



Sviluppo Emilia-Romagna
Analisi di producibilità PD-IT-0205

Preparato per:
EWT Italia Development srl – Filippo Solci
Distribuzione a discrezione del Cliente

Report: **19-1033 TN05 Rev B 0205** - Data di Emissione: **15 Aprile 2022**
Autore: Davide Medici – davide.medici@rengenconsulting.com

Indice

1	Sintesi	2
2	Sviluppo di San Benedetto Val di Sambro	3
2.1	Dati VMM	4
2.2	Dati centrale eolica di Monte Galletto	7
3	Calcolo della producibilità alla turbina di progetto	9
4	Requisiti	13

Revisioni:

TNo6-Rev A 06 Settembre 2021 - Prima versione

TNo6-Rev B 15 Aprile 2022 - Verifica dati misurati ed inclusione Monte Galletto

Ogni responsabilità per questo lavoro si intende ai sensi di legge. Il documento deve essere considerato nella totalità dei documenti eventualmente richiamati. Il lavoro è protetto dalle leggi sul copyright e può essere distribuito solo previo accordo scritto tra il Cliente e RenGen Consulting s.a.s.. Non si assume alcuna responsabilità per le informazioni, utilizzo ed i dati utilizzati per il lavoro.

1 Sintesi

- **Progetto:** Sviluppo Emilia-Romagna

Posizione	Turbina	Potenza	Altezza Mozzo
San Benedetto Val di Sambro	1 *DW61-975kW	975 kW	69 m

Tabella 1.1: Caratteristiche del progetto

- **Scopo del lavoro:** Analisi di producibilità PD-IT-0205

Il progetto ubicato a San Benedetto Val di Sambro, nella provincia di Bologna in Emilia-Romagna è in corso di sviluppo da parte di EWT Italia Development srl. Nello specifico, la turbina è proposta sul crinale ad est di San Benedetto. L'area è complessa orograficamente, tuttavia raggiungibile con strade Provinciali e Comunali e con viabilità agevolata per la presenza in zona di una centrale eolica già in servizio da diversi anni. La velocità del vento è stata stimata con i dati ottenuti da UL Renewables, un consulente indipendente internazionale con vasta esperienza nell'eolico e nelle rinnovabili in genere. Nello specifico i dati da 1 anemometro virtuale sono stati forniti per una posizione prossima allo sviluppo PD-IT-0205 di San Benedetto Val di Sambro ad altezza mozzo. Sono anche stati ottenuti ed utilizzati nell'analisi i dati di produzione della centrale eolica di Monte Galletto che si trova a circa 1.2 km a nordovest, per verificare la metodologia fondata sui dati virtuali tramite software WAsP.

In questa relazione vengono descritte la metodologia utilizzata per ottenere la velocità del vento alla turbina e per stimare la producibilità di lungo periodo. Sono anche state considerate le perdite tipiche per valutare la produzione al punto di consegna con la rete elettrica. La Produzione Netta supera in entrambe le metodologie le 1,800 ore equivalenti.

2 Sviluppo di San Benedetto Val di Sambro

Lo sviluppo si trova nella regione Emilia-Romagna in provincia di Bologna come mostrato in Fig 2.1.

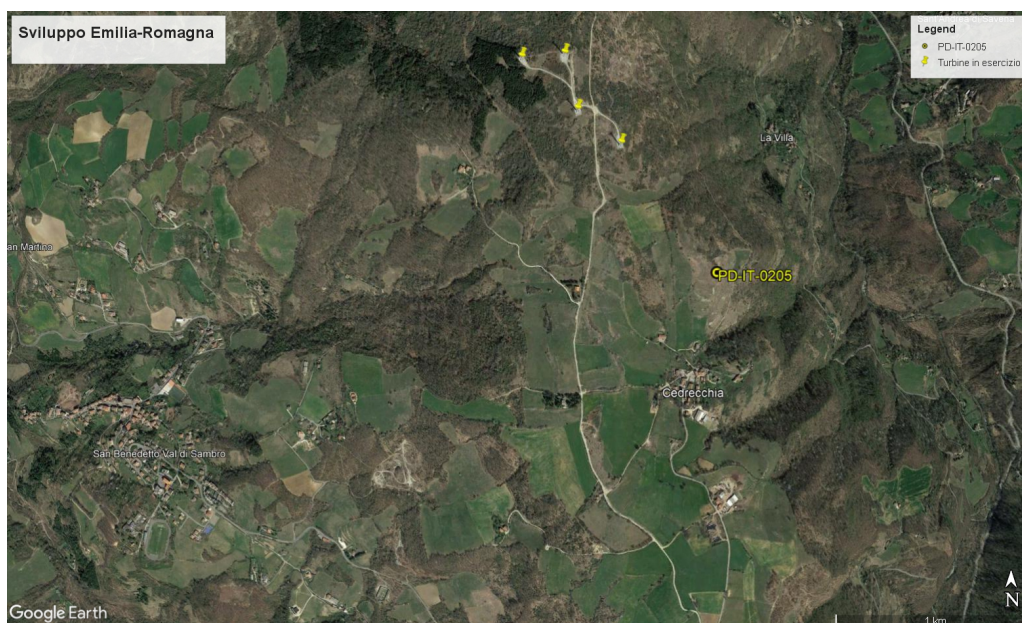


Figura 2.1: Sviluppo Emilia-Romagna

Il terreno su cui si propone lo sviluppo è complesso con una altezza sul livello del mare di circa 850 m, sui crinali esposti ai venti principali. L'orografia complessa è evidenziata in Fig 2.2, in cui sono marcate le pendenze superiori al 17%. Le coordinate sono incluse in Tabella 2.1. Il terreno è adibito in minima parte a coltivazioni con boschi ed arbusti sulle pendenze. La Strada Provinciale SP79 conduce in prossimità del sito di San Benedetto e la viabilità interna è garantita da strade provinciali e strade comunali; si evince che l'accesso al sito non rappresenta un problema allo sviluppo del progetto anche per la presenza della centrale eolica di Monte Galletto già in servizio e visibile a nord in Fig 2.1.

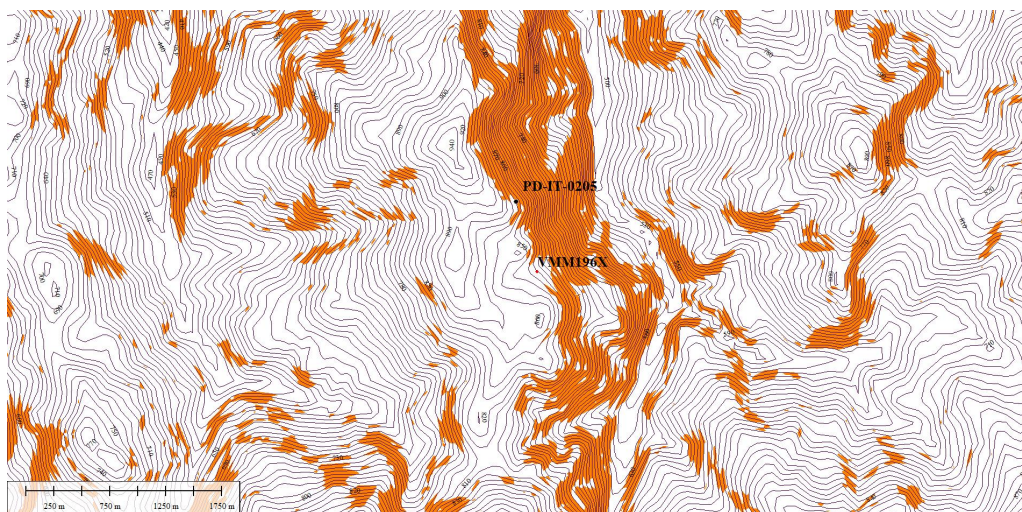


Figura 2.2: Orografia, San Benedetto Val di Sambro

Tabella 2.1: Coordinate di progetto, UTM European 1950 Datum, Zone 32T.

Descrizione	Est [m]	Nord [m]
San Benedetto: PD-IT-0205	680820	4899024
San Benedetto: VMM196x	681008	4898400
Monte Galletto: V1	680174	4899634
Monte Galletto: V2	680303	4899642
Monte Galletto: V3	680351	4899477
Monte Galletto: V4	680483	4899386

2.1 Dati VMM

Il Cliente ha richiesto il calcolo della producibilità sulla base dei dati forniti da UL, un consulente indipendente internazionale con una vasta esperienza in energie rinnovabili e nello specifico di eolico. I dati virtuali forniti da UL sono frutto di una reanalisi inizializzata dai dati NCEP/NCAR attraverso il *Mesoscale Atmospheric Simulation System (MASS)* per ottenere nel punto di interesse una serie oraria di 1 anno tipico rappresentativo del periodo 1997-2012, che quindi non richiede una correlazione con altre misure di lungo periodo.

La metodologia utilizzata da UL per ottenere, nei punti desiderati, la serie oraria annuale si basa infatti su 2 livelli di modellizzazione atmosferica. Il primo modello copre una scala globale per includere la climatologia più estesa, mentre il secondo modello (basato sul software WindMap) è dedicato a simulare le influenze locali sul flusso atmosferico dettate da orografia e rugosità del terreno. Di fatto il primo modello simula le condizioni che si possono considerare di input per calcolare localmente la velocità e direzione del vento nel punto di interesse. La risoluzione dei modelli è necessariamente diversa: il modello climatologico ha una risoluzione di 2 km, mentre il modello dedicato agli effetti locali ha una risoluzione di 200 m. La modellizzazione globale si basa sul *Weather Research and Forecasting (WRF)*, usato dalla comunità scientifica. Il modello WRF risolve le equazioni di Navier-Stokes per flusso compressibile e non equilibrato avendo i dati ERA5 di quinta generazione, gli ultimi disponibili, prodotti da *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)* come input. Questi dati includono misure di lungo periodo da stazioni meteorologiche, rilevamenti aerei, palloni sonda ed altro con una risoluzione di 0.25 gradi cioè circa 30 km. Successivamente viene applicato il modello locale con orografia e rugosità. In un raffinamento successivo dei risultati, il consulente UL ha utilizzato circa 40 punti di misura in Italia per calibrare la propria metodologia includendo sia stazioni meteorologiche che anemometri dedicati allo sviluppo di progetti eolici con almeno 1 anno di misure. La validazione del modello è fatta non solo sulla velocità del vento, ma anche ove possibile sull'esponente di estrapolazione verticale della velocità. La mappa finale viene infine rielaborata per ridurre l'errore su un'area di 50-100 km tra il modello e le misure disponibili.

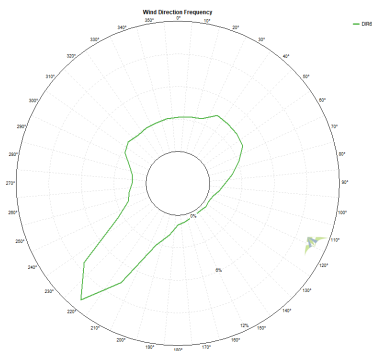
Le serie di dati di velocità e direzione utilizzate per questo studio sono state fornite ad altezza mozzo di 69m per la posizione VMM196x distante circa 650 m dalla posizione della turbina PD-IT-0205. Si nota come la posizione VMM196x possa essere considerata rappresentativa della posizione PD-IT-0205 in termini di esposizione, benchè a quota leggermente inferiore. Le velocità mensili e la media annuale pesata con il numero di giorni per ogni mese sono riportati in Tabella 2.2. La rosa dei venti mostra la tipica componente principale da sudovest come si evince in Fig 2.3. I dati orari di velocità e direzione sono rappresentati per ogni settore di 30 gradi in millesimi in Tabella 2.3. Gli stessi dati sono mostrati in dettaglio in Appendice.

Tabella 2.2: Medie mensili della velocità formite da UL

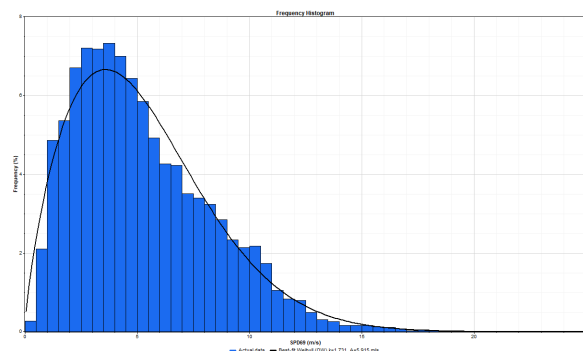
Velocità VMM196x [m/s]	
Gennaio	5.3
Febbraio	5.9
Marzo	5.1
Aprile	5.6
Maggio	5.5
Giugno	4.3
Luglio	4.7
Agosto	4.9
Settembre	5.2
Ottobre	5.8
Novembre	4.9
Dicembre	6.1
Annuale	5.3

La distribuzione di frequenza della velocità e direzione dalla posizione VMM196x è stata estrapolata alla posizione proposta a San Benedetto con il software WAsP, che è considerato lo standard industriale per questo tipo di calcolo. La turbina eolica proposta per questo sviluppo ha interazioni pressochè nulle con altre turbine nell'area, tuttavia si rimanda al capitolo successive per le considerazioni di dettaglio. Il Cliente ha anche fornito dati misurati per oltre 1 anno da un anemometro di 10 m nelle vicinanze del progetto di San Benedetto. Questi dati sono considerati confidenziali, tuttavia usando una estrapolazione ad altezza mozzo di 69 m con la legge esponenziale dello strato limite atmosferico a coefficiente $\alpha = 0.13$, considerato ragionevole per questo scopo vista l'altezza delle misure che risente fortemente degli effetti locali del terreno, si ottiene una conferma sostanziale del valore della serie virtuale VMM196x. Per completezza si riporta la legge esponenziale dello strato limite atmosferico utilizzata per confermare l'accuratezza dello sviluppo di San Benedetto ed espressa come:

$$\frac{U_{69m}}{U_{10m}} = \left\{ \frac{69}{10} \right\}^{\alpha} \quad (1)$$



(a) Rosa dei venti



(b) Distribuzione di frequenza

Figura 2.3: Caratteristiche ottenute a VMM196x a 69 m.

Tabella 2.3: Distribuzione di frequenza della velocità a VMM196x

Velocità [m/s]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	No Direzione	Totale [%]
0	2.4	1.9	3.0	2.5	0.0	29.2	19.7	1.0	0.0	5.3	1.5	2.6		0.3
1	112.7	69.3	53.6	89.6	189.5	232.7	211.1	23.5	36.9	116.2	75.6	75.5		7.0
2	185.8	137.7	112.8	171.8	301.5	213.2	207.7	36.2	65.6	227.0	143.5	159.1		12.1
3	256.2	239.8	132.2	144.8	181.3	262.3	95.7	51.3	77.1	203.2	165.8	201.4		14.5
4	190.2	188.4	193.1	157.4	181.1	136.2	105.7	60.7	93.5	155.7	134.7	240.6		14.2
5	145.5	127.5	153.7	110.0	77.7	107.0	89.1	86.5	113.1	76.5	140.5	194.6		12.3
6	72.9	71.2	120.4	114.9	51.8	19.5	59.5	98.0	102.6	92.4	111.0	74.2		9.2
7	24.7	63.6	86.9	92.3	17.3		76.0	119.4	105.7	36.9	72.5	30.7		7.7
8	8.2	39.8	46.5	64.7			52.9	137.2	92.6	62.9	62.0	7.6		6.6
9	1.2	23.7	39.3	22.4			39.7	118.2	81.1	21.1	42.8	10.1		5.2
10		12.4	28.1	24.7			16.5	98.3	91.8	2.6	28.1	3.8		4.3
11		13.3	14.1	4.9			13.2	64.8	63.1		16.1			2.8
12		1.9	16.2	0.0			6.6	42.3	32.0		5.9			1.6
13		3.8					6.6	20.9	19.7					0.8
14		4.8						13.0	6.5					0.4
15		1.0						10.9	4.9					0.3
16								8.3	4.1					0.2
17								3.6	2.5					0.1
18								2.1	3.3					0.1
19								1.0	1.6					0.0
20								0.5	1.6					0.0
21								0.0	0.0					0.0
22								1.0	0.0					0.0
23								1.0	0.8					0.0
24														0.0
25														0.0
26														0.0
27														0.0
28														0.0
29														0.0
30														0.0
30+														0.0
Totale [%]	9.7	12.0	11.3	4.6	1.3	1.2	3.5	21.7	13.9	4.3	7.7	8.9		100.0
Velocità media	3.43	4.28	4.90	4.40	2.88	2.64	3.93	7.64	6.83	3.72	4.69	3.78	-	5.27

2.2 Dati centrale eolica di Monte Galletto

A supporto dell'analisi con i dati VMM, il Cliente ha fornito al Consulente l'importo dell'incentivo erogato a seguito della produzione misurata al punto di consegna della centrale eolica di Monte Galletto. Questi dati sono pubblici, ed è possibile ottenere la produzione mediante la metodologia descritta di seguito e verificata dal Consulente. La centrale eolica è composta da 4 turbine Vestas V52 con potenza unitaria di 850 kW ed altezza mozzo di 55 m. Le coordinate delle turbine V1-V2-V3 e V4, ottenute dalle immagini satellitari sono riportate in Tabella 2.1. Il dato dell'incentivo annuale erogato per la produzione della centrale eolica di Monte Galletto è disponibile sul sito del Gestore per i Servizi Energetici GSE. Questo dato rappresenta la produzione netta incentivata per il residuo periodo di diritto successivo al 2015, riconosciuto agli impianti che accedevano al meccanismo dei Certificati Verdi. Il codice della convezione cosiddetta GRIN per l'impianto in analisi è la numero 000835 e nel caso della centrale di Monte Galletto è stata sottoscritta a partire dal 2016.

- Dal sito del Gestore GSE (<https://opendata.gse.it/SitePages/DataSet.aspx>) è possibile ottenere l'importo annuale erogato al produttore, di seguito E .
- L'Autorità di Regolazione per Energia Reti ed Ambiente (ARERA) stabilisce ogni anno il valore di cessione dell'energia elettrica Re sulla base del quale viene calcolata la tariffa incentivante, di seguito I , in EUR/MWh.
- L'importo erogato E è il prodotto tra l'energia prodotta al punto di misura, pertanto comprensiva di tutte le perdite di impianto, e la tariffa incentivante definita come $I = k \cdot (180 - Re) \cdot 0.78$. Per l'impianto di Monte Galletto, il valore k è pari ad 1.
- I dati disponibili per la centrale eolica di Monte Galletto da parte del GSE per il 2016 sono incompleti, mentre quelli del 2017-2018 mostrano valori che si discostano significativamente dalla media dei 3 anni successivi. Il Consulente ritiene che potrebbero esserci stati conguagli economici sulla produzione oppure eventi eccezionali che falserebbero l'analisi tecnica della produzione, che invece deve essere riferita ad un comportamento medio della centrale eolica per essere rappresentativo del lungo periodo. Una analisi più precisa di questi periodi è teoricamente possibile ma solo con un livello di dettaglio delle informazioni che al momento non è pubblicamente disponibile.
- Per la narritiva di cui sopra, si ritiene che l'analisi debba essere riferita al triennio 2019-2020-2021. La producibilità annua così ottenuta dai dati del GSE è quindi inclusa in Tabella 2.4.

Tabella 2.4: Producibilità annua, stima dai dati GSE

	2019	2020	2021	
Importo Erogato (E)	556,674	586,164	678,749	EUR/anno
Re	61.9	53.0	39.8	EUR/MWh
Tariffa annua incentivo (I)	92.1	99.1	109.4	EUR/MWh
Producibilità annua	6,043.6	5,917.7	6,206.8	MWh/anno

L'obiettivo di questa analisi è quello di verificare l'accuratezza dei dati della serie virtuale nella posizione VMM196x, cioè dei dati rappresentativi di lungo periodo utilizzati per stimare la produzione della turbina EWT di San Benedetto. Pertanto è necessario un ulteriore passaggio di validazione per poter confrontare un dato di lungo periodo con un dato a frequenza annuale. Dal momento che la velocità media annuale ha una variabilità rispetto al valore di lungo periodo ottenuto per la serie virtuale VMM, si sono considerati i dati ERA5 a 100 m di quota per ottenere il rapporto tra la velocità media del singolo anno ed il valore di lungo periodo. In altre parole, si è creato con la serie di dati ERA5 un indice di ventosità in cui ogni velocità media annuale è stata divisa con il valore della velocità media di lungo periodo per creare la variazione percentuale in ogni anno. La serie ERA5 consiste in dati orari basati sulla rielaborazione meteorologica di dati al suolo, rilevamenti atmosferici, satellitari ed altro e sono ad oggi considerati uno dei principali strumenti di analisi di lungo periodo per sviluppi eolici. Maggiori dettagli si possono trovare al seguente link:

<https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation>

L'utilizzo dell'indice di ventosità è preferibile piuttosto che un confronto diretto della velocità media, in quanto la serie ERA5 risente di effetti locali che non ne permettono un utilizzo del valore assoluto, almeno non senza ulteriori modellizzazioni, mentre possono essere usati per studiare la variazione relativa della ventosità su un'area più vasta. L'indice della ventosità è riportato in Fig 2.4, da cui si evince come la velocità media sia stata tra il 2019 ed il 2021 rispettivamente del 3.2%, 2.2% e 6.2% più alta che nel lungo periodo riferito agli ultimi 20 anni. La distribuzione di frequenza VMM196x di Tabella 2.3 a 69 m è stata pertanto scalata con questi valori e poi utilizzata per ottenere con il software WASP la produzione alle turbine Vestas di Monte Galletto ad altezza mozzo di 55 m per gli anni corrispondenti.

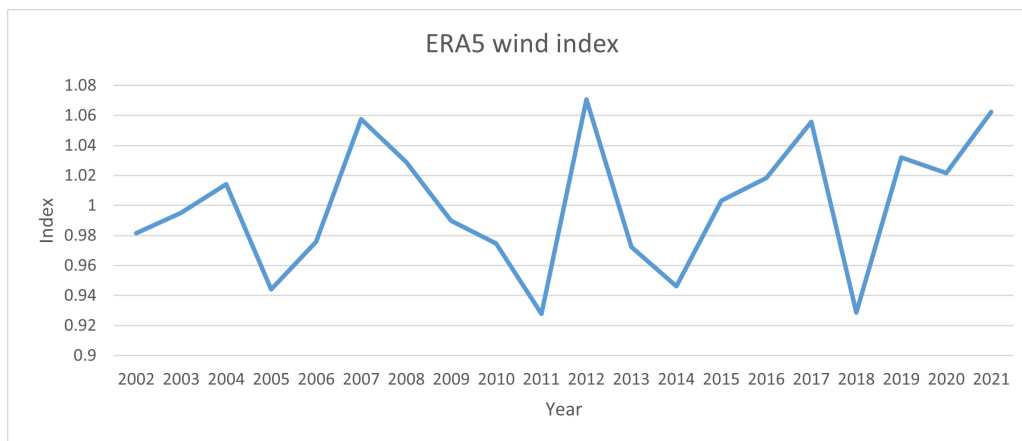


Figura 2.4: Indice di ventosità alla posizione VMM0196x

3 Calcolo della producibilità alla turbina di progetto

Partendo dalla distribuzione di velocità e frequenza ad altezza mozzo alla posizione VMM196x ed utilizzando il software di calcolo del flusso aerodinamico WaSP dell'università danese DTU, è stata ottenuta la distribuzione di velocità e frequenza alla turbina di San Benedetto Val di Sambro. Per la stima della producibilità è stato utilizzato lo stesso modello di simulazione WaSP, con una mappa del terreno ottenuta da rilievi satellitari SRTM con curve di livello ogni 10 m ed estensione di almeno 10 km in ogni direzione. Il centro della mappa è approssimativamente alla posizione della turbina per considerare eventuali turbine esistenti. All'orografia viene aggiunta la rugosità considerata per l'area estesa pari a 0.05m, con un maggiore dettaglio nella vicinanza della posizione proposta per la turbina. Nello specifico i villaggi sono stati rappresentati da una rugosità di 0.5m, la foresta ad alto fusto di 0.1m e le coltivazioni di 0.03m. Per ogni settore di 30 gradi il software stima la variazione di velocità tra due punti, in questo caso la posizione VMM196x e la turbina, considerando le differenze di orografia e rugosità che accelerano o decelerano il flusso e quindi la velocità del vento. Il rapporto tra le velocità in ogni settore è poi applicato alla distribuzione nello stesso settore per scalare una nuova distribuzione al punto di interesse. Ogni settore viene poi pesato per la frequenza associata per avere il contributo del settore alla velocità complessiva. Il valore della velocità così ottenuto è mostrato in Tabella 3.1.

Alla distribuzione di frequenza della turbina eolica viene associata la curva di potenza ed il coefficiente di spinta del modello DW61-975kW come riportato in Tabella 3.2, ottenendo la stima della producibilità al mozzo. La turbina eolica ha un diametro di 61 m ed una potenza di 975 kW; i dettagli sono presentati per una densità dell'aria di 1.225 kg/m^3 e quella del sito in esame è stata stimata essere 1.120 kg/m^3 a 930 m di quota sul livello del mare. La curva di potenza è stata quindi modificata direttamente dal software WaSP per rispecchiare la producibilità alla densità del sito seguendo lo Standard internazionale IEC. Il software stesso calcola poi le perdite dovute all'effetto scia tra le turbine che vengono applicate alla Produzione Lorda inclusa in Tabella 3.1. La perdita dovuta alla centrale di Monte Galletto è pari ad 1.2%. I risultati di Produzione Netta stimata per la turbina, considerando le perdite in esame, sono presentati in Tabella 3.3. Questi risultati sono al livello P50, cioè valori che hanno una probabilità pari al 50% di essere superati.

Le perdite sono state stimate dal software WaSP nel caso delle perdite di scia ed ipotizzate negli altri contributi sulla base di valori tipici e ritenuti ragionevoli dal Consulente. Nello specifico si è ipotizzata una perdita di indisponibilità del 2% per la turbina eolica, dello 0.5% per le opere civili ed elettriche, dell'1% per la rete di media tensione, ma anche una perdita elettrica di impianto pari al 2% della produzione. Quest'ultima perdita è associata alla perdita di produzione dal mozzo, in cui si calcola la curva di potenza, fino ai morsetti di MT di connessione alla rete elettrica. Sono anche state incluse perdite dello 0.5% per manutenzione generica e dello 0.5% per diminuzione nel tempo delle prestazioni dei vari componenti il sistema di trasmissione della coppia dal mozzo al generatore (*drivetrain*). Gli ultimi due fattori sono raggruppati nelle *performance* della turbina. Questa analisi è basata su una stima di produzione annuale nei primi 10 anni di funzionamento della turbina eolica. La Tabella 3.4 riporta nel dettaglio le perdite applicate alla producibilità al mozzo della turbina.

Tabella 3.1: Parametri stimati alla turbina eolica ad altezza mozzo di 69 m.

Turbina	Velocità media [m/s]	Produzione Lorda [MWh/annum]
PD-IT-0205	6.0	2,210

L'analisi della producibilità delle turbine della centrale eolica di Monte Galletto, utilizzando la distribuzione di frequenza scalata all'anno di interesse come descritto nel Capitolo 2.2, porta ai risultati di Tabella 3.5. Questo approccio permette di verificare, sulla base di dati misurati, le ipotesi che hanno portato alla stima della producibilità della turbina EWT. Con producibilità annua (GSE) si intende la **misura** della produzione netta reale riferita all'erogazione dell'incentivo da parte del GSE come descritta nel capitolo precedente. Con producibilità annua (VMMo196x) si intende la **stima** della produzione lorda riferita alla serie di dati virtuali VMM196x al netto delle scie. Il rapporto tra questi 2 valori rappresenterebbe le perdite tra il mozzo delle turbine ed il punto di consegna, se la stima WAsP inizializzata dalla serie virtuale fosse esatta. La media delle perdite, di fatto presunte, è del 13.3% contro il 6.3% considerato per la stima in Tabella 3.4. La differenza del 7.0% è ragionevolmente costante dal 2019 al 2021, pertanto si possono fare alcune ipotesi pur parziali sulle cause: le turbine Vestas V52 sono state installate nel 2012, quindi si può ipotizzare una leggera diminuzione di *performance* nel tempo che non è direttamente applicabile ad una nuova installazione. Le turbine EWT sono a tecnologia *direct-drive*, senza moltiplicatore di giri: questa tecnologia secondo l'esperienza del Consulente ha disponibilità più alte della tecnologia con moltiplicatore di giri.

Tuttavia e solo per verificare la producibilità in condizioni cautelative, la perdita addizionale del 7.0% applicata alla Produzione Netta della turbina EWT di San Benedetto di 2,094 ore equivalenti permette di ottenere una produzione di 1,948 ore equivalenti.

Tabella 3.2: Curva di potenza e coefficiente di spinta per EWT DW61-975kW a densità di 1.225 kg/m^3

Velocità [m/s]	Potenza [kW]	Coeff di spinta
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	12	0.844
4	41	0.842
5	92	0.840
6	181	0.837
7	289	0.833
8	432	0.830
9	597	0.779
10	730	0.699
11	848	0.589
12	931	0.499
13	972	0.376
14	975	0.292
15	975	0.234
16	975	0.192
17	975	0.160
18	975	0.135
19	975	0.115
20	975	0.099
21	975	0.087
22	975	0.076
23	975	0.068
24	975	0.060
25	975	0.053

Tabella 3.3: Parametri stimati alla turbina eolica ad altezza mozzo di 69 m.

Turbina	Produzione Netta [MWh/annum]	Ore Equivalenti [h]
PD-IT-0205	2,042	2,094

Tabella 3.4: Sviluppo Emilia-Romagna

Stima della producibilità per PD-IT-0205		
Potenza	975	kW
Altezza torre	69	m
Energia al lordo delle perdite di scia	2,210	MWh/annum
Perdite di scia	98.63	%
Disponibilità	96.5	%
Efficienza elettrica	98.0	%
Performance della turbina	99.0	%
Ambientale	100.0	%
Limitazioni	100.0	%
Perdite totali	91.7	%
Energia Netta	2,042	MWh/annum
Capacity Factor	23.9	%
Ore equivalenti	2,094	ore

Tabella 3.5: Produzione Monte Galletto

	2019	2020	2021	
Producibilità annua (GSE), netta	6043.6	5917.7	6206.8	MWh/anno
Indice di ventosità	1.032	1.022	1.062	–
Producibilità annua (VMMo196x), lorda	6787.0	6636.0	7173.0	MWh/anno
Perdite presunte	12.3	12.1	15.6	%

4 Requisiti

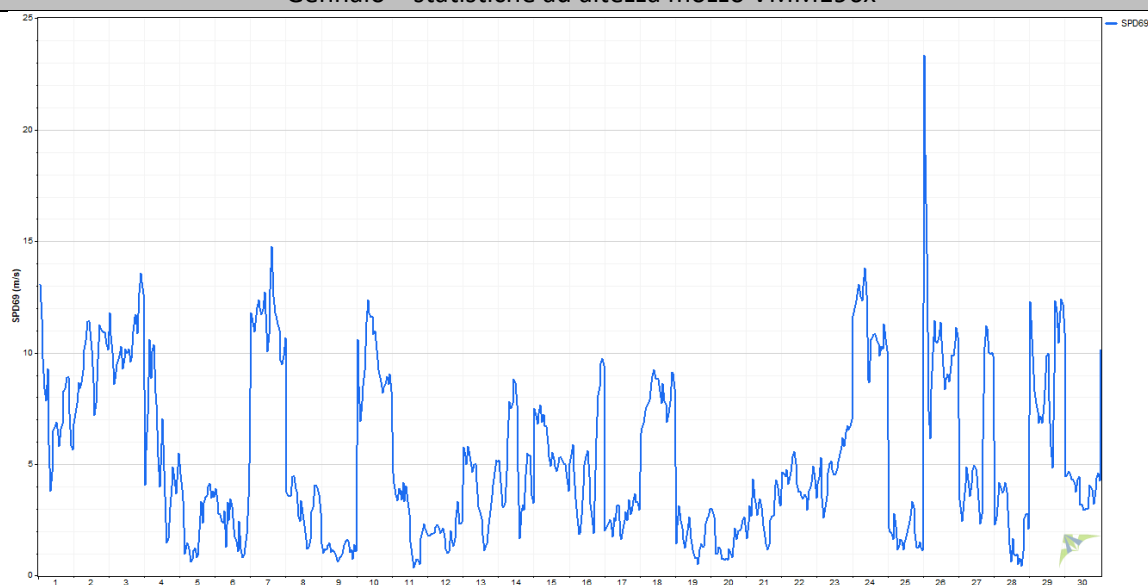
Si riassumono in Tabella 4.1 le caratteristiche principali delle turbine, nel loro valore minimo di producibilità, per la rispondenza ai requisiti della regione Emilia-Romagna.

Tabella 4.1: Requisiti del sito, analisi per singolo aerogeneratore e valore minimo.

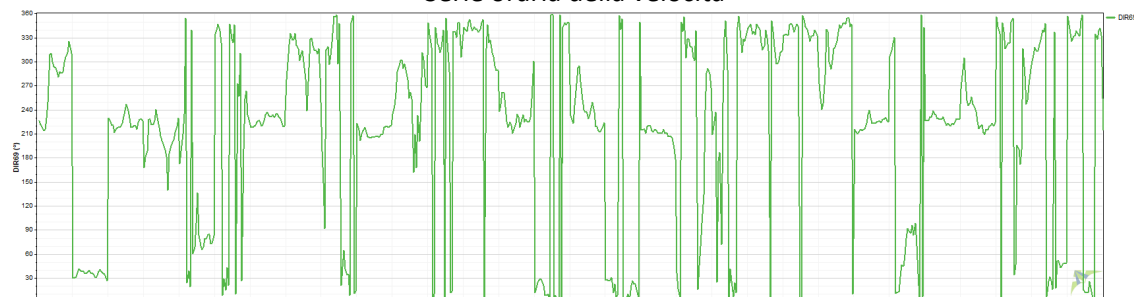
Ore equivalenti	Valore richiesto	Valore stimato	Commento
VMM196x	> 1,800	2,094	Verifica positiva
Perdite equiparate a Monte Galletto	> 1,800	1,948	Verifica positiva

APPENDICE

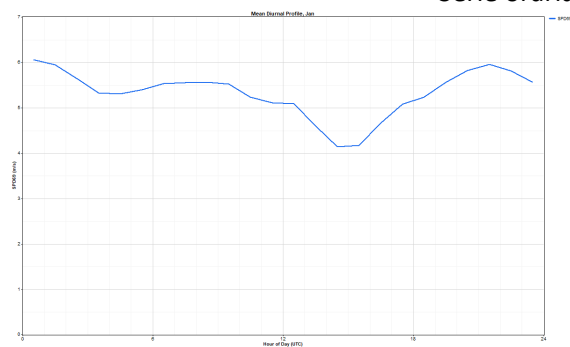
Gennaio – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



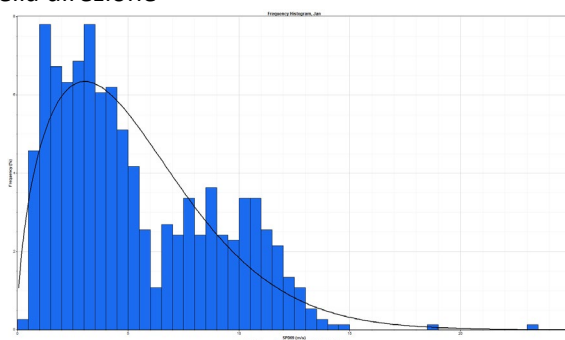
Serie oraria della velocità



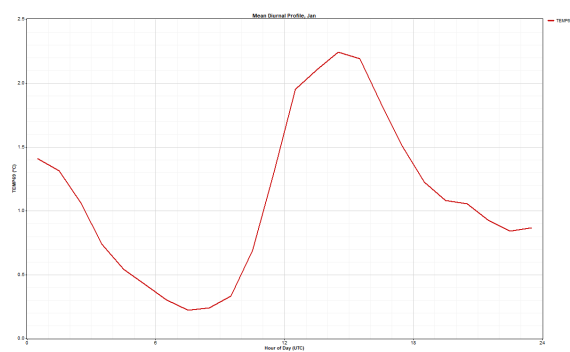
Serie oraria della direzione



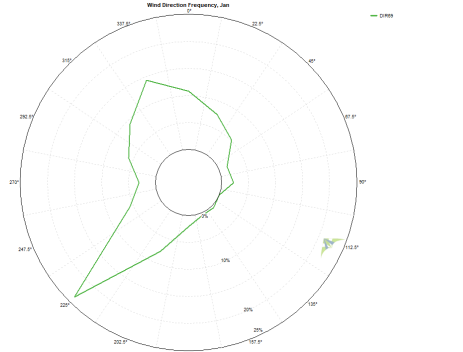
Variazione giornaliera della velocità media



Distribuzione mensile della velocità oraria

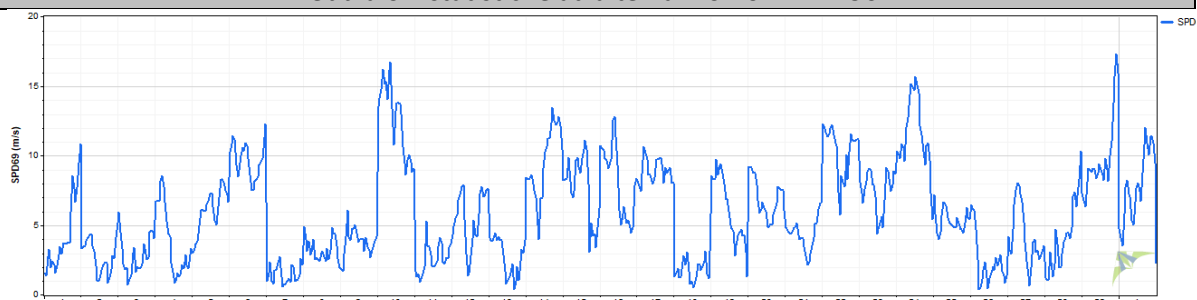


Variazione giornaliera della temperatura

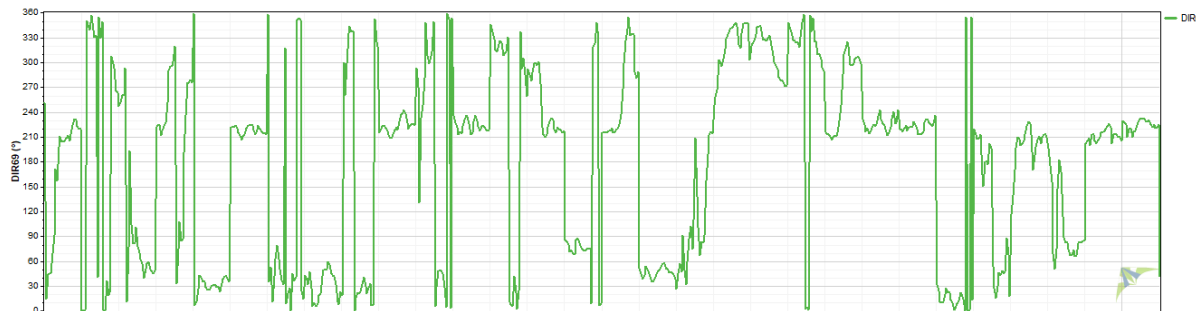


Direzione

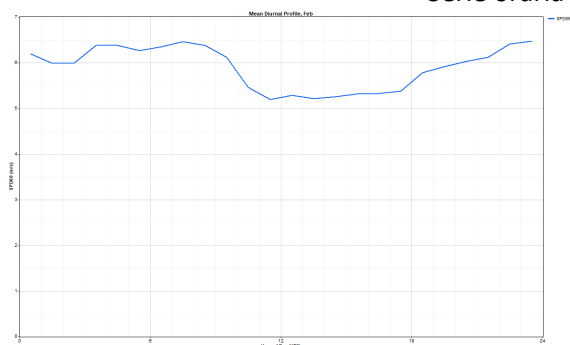
Febbraio – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



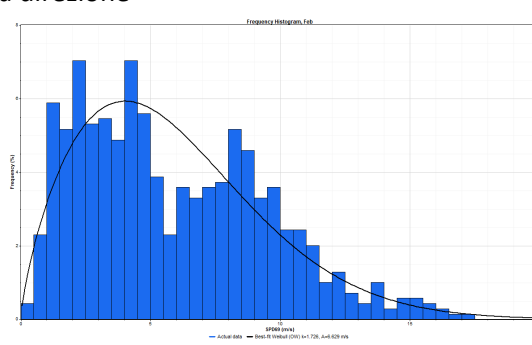
Serie oraria della velocità



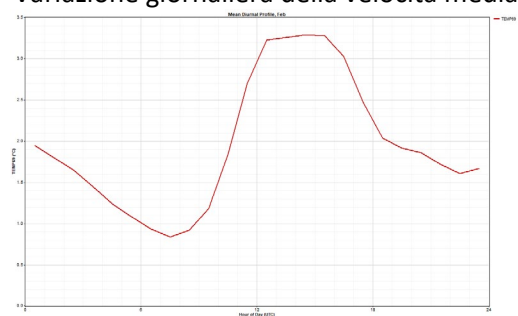
Serie oraria della direzione



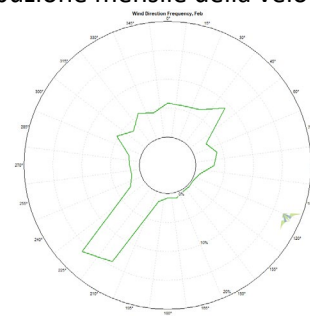
Variazione giornaliera della velocità media



Distribuzione mensile della velocità oraria

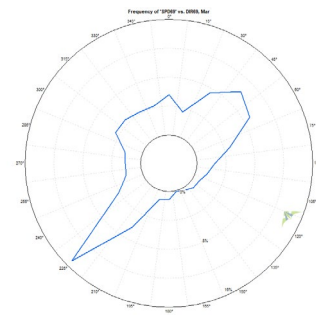
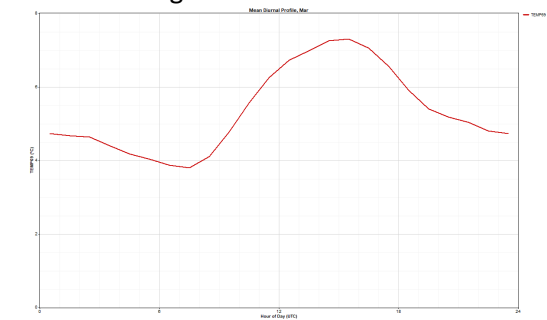
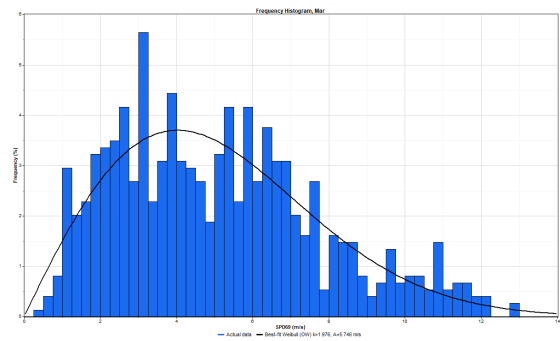
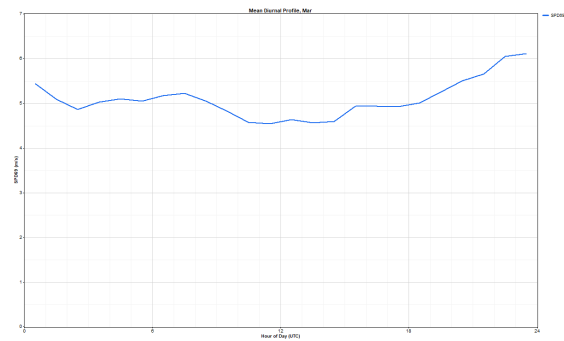
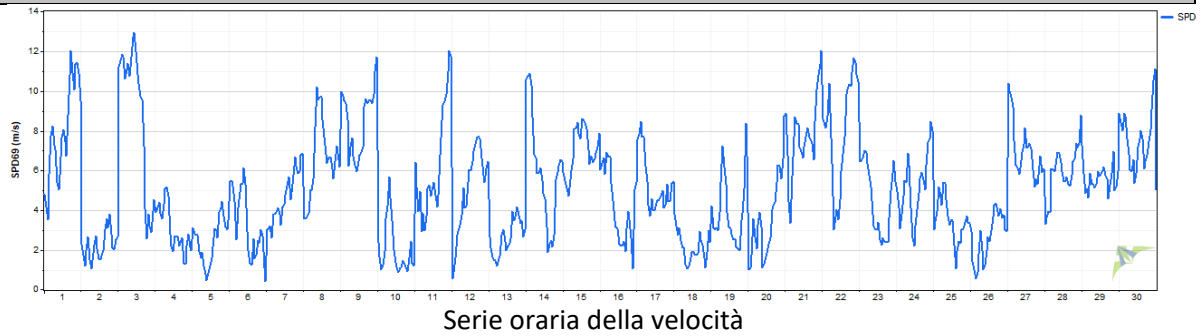


Variazione giornaliera della temperatura

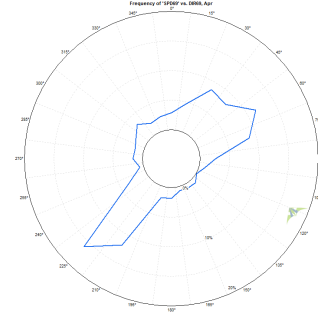
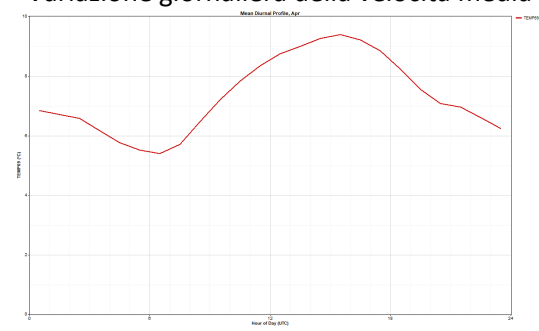
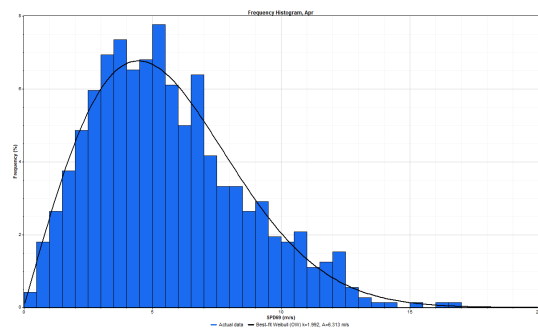
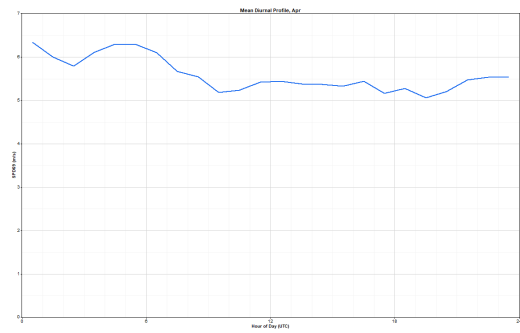
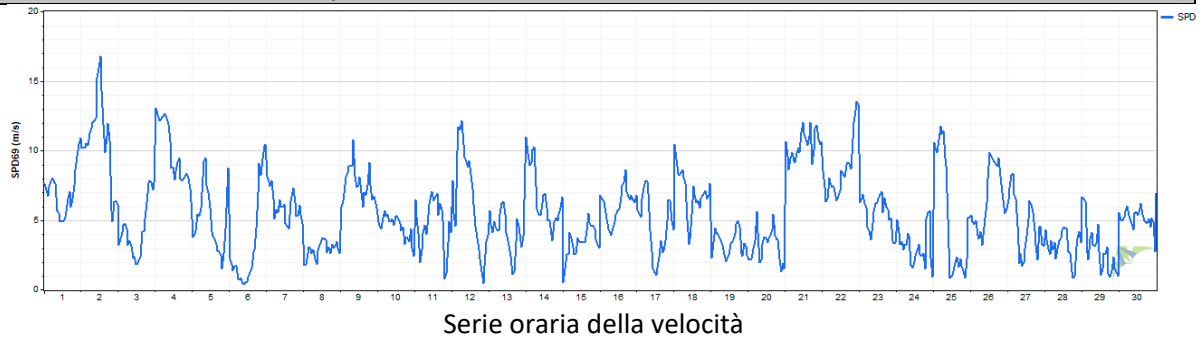


Direzione

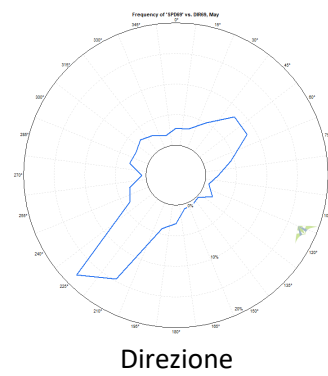
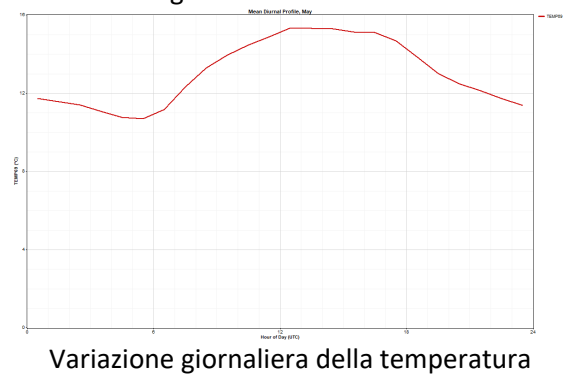
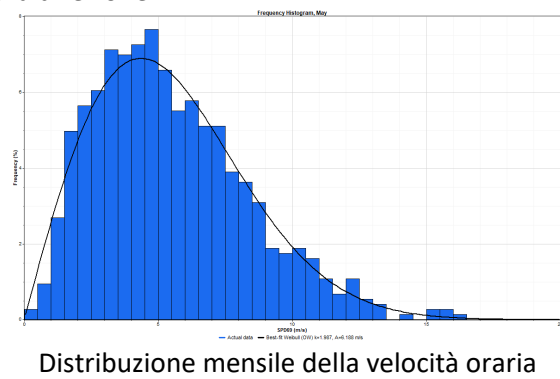
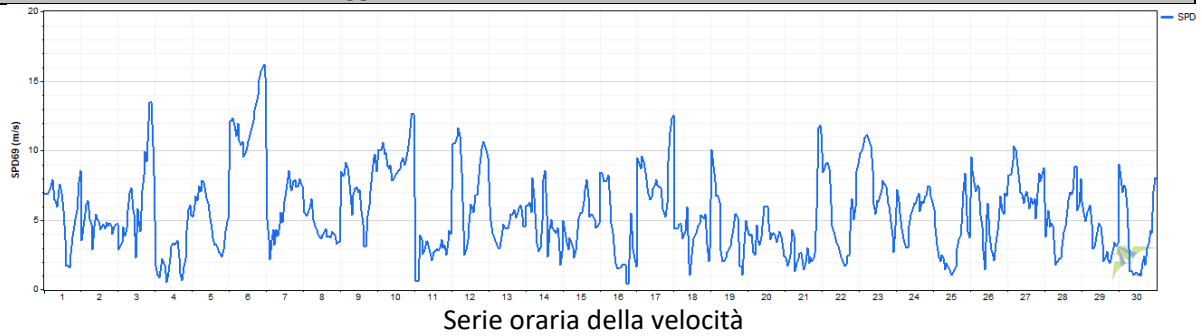
Marzo – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



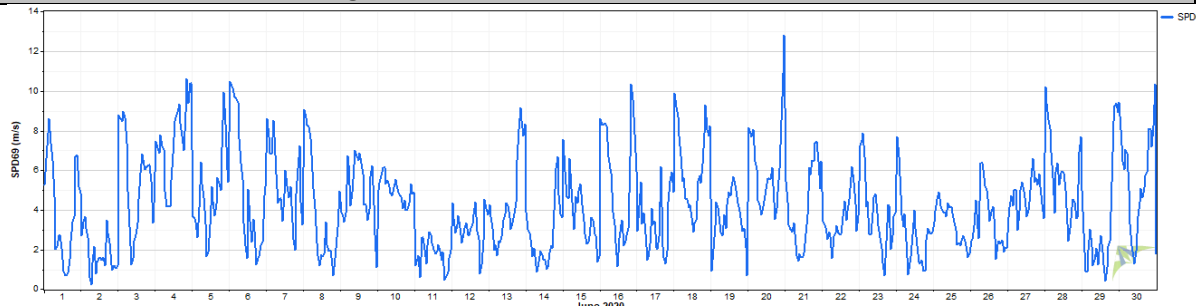
Aprile – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



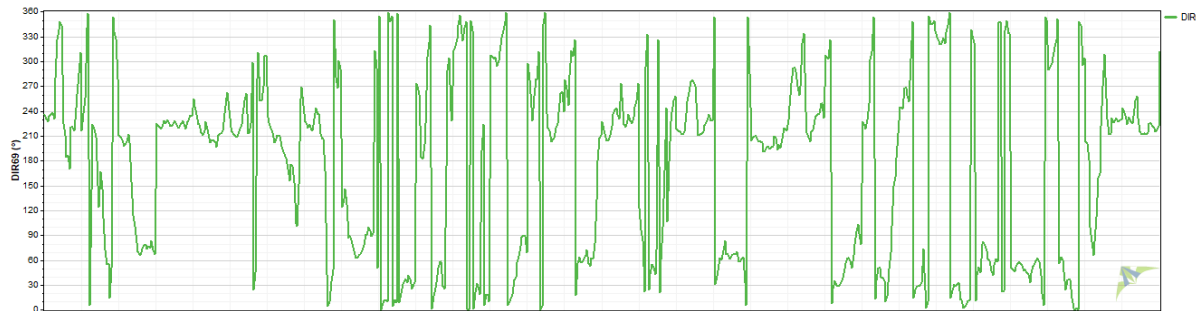
Maggio – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



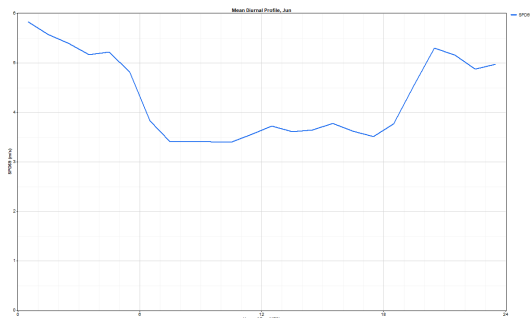
Giugno – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



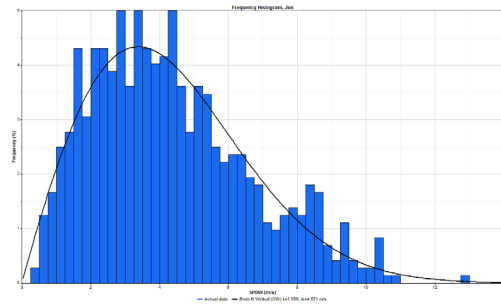
Serie oraria della velocità



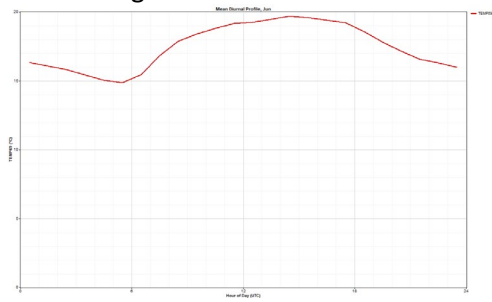
Serie oraria della direzione



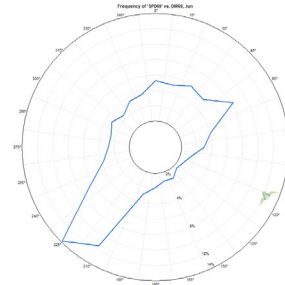
Variazione giornaliera della velocità media



Distribuzione mensile della velocità oraria

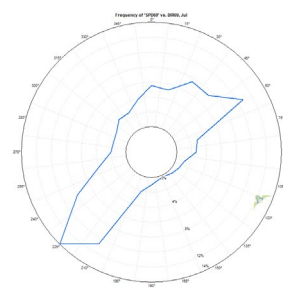
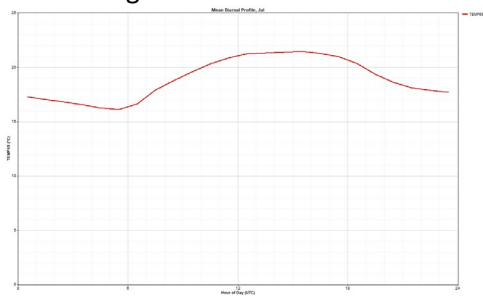
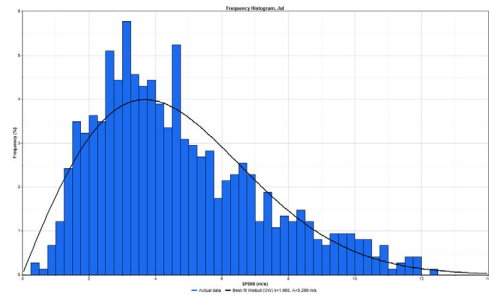
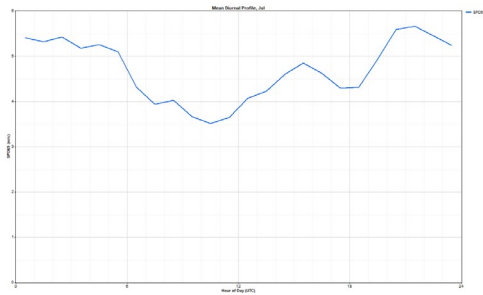
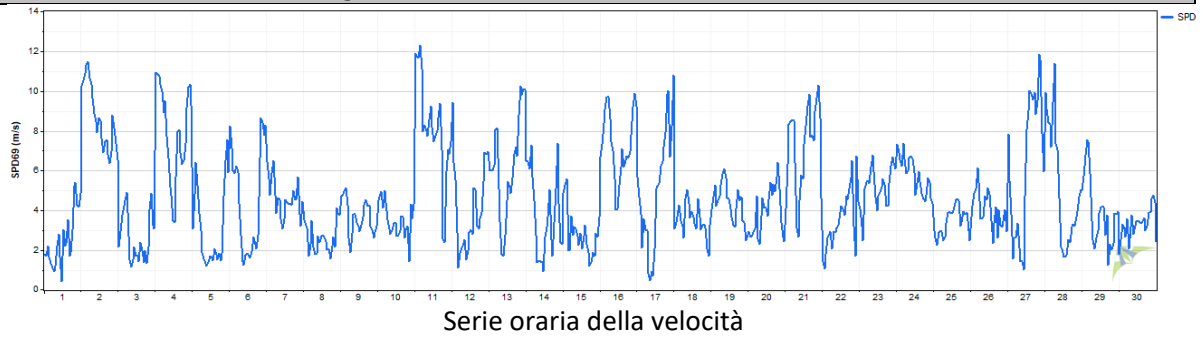


Variazione giornaliera della temperatura

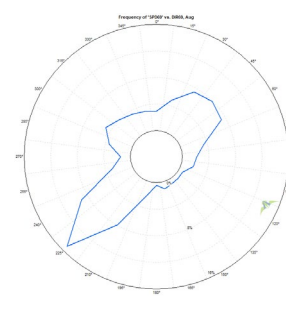
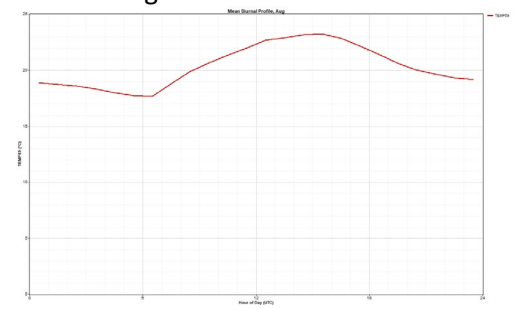
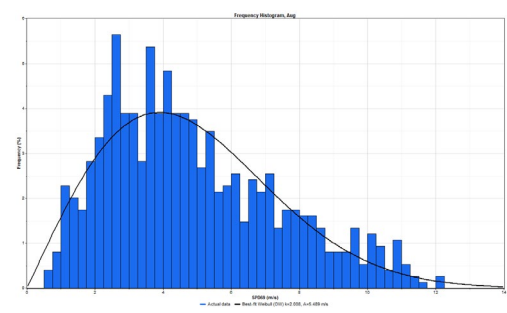
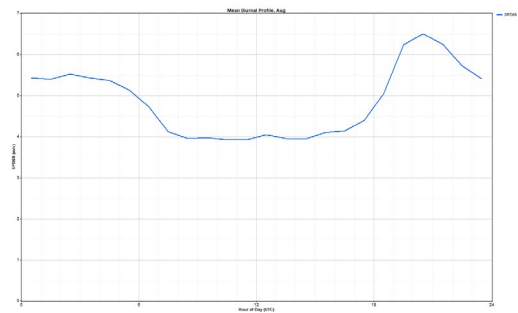


Direzione

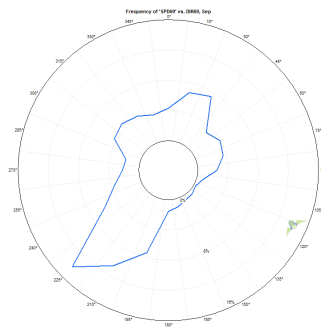
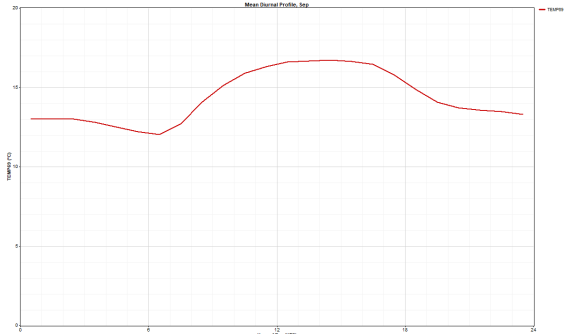
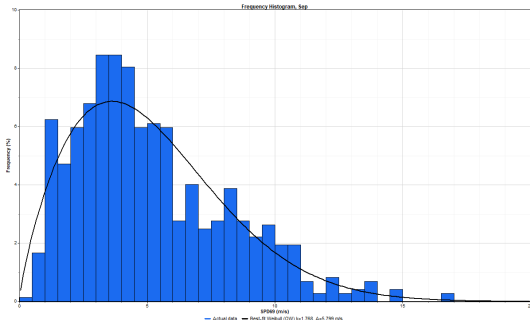
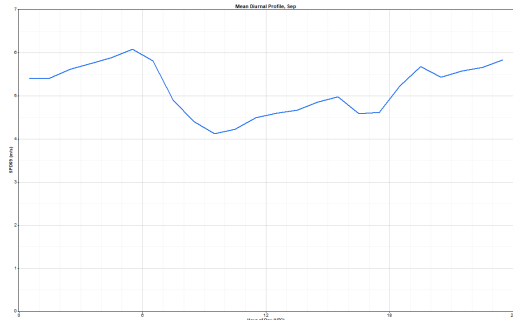
Luglio – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



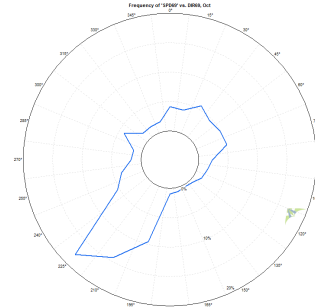
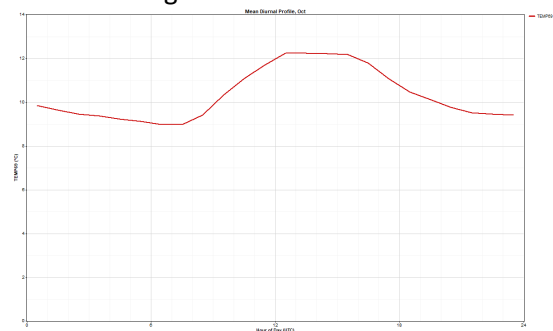
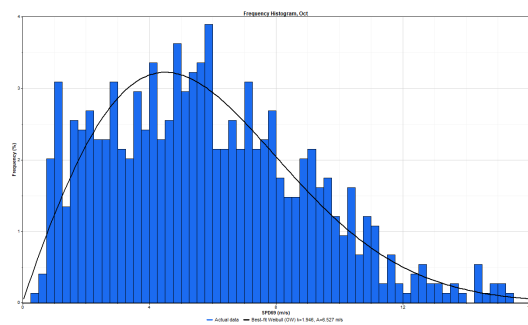
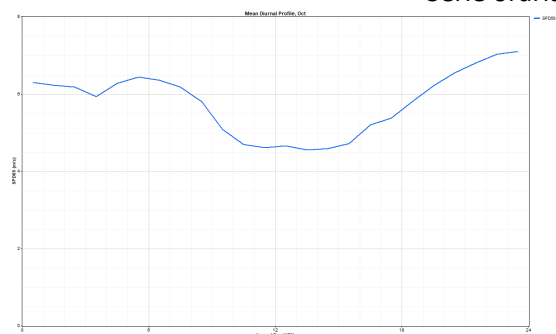
Agosto – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



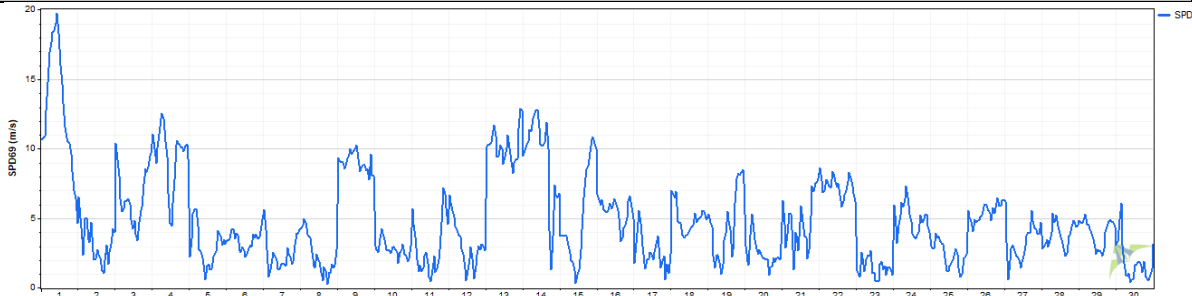
Settembre – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



Ottobre – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



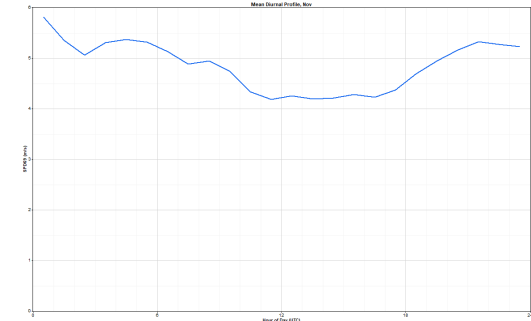
Novembre – statistiche ad altezza mozzo VMM196x



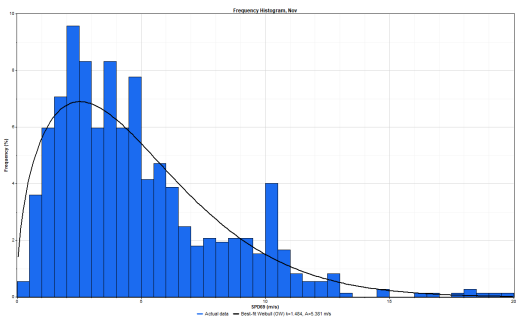
Serie oraria della velocità



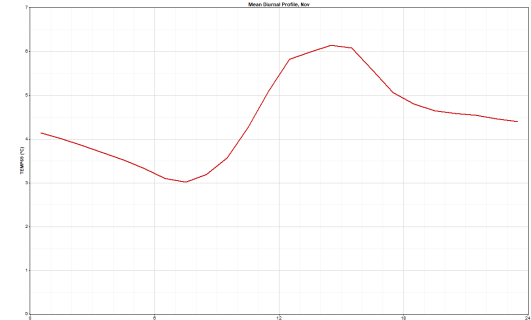
Serie oraria della direzione



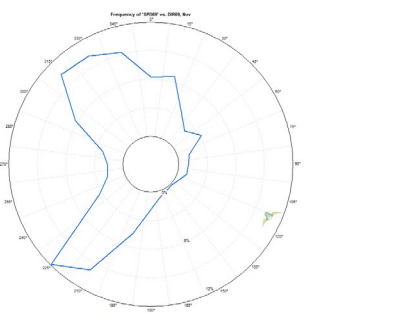
Variazione giornaliera della velocità media



Distribuzione mensile della velocità oraria



Variazione giornaliera della temperatura



Direzione

Dicembre – statistiche ad altezza mozzo VMM196x

