

Elaborazioni grafiche

Analisi producibilità eolica da aerogeneratore

Sito: Vallata (AV)

Periodo: 01/01/2007-31/12/2007

Quota: 80 m s.l.s.

Turbina: VESTAS V90-2.0

Autori:

A. Bianchi

R. Rossi

Data: 30/07/2008

Tab. 1 - Dati del sito scelto: Vallata (AV).

Nome del sito	X_UTM (Km)	Y_UTM (Km)	Quota altimetrica (m s.l.m.)	Densità dell'aria (Kg/m3)	Quota anemometro (m s.l.s.)	Periodo considerato	Dati validi (%)
Vallata (AV)	1032.400	4558.800	750	1.121	80	01/01/2007-31/12/2007	94.46

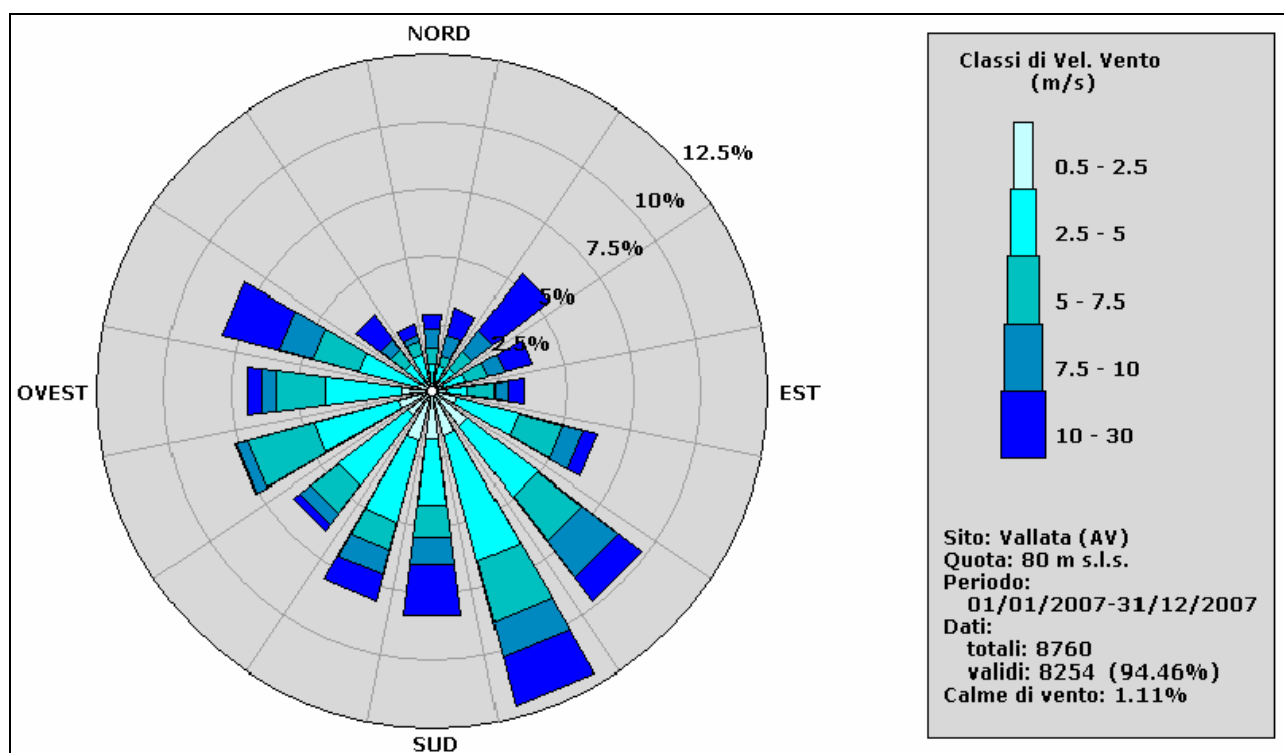


Fig. 1 - Rosa dei venti nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

Tab. 2 - Joint Frequency Functions dei venti (millesimali) nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

SETTORE	0 - 0.5	0.5 - 2.5	2.5 - 5	5 - 7.5	7.5 - 10	10 - 30	TOTALE	VVmedia (m/s)
N		2.90	7.13	6.16	7.01	5.56	29.37	6.64
NNE		3.87	6.04	3.87	7.98	10.03	32.27	7.60
NE		4.59	5.92	7.98	10.15	26.47	55.47	9.55
ENE		4.47	8.34	8.58	6.40	10.39	38.43	7.73
E		5.68	7.37	10.39	4.83	6.04	35.05	6.36
ESE		9.91	23.08	16.92	7.98	5.32	63.81	5.36
SE		16.80	32.51	20.66	17.16	10.88	99.09	5.71
SSE		17.04	47.98	23.81	13.41	18.49	122.05	5.82
S		17.76	25.02	11.72	10.27	19.58	85.56	6.35
SSO		18.97	31.30	10.76	9.43	10.27	81.93	5.13
SO		11.48	32.51	13.29	4.95	2.90	65.98	4.45
OSO		13.17	32.63	25.86	3.99	0.73	77.22	4.45
O		11.24	28.76	18.85	5.56	5.20	69.73	5.16
ONO		5.44	22.96	17.89	12.93	22.11	81.57	7.37
NO		3.87	8.82	6.89	4.59	11.48	36.25	7.65
NNO		4.83	9.18	5.20	2.18	4.23	26.22	6.02
TOTALE	11.12	152.02	329.55	208.82	128.82	169.67	1000.00	6.11

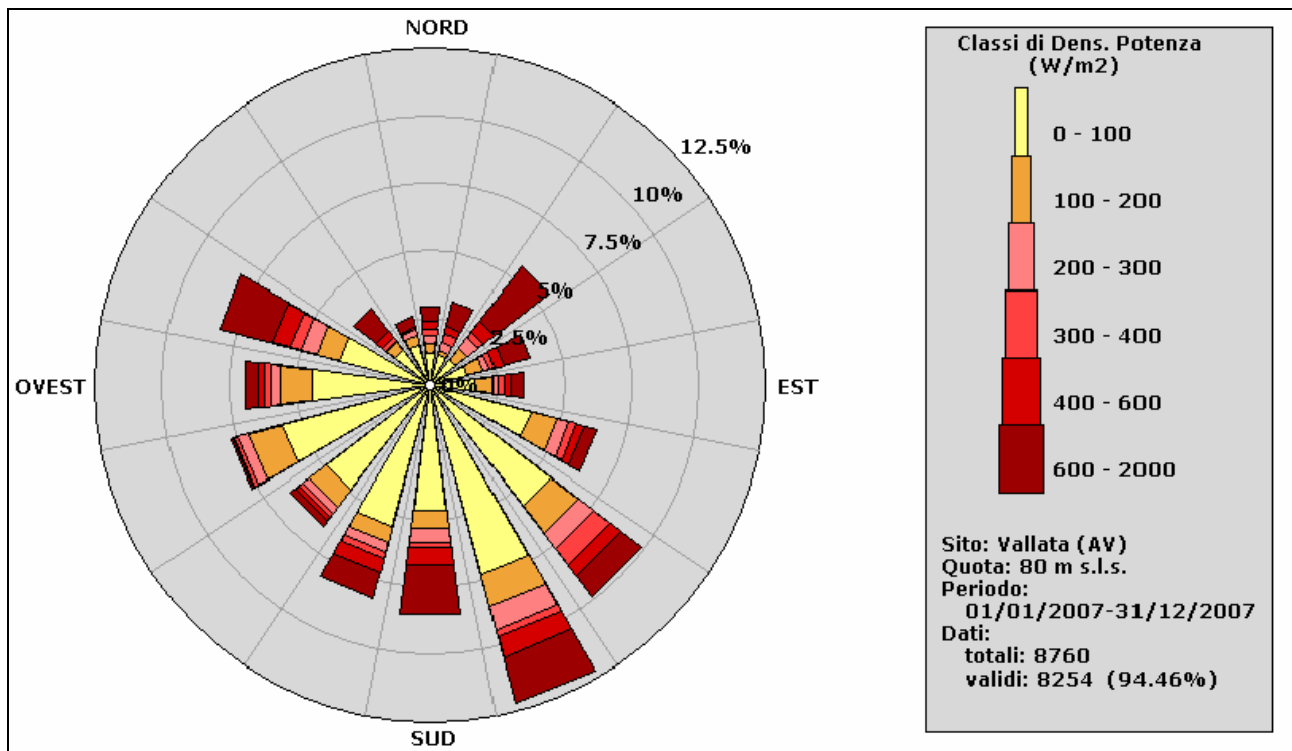


Fig. 2 - Rosa della densità di potenza nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

Tab. 3 - Joint Frequency Functions della densità di potenza (millesimali) nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

SETTORE	0-100	100-200	200-300	300-400	400-600	600-2000	TOTALE	DPmedia (W/m2)
N	12.08	3.38	3.38	2.18	3.02	5.32	29.37	302.96
NNE	11.72	1.57	3.26	3.26	2.90	9.55	32.27	456.40
NE	11.84	5.32	5.08	2.78	4.95	25.50	55.47	862.92
ENE	14.26	6.16	2.30	1.81	3.87	10.03	38.43	630.94
E	16.56	6.65	2.18	2.30	2.05	5.32	35.05	365.21
ESE	38.67	9.91	4.71	3.02	2.66	4.83	63.81	189.34
SE	56.44	12.57	7.49	7.73	4.71	10.15	99.09	252.73
SSE	72.99	12.33	8.94	2.78	7.61	17.40	122.05	289.34
S	46.89	6.77	5.08	2.18	6.28	18.37	85.56	398.99
SSO	54.26	6.28	3.63	2.18	5.68	9.91	81.93	204.48
SO	48.82	8.10	3.02	1.33	2.05	2.66	65.98	119.44
OSO	57.04	13.17	4.11	1.33	0.85	0.73	77.22	98.97
O	44.47	12.21	3.63	2.42	2.18	4.83	69.73	188.99
ONO	35.29	8.70	5.92	4.23	6.89	20.54	81.57	433.86
NO	16.44	3.75	0.48	1.69	3.02	10.88	36.25	555.93
NNO	15.59	3.38	2.30	0.48	0.48	3.99	26.22	430.07
TOTALE	553.35	120.24	65.50	41.69	59.21	160.00	1000.00	327.39

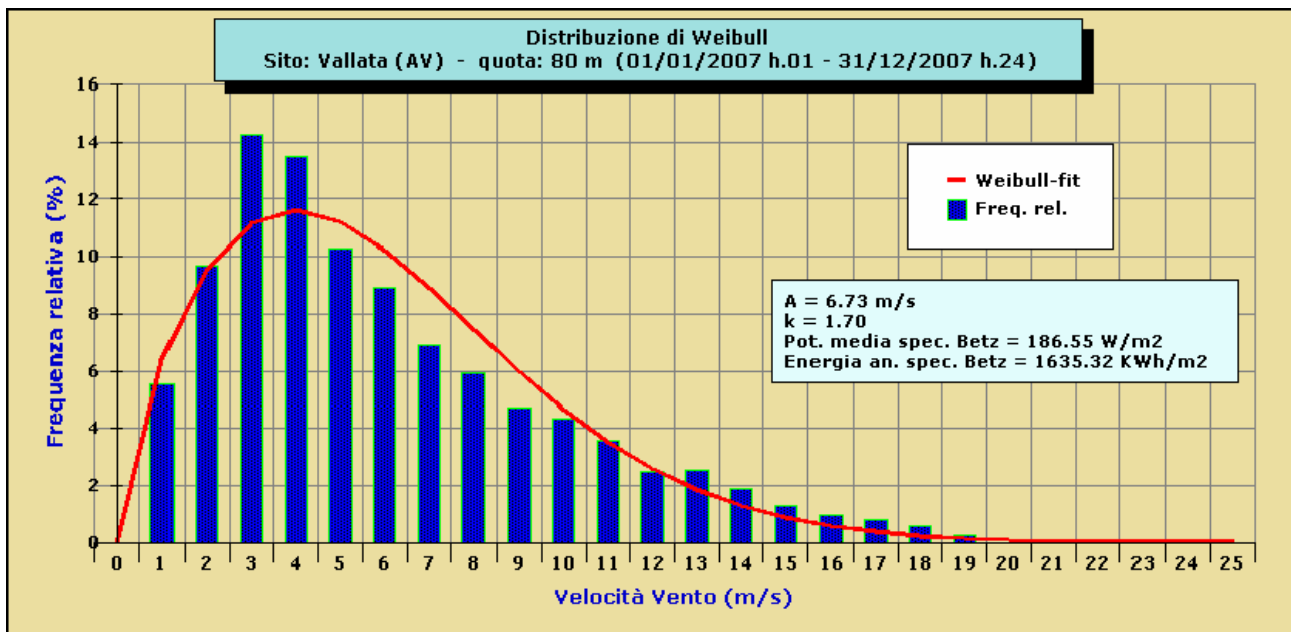


Fig. 3 - Distribuzione di Weibull nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

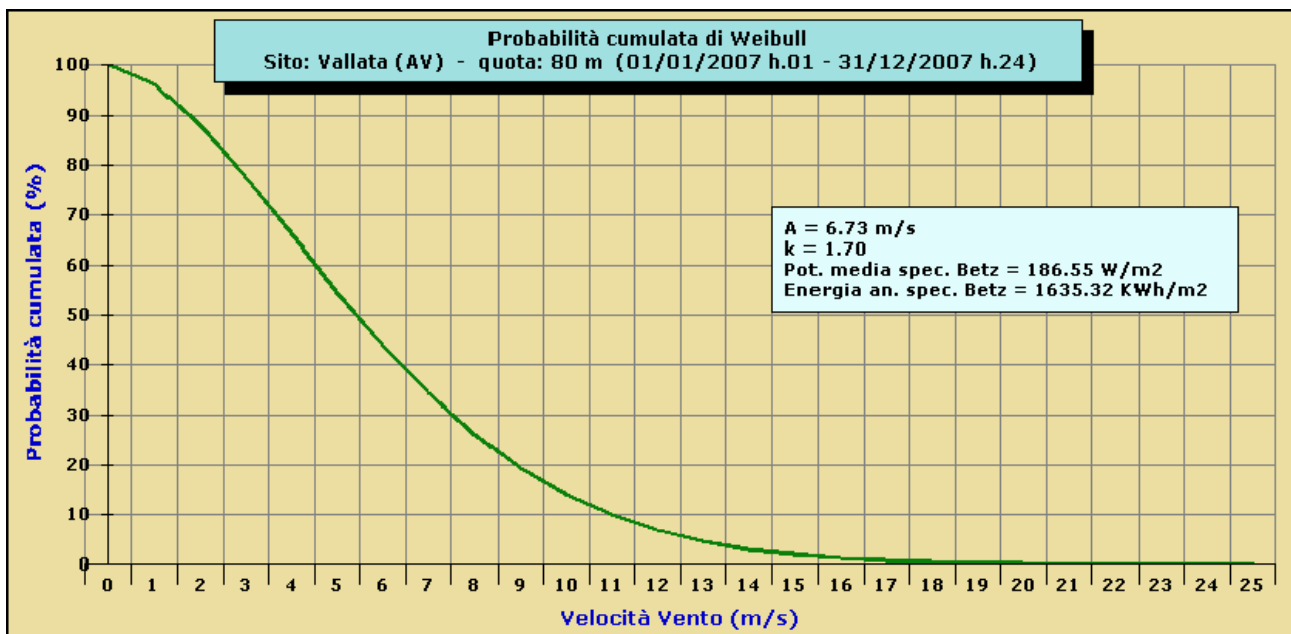


Fig. 4 - Probabilità cumulata di Weibull nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

Tab. 4 - Caratteristiche anemologiche nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

PARAMETRI ANEMOLOGICI	VALORE	UNITA' DI MISURA
Vel. Vento media	6.11	m/s
Vel. Vento mediana	5.07	m/s
A	6.73	m/s
k	1.70	-
Densità energetica media	327.39	W/m ²
Potenza media spec. Betz	186.55	W/m ²
Energia annua spec. Betz	1635.32	kWh/m ²

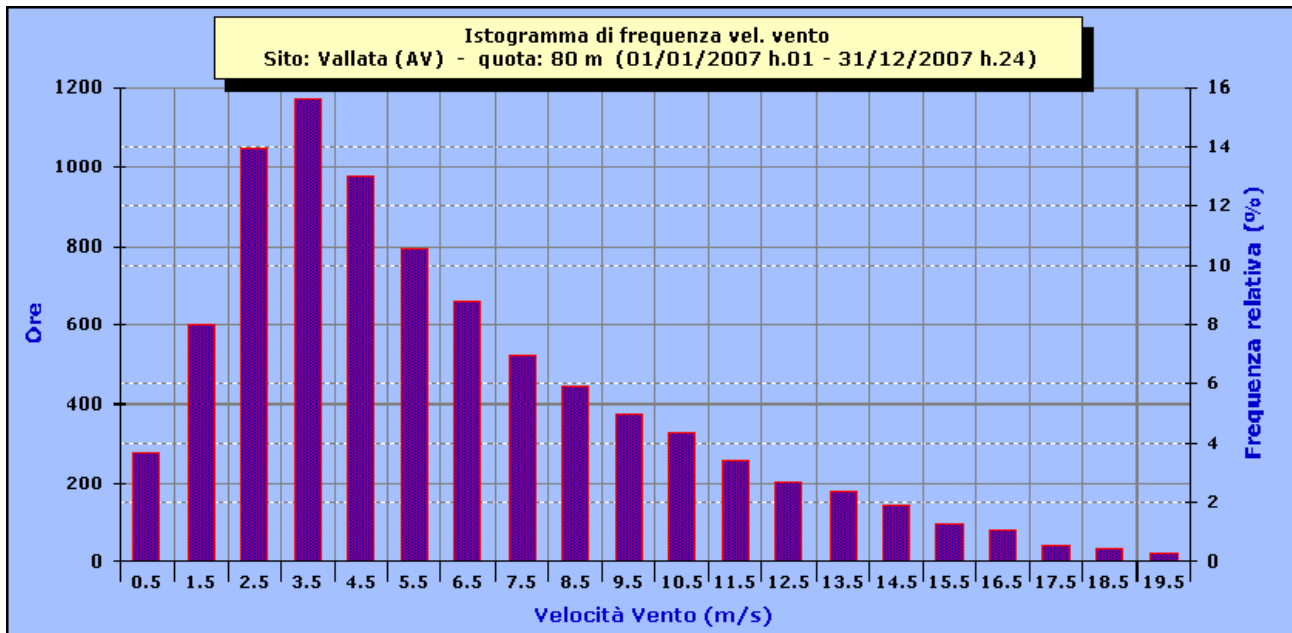


Fig. 5 - Istogramma di frequenza delle classi di velocità del vento nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

Tab. 5 - Distribuzione di frequenza delle classi di velocità del vento nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

CLASSI DI V. VENTO (m/s)	N. ORE	FREQ. RELATIVA (%)
0.0 - 1.0	279	3.38
1.0 - 2.0	602	7.29
2.0 - 3.0	1046	12.67
3.0 - 4.0	1173	14.21
4.0 - 5.0	977	11.84
5.0 - 6.0	793	9.61
6.0 - 7.0	661	8.01
7.0 - 8.0	521	6.31
8.0 - 9.0	442	5.35
9.0 - 10.0	377	4.57
10.0 - 11.0	329	3.99
11.0 - 12.0	259	3.14
12.0 - 13.0	201	2.44
13.0 - 14.0	180	2.18
14.0 - 15.0	142	1.72
15.0 - 16.0	97	1.18
16.0 - 17.0	79	0.96
17.0 - 18.0	42	0.51
18.0 - 19.0	32	0.39
19.0 - 20.0	22	0.27
TOTALE	8254	100.00

Tab. 6 - Parametri costruttivi della turbina VESTAS V90-2.0.

PARAMETRI COSTRUTTIVI	PARAM. COSTR. (INGLESE)	VALORE	UNITA' DI MISURA
Numero di pale	Number of blades	3	-
Velocità del vento in accensione	Cut-in wind speed	2.5	m/s
Velocità del vento di fermo	Cut-off wind speed	25	m/s
Velocità del vento nominale	Rated wind speed	13	m/s
Altezza del mozzo	Hub height	80	m
Diametro del rotore	Rotor diameter	90	m
Area spazzata	Swept area	6362	m ²
Potenza nominale	Rated power	2000	KW

Tab. 7 - Parametri di prestazione della turbina VESTAS V90-2.0 nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

PARAMETRI DI PRESTAZIONE	PARAM. PREST. (INGLESE)	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
Fattore di disponibilità	Availability factor	Af	0.83	-
Fattore di capacità	Availability factor	Cf	0.22	-
Energia netta prodotta	Net produced energy		3713.03	MWh
Producibilità annua netta di energia	Net annual energy production	P50	3922.70	MWh/anno
Producibilità annua netta (p75)	Net a. energy prod. (p75)	P75	3526.24	MWh/anno
Producibilità annua netta (p90)	Net a. energy prod. (p90)	P90	3166.96	MWh/anno
Ore eq. a potenza nominale	Full-load hours	Heq50	1961	ore/anno
Ore eq. a pot. nominale (p75)	Full-load hours (p75)	Heq75	1763	ore/anno
Ore eq. a pot. nominale (p90)	Full-load hours (p90)	Heq90	1583	ore/anno

Tab. 8 - Perdite di producibilità e incertezze considerate.

PERDITA	VALORE (%)
Densità dell'aria	10.42
Sistema di controllo	2.00
Indisponibilità e manutenzione turbina	3.00
Cadute elettriche	2.50
Formazione di ghiaccio	0.50
Altre perdite	1.00
Perdite totali	19.42
Incetanze di producibilità totali	15.00

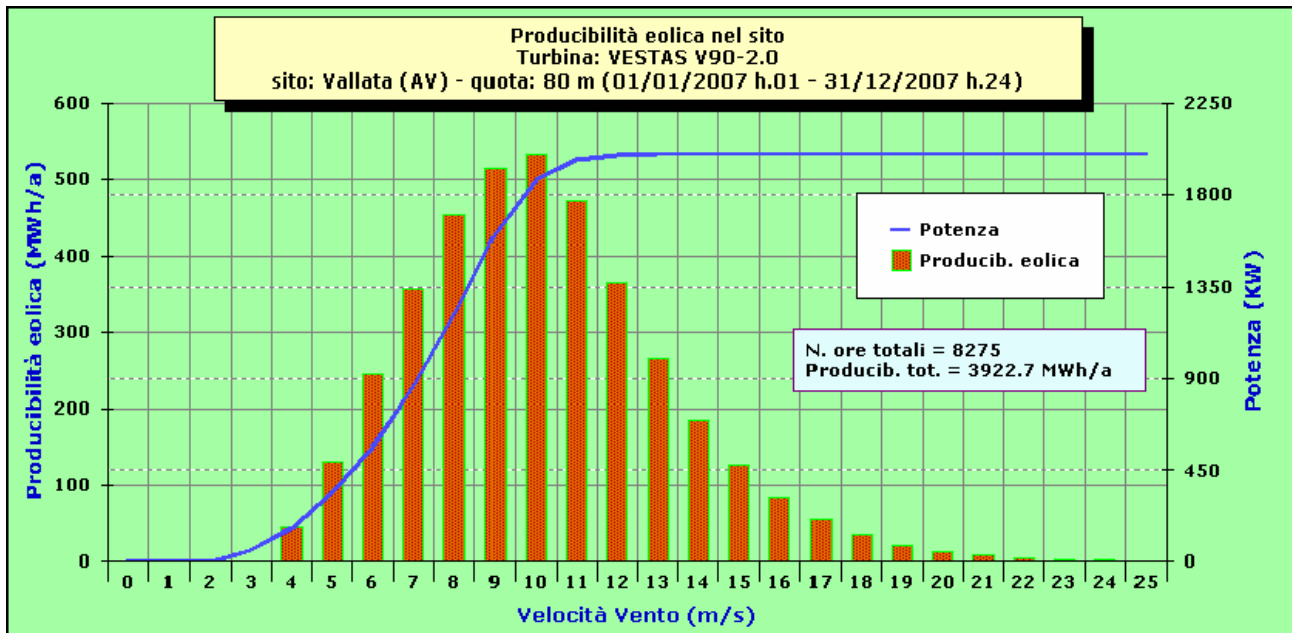


Fig. 6 - Istogramma di frequenza della produttività netta di energia per classi di velocità del vento della turbina VESTAS V90-2.0 nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

Tab. 9 - Distribuzione di frequenza della produttività netta di energia per classi di velocità del vento della turbina VESTAS V90-2.0 nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

CLASSI DI V. VENTO (m/s)	N. ORE	PROBABILITA' (%)	POTENZA (KW)	PRODUCIB. (MWh/a)
0.0 - 0.5	92	1.20	0.0	0.00
0.5 - 1.5	457	6.32	0.0	0.00
1.5 - 2.5	801	9.47	0.0	0.00
2.5 - 3.5	1179	11.10	0.0	0.00
3.5 - 4.5	1116	11.57	56.0	45.79
4.5 - 5.5	849	11.19	165.0	130.41
5.5 - 6.5	738	10.21	339.0	244.59
6.5 - 7.5	573	8.90	570.0	358.24
7.5 - 8.5	490	7.44	863.0	453.80
8.5 - 9.5	393	6.01	1215.0	515.73
9.5 - 10.5	359	4.69	1606.0	532.59
10.5 - 11.5	295	3.56	1878.0	472.07
11.5 - 12.5	206	2.62	1974.0	365.60
12.5 - 13.5	213	1.88	1995.0	265.03
13.5 - 14.5	158	1.31	2000.0	185.76
14.5 - 15.5	109	0.90	2000.0	126.72
15.5 - 16.5	82	0.60	2000.0	84.43
16.5 - 17.5	67	0.39	2000.0	54.98
17.5 - 18.5	47	0.25	2000.0	35.02
18.5 - 19.5	20	0.15	2000.0	21.82
19.5 - 20.5	0	0.09	2000.0	13.32
20.5 - 21.5	0	0.06	2000.0	7.96
21.5 - 22.5	0	0.03	2000.0	4.67
22.5 - 23.5	0	0.02	2000.0	2.68
23.5 - 24.5	0	0.01	2000.0	1.51
TOTALE	8275	100.00	-	3922.70

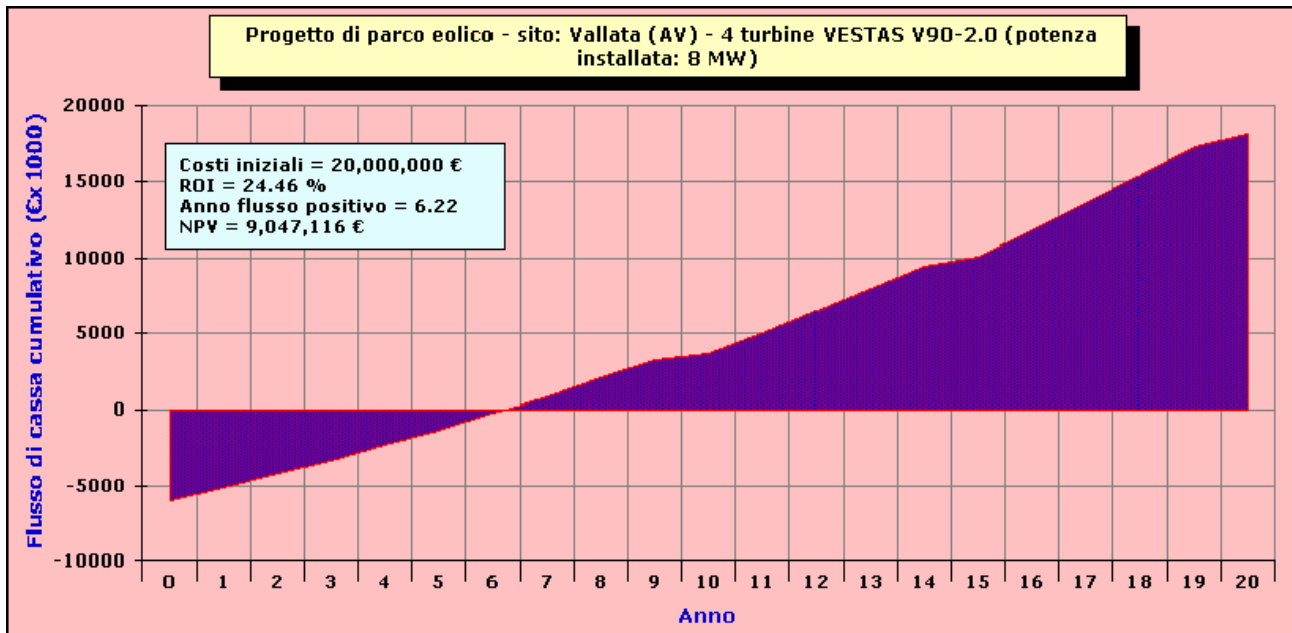


Fig. 7 - Flussi di cassa cumulativi netti del progetto di parco eolico nel sito di Vallata (AV) costituito da 4 turbine VESTAS V90-2.0 (potenza installata: 8 MW)

Tab. 10 - Flussi di cassa annuali netti del progetto di parco eolico nel sito di Vallata (AV) costituito da 4 turbine VESTAS V90-2.0 (potenza installata: 8 MW)

ANNO	FLUSSO NETTO	FLUSSO CUMULATIVO
0	-6,000,000	-6,000,000
1	849,439	-5,150,561
2	890,384	-4,260,177
3	933,173	-3,327,004
4	977,887	-2,349,117
5	1,024,609	-1,324,508
6	1,073,427	-251,081
7	1,124,430	873,349
8	1,177,713	2,051,062
9	1,233,375	3,284,437
10	391,094	3,675,530
11	1,352,248	5,027,779
12	1,415,678	6,443,457
13	1,481,924	7,925,381
14	1,551,106	9,476,487
15	579,513	10,056,000
16	1,700,435	11,756,440
17	1,779,204	13,535,640
18	1,861,446	15,397,090
19	1,947,311	17,344,400
20	826,857	18,171,250

Tab. 11 - Specifiche di progetto ed indici di fattibilità economica del parco eolico nel sito di Vallata (AV) costituito da 4 turbine VESTAS V90-2.0 (potenza installata: 8 MW)

VOCE/INDICE	VOCE/INDICE (INGLESE)	VALORE	U. MISURA
Vita dell'impianto	Project life	20	anni
Costi iniziali	Initial costs	20,000,000	€
Investimento per potenza installata	Initial costs per power	2,500	€/KW
Capitale investito	Project equity	6,000,000	€
Indebitamento di progetto	Project debt	14,000,000	€
Prezzo di vendita dell'energia	Retail price of electricity	0.180	€/KWh
Sovvenzioni/incentivi iniziali	Initial incentives/grants	0	€
Credito prod. energia rinnovabile	RE production income	1,683,429	€/anno
Riduzione emiss. gas serra	GHG emission reduction	0.000	tCO2/anno
Credito riduz. emiss. gas serra	GHG emiss. reduction income	0	€/anno
Ricavo cessione energia	Energy production income	2,211,805	€/anno
Tasso imposta sul reddito	Effective income tax rate	33.00	%
Tasso di sconto	Discount rate	9.00	%
Pagamento del debito (15 anni)	Debt payments	1,685,887	€/anno
Ritorno semplice dell'investimento	Simple payback	6.91	anni
Ritorno del capitale investito	Year-to-positive cash flow	6.22	anni
Valore attuale netto (NPV)	Net Present Value	9,047,116	€
Ritorno di investimento (ROI)	Return On Investment	24.46	%
Rapporto Benefici-Costi (B-C)	Benefit-Cost ratio	1.28	-
Recupero debiti	Debt service coverage	1.50	-
Costo unitario produzione energia	Produced energy unit cost	0.6167	€/KWh

Confronto prestazioni turbine
Sito: Vallata (AV)
Periodo: 01/01/2007-31/12/2007
Quota: 80 m s.l.s.

Tab. 12 - Confronto delle prestazioni di 14 turbine scelte nel sito di Vallata (AV) alla quota di 80 m s.l.s. (01/01/2007-31/12/2007).

Nome turbina	Altezza del mozzo (m)	Potenza nominale (KW)	Af	Cf	Ore eq. a potenza nominale (ore/anno)	Energia netta prodotta (MWh)	Producibilità annua netta (MWh/anno)
REPOWER MM92	78.5	2000	0.78	0.24	2133	3997.72	4267.00
VESTAS V90-1.8	80.	1800	0.72	0.24	2079	3511.71	3742.00
VESTAS V90-2.0	80.	2000	0.83	0.22	1961	3713.03	3923.00
SIEMENS SWT-2.3-93	80.	2300	0.66	0.22	1939	4220.02	4461.00
GAMESA G87-2.0	78.	2000	0.66	0.22	1924	3655.29	3848.00
NORDEX S77	80.	1500	0.78	0.21	1883	2690.21	2825.00
GE ENERGY 2.5	85.	2500	0.72	0.21	1857	4429.20	4643.00
NORDEX N90	80.	2300	0.78	0.21	1804	3971.44	4150.00
REPOWER MM82	80.	2000	0.72	0.20	1793	3434.28	3587.00
DEWIND D8 80-2000	80.	2000	0.72	0.19	1708	3297.60	3416.00
VESTAS V80-2.0	78.	2000	0.66	0.19	1702	3287.30	3403.00
GAMESA G80-2.0	78.	2000	0.66	0.19	1702	3287.30	3403.00
ECOTÈCNIA 80-2.0	80.	2000	0.78	0.19	1652	3211.46	3304.00
AN BONUS 2000-76	80.	2000	0.66	0.18	1574	3069.19	3147.00