,0 | 22,9 | 23,3 | 20,6 | 24,1 | 18,9 | 25,4 | 24,4 | 24,1 | 17,7 | 18,0 | 18,0 | 21,2 |
| 16 | 17,9 | 23,0 | 23,6 | 21,2 | 24,0 | 20,3 | 27,7 | 26,1 | 25,8 | 17,3 | 18,8 | 17,0 | 21,9 |
| 17 | 16,8 | 20,3 | 22,5 | 20,1 | 23,9 | 19,8 | 27,1 | 25,8 | 26,4 | 17,0 | 17,9 | 17,3 | 21,3 |
| 18 | 15,8 | 18,1 | 20,6 | 16,8 | 20,6 | 18,2 | 24,4 | 23,7 | 25,0 | 15,2 | 16,1 | 15,3 | 19,2 |
| 19 | 15,5 | 16,5 | 16,8 | 13,9 | 17,8 | 15,0 | 21,0 | 22,0 | 20,2 | 12,4 | 15,0 | 15,0 | 16,8 |
| 20 | 14,4 | 16,0 | 15,7 | 13,6 | 14,7 | 12,6 | 17,3 | 18,6 | 17,7 | 11,3 | 14,0 | 16,2 | 15,2 |
| 21 | 14,0 | 16,7 | 15,8 | 12,1 | 12,8 | 10,0 | 14,4 | 15,5 | 16,9 | 11,1 | 14,6 | 16,3 | 14,2 |
| 22 | 11,8 | 17,0 | 14,4 | 11,1 | 12,5 | 9,6 | 12,8 | 13,9 | 14,6 | 10,7 | 14,2 | 16,5 | 13,2 |
| 23 | 12,7 | 15,2 | 13,9 | 10,7 | 11,6 | 10,4 | 10,6 | 12,9 | 13,6 | 10,8 | 13,9 | 15,9 | 12,7 |
| Grand Total | 14,1 | 16,6 | 16,7 | 13,1 | 15,3 | 12,3 | 16,1 | 17,2 | 16,5 | 13,2 | 15,2 | 16,6 | 15,2 |

Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 17

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

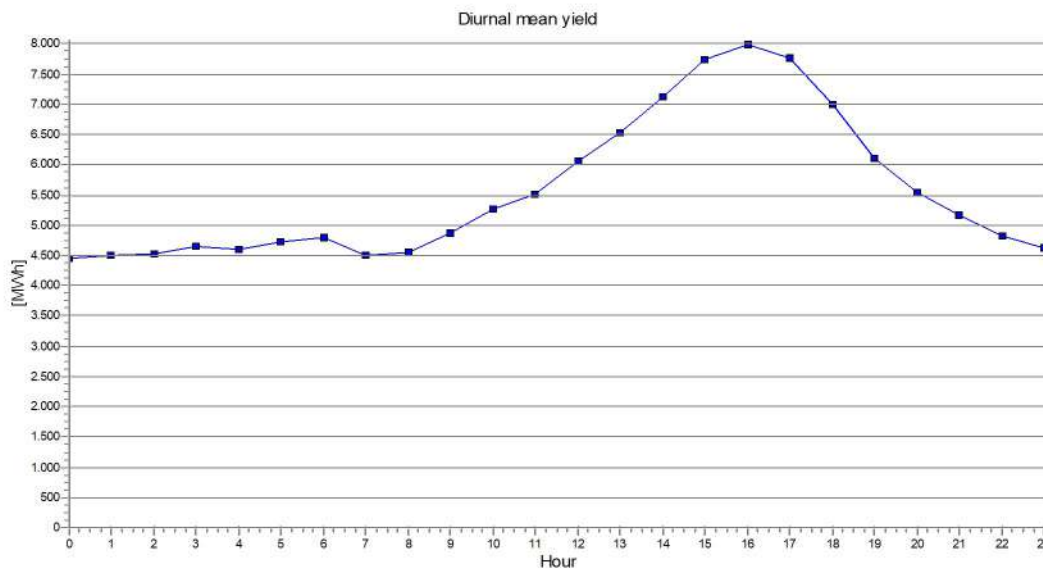
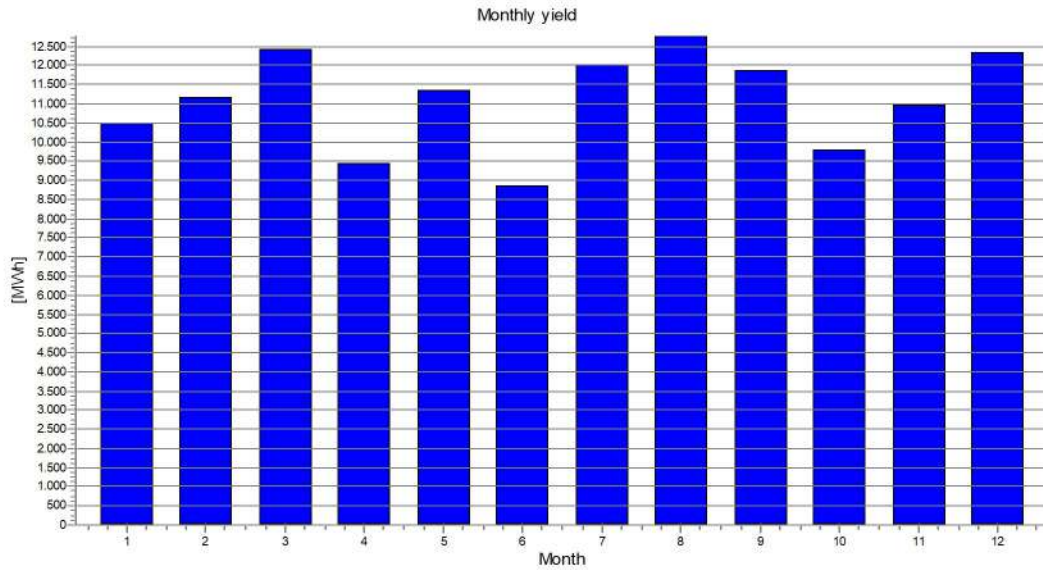
PARK - Time varying AEP

Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"

Windfarm: 38,5 MW based on 14 turbines with 2,8 MW (in average).

Calculated mean yield per month and hour [MWh]. The result includes wake losses but no other losses.

Used wind distribution: mast RG - C1 50,00 m. 27/10/2006 - 07/10/2008 (711 days), 10 minutes, 100%



Project:

PROGETTO STELLA

Printed/Page

24/02/2024 21:49 / 18

Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com

Calculated:

24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Time varying AEP

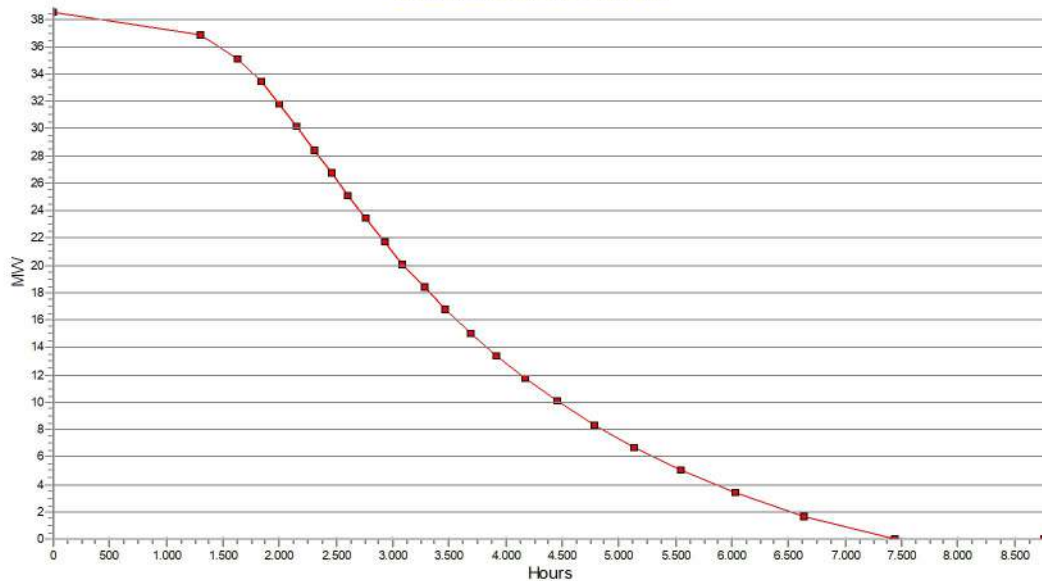
Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"

Windfarm: 38,5 MW based on 14 turbines with 2,8 MW (in average).

Used wind distribution: mast RG - C1 50,00 m. 27/10/2006 - 07/10/2008 (711 days), 10 minutes, 100%

| Hours | Hours [%] | Hours accumulated | Rated power [MW] | Rated power (MW/WTG) |
|-------|-----------|-------------------|------------------|----------------------|
| 0 | 0,0 | 0 | 38,5 | 2,8 |
| 1308 | 14,9 | 1308 | 36,8 - 38,5 | 2,6 - 2,8 |
| 314 | 3,6 | 1621 | 35,2 - 36,8 | 2,5 - 2,6 |
| 212 | 2,4 | 1833 | 33,5 - 35,2 | 2,4 - 2,5 |
| 164 | 1,9 | 1997 | 31,8 - 33,5 | 2,3 - 2,4 |
| 156 | 1,8 | 2153 | 30,1 - 31,8 | 2,2 - 2,3 |
| 157 | 1,8 | 2309 | 28,5 - 30,1 | 2,0 - 2,2 |
| 150 | 1,7 | 2459 | 26,8 - 28,5 | 1,9 - 2,0 |
| 148 | 1,7 | 2607 | 25,1 - 26,8 | 1,8 - 1,9 |
| 152 | 1,7 | 2759 | 23,4 - 25,1 | 1,7 - 1,8 |
| 163 | 1,9 | 2923 | 21,8 - 23,4 | 1,6 - 1,7 |
| 167 | 1,9 | 3090 | 20,1 - 21,8 | 1,4 - 1,6 |
| 188 | 2,2 | 3279 | 18,4 - 20,1 | 1,3 - 1,4 |
| 193 | 2,2 | 3471 | 16,7 - 18,4 | 1,2 - 1,3 |
| 222 | 2,5 | 3694 | 15,1 - 16,7 | 1,1 - 1,2 |
| 223 | 2,6 | 3917 | 13,4 - 15,1 | 1,0 - 1,1 |
| 258 | 2,9 | 4175 | 11,7 - 13,4 | 0,8 - 1,0 |
| 280 | 3,2 | 4455 | 10,0 - 11,7 | 0,7 - 0,8 |
| 322 | 3,7 | 4777 | 8,4 - 10,0 | 0,6 - 0,7 |
| 362 | 4,1 | 5139 | 6,7 - 8,4 | 0,5 - 0,6 |
| 412 | 4,7 | 5551 | 5,0 - 6,7 | 0,4 - 0,5 |
| 477 | 5,4 | 6028 | 3,3 - 5,0 | 0,2 - 0,4 |
| 606 | 6,9 | 6634 | 1,7 - 3,3 | 0,1 - 0,2 |
| 809 | 9,2 | 7443 | 0,0 - 1,7 | 0,0 - 0,1 |
| 1317 | 15,0 | 8760 | 0,0 | 0,0 |

Duration curve 38,5 MW WindFarm



Project:
PROGETTO STELLA

Printed/Page
24/02/2024 21:49 / 19

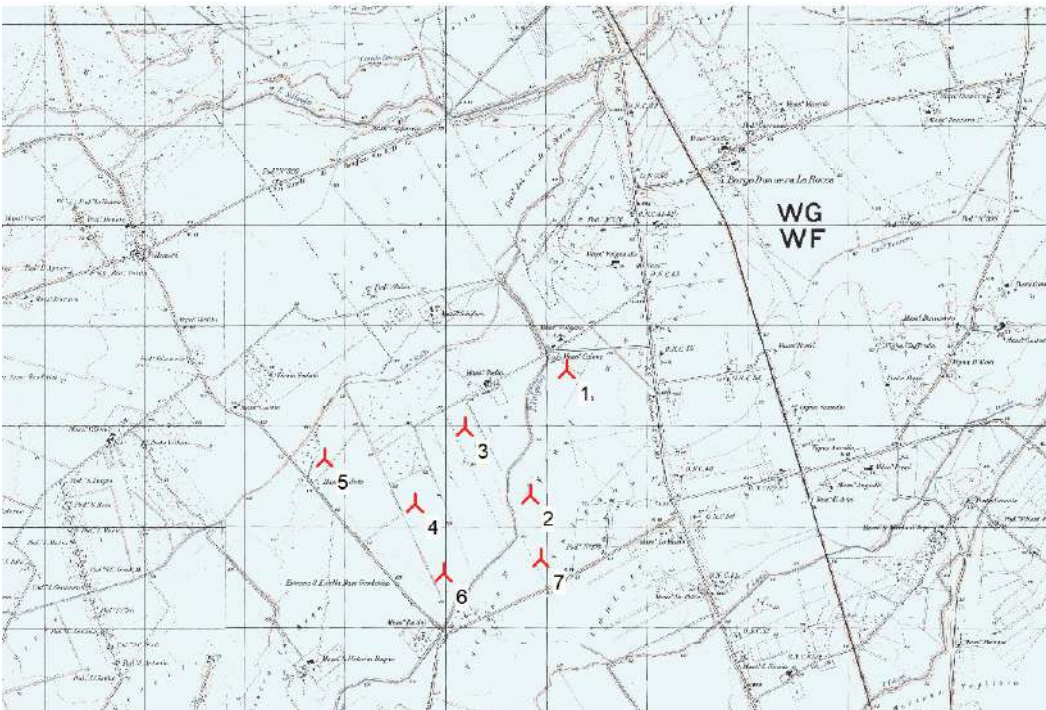
Licensed user:

IT-71100 Foggia

ANGELA CUONZO / angycuonzo@gmail.com
Calculated:
24/02/2024 21:36/2.7.490

PARK - Map


Calculation: Stima producibilità Progetto "STELLA"



0 1 2 3 4 km

Map: IGM , Print scale 1:75.000, Map center UTM WGS 84 Zone: 33 East: 542.234,96 North: 4.602.413,38

 New WTG

 Meteorological Data