

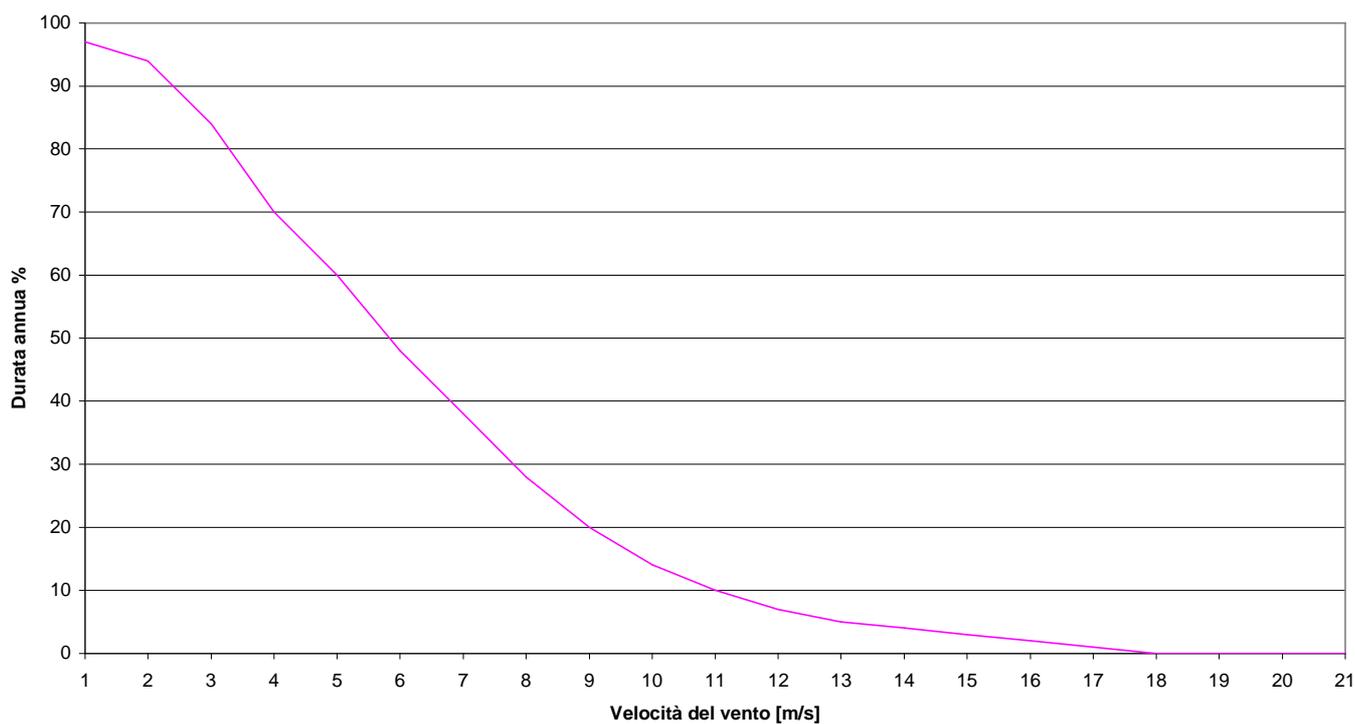
# ANALISI DI REDDITIVITA' DI UN MINI-IMPIANTO A TURBINA EOLICA

## CARATTERISTICHE DEL LUOGO DI INSTALLAZIONE DELL' IMPIANTO

Località: Costa del Lazio

### Curva di ventosità:

Costa laziale: curva di ventosità sperimentale



**Nota:** misurazioni effettuate all'altezza di 10 metri da terra.

## CARATTERISTICHE IMPIANTO

**Aerogeneratore VELTER II** prodotto da Soluciones Energéticas (SOLENER):

Contesto di utilizzo:

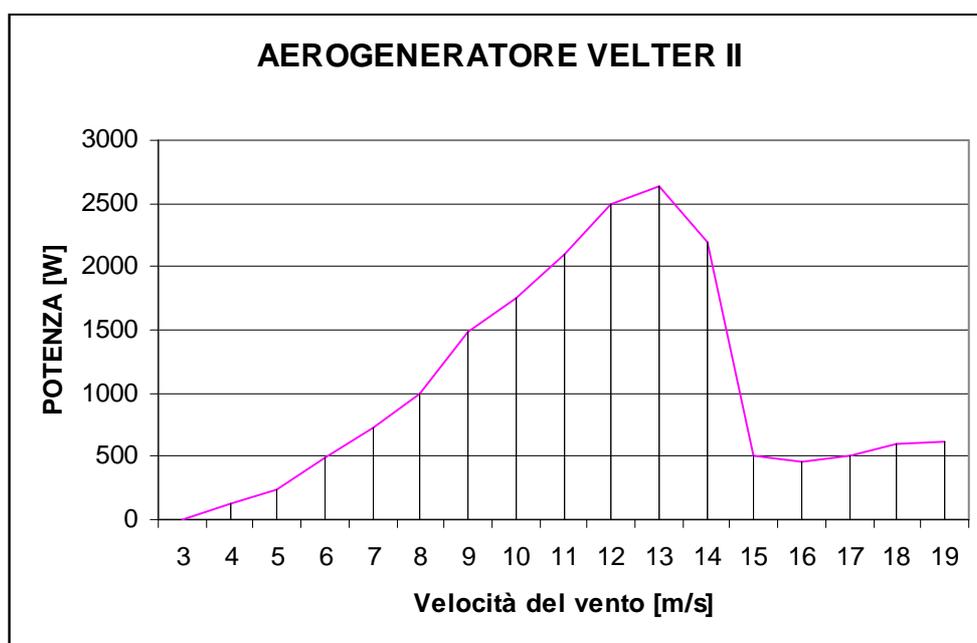
- adatto per zone di moderata ventosità
- adatto a sopperire alle esigenze di una abitazione o piccola utenza



velocità di cut-in = 3 m/s  
velocità di cut-off = 14 m/s  
velocità vento per la potenza nominale= 10 m/s

Costo indicativo: 3900 Euro

### Curva di potenza

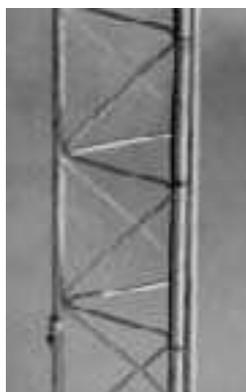


## ACCESSORI



**Controller di carica batterie:** RAll (specifico per la il Velter II)  
SOLENER

Costo indicativo: 720 Euro



**Torre:** altezza 9 metri

Costo indicativo: 570 Euro



**Inverter:** S2000/24 SOLENER  
Potenza: 600/800W

Costo indicativo: 1710 Euro

## SCATOLA FUSIBILI, CAVI, BATTERIE, ALTRI ACCESSORI

Costo indicativo: 240 Euro

## ANALISI DI REDDITIVITA'

Per realizzare l'analisi di redditività è necessario calcolare:

- L'energia elettrica prodotta in un anno dall'impianto  $E_{year}$
- Pay Back Return (PB)
- Net Present Value (NPV)
- Internal Rate of Return (IRR)

### a) Calcolo di $E_{year}$

Avvalendoci dei dati a disposizione, in particolare di:

- Curva di ventosità sperimentale
- Curva di potenza della turbina

è possibile creare una tabella:

Velocità del vento [m/s]	Durata % annua cumulata	Durata % annua	Durata annua in h	Potenza turbina [kW]	Energia kWh
0	97	3	262,8		
1	94	3	262,8		
2	84	10	876		
3	70	14	1226,4	0,495	450,702
4	60	10	876	0,72	532,17
5	48	12	1051,2	1	904,032
6	38	10	876	1,48	1086,24
7	28	10	876	1,75	1414,74
8	20	8	700,8	2,1	1349,04
9	14	6	525,6	2,5	1208,88
10	10	4	350,4	2,64	900,528
11	7	3	262,8	2,2	635,976
12	5	2	175,2	0,5	236,52
13	4	1	87,6	0,46	42,048
14	3	1	87,6	0,5	42,048
15	2	1	87,6		
16	1	1	87,6		
17	0	1	87,6		
18	0	0	0		
19	0	0	0		
					Year 8802,924

Cut-in

Cut-off

La **seconda colonna** “Durata % annua cumulata” è costituita dai dati che definiscono la curva di ventosità.

Rappresenta la durata in termini percentuali per cui il vento soffia con velocità uguale o superiore al valore di velocità definito nella riga relativa.

Esempio: considerando la velocità del vento  $v=5\text{m/s}$ , la seconda colonna fornisce il valore 48%; per il 48% dell’anno in termini di tempo, il vento dunque soffia con velocità maggiore o uguale a 5 m/s.

La **terza colonna** fornisce, in termini percentuali, la durata per cui il vento soffia ad una certa velocità.

Esempio: per la velocità del vento  $v=8\text{ m/s}$  si ottiene sottraendo dalla Durata % annua cumulata riferita al vento  $v=7\text{ m/s}$  (=28) la Durata % annua cumulata riferita al vento  $v=8\text{ m/s}$  (=20).

Nella **quarta colonna** si ottengono le Durate annue in ore, l’operazione da eseguire è:

$$\text{Durata annua in ore} = (\text{Durata \% annua}) \cdot 365 \cdot 24 / 100$$

La **quinta colonna** è definita dai dati forniti dal costruttore della turbina (desumibili dal grafico che rappresenta la Curva di potenza).

I valori della **sesta colonna**, Energia in kWh, si ottengono da:

$$E = P \cdot \Delta t$$

dove E è l’energia in kWh prodotta riferita ad ogni livello di velocità del vento

P è la potenza in kW uscente dall’aerogeneratore

$\Delta t$  è l’intervallo di tempo

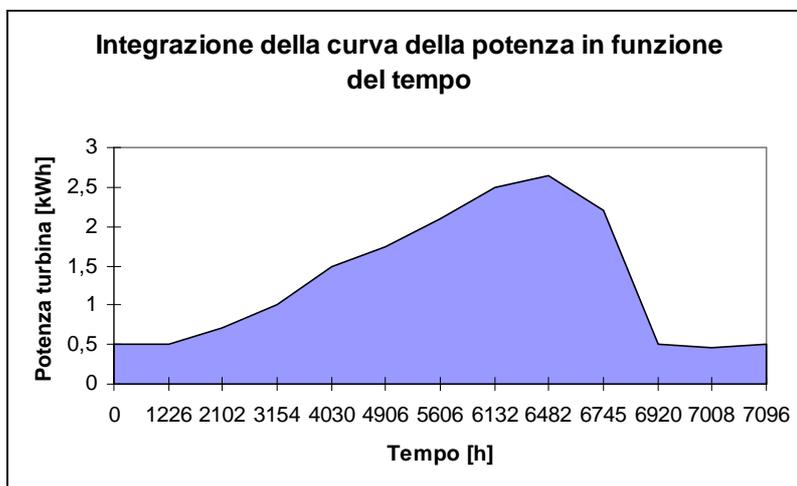
Per ottenere l’energia totale si può integrare la curva P(t) con un metodo numerico a passo non costante.

*Esempio:*

*L’energia prodotta nel periodo di tempo  $\Delta t$  ( $v_{\text{vento}} = 6\text{m/s}$ ) riferito alla velocità del vento ( $v_{\text{vento}} = 6\text{m/s}$ ) è dato da:*

$$E(v_{\text{vento}} = 6\text{m/s}) = \frac{P_{\text{turbina}}(v_{\text{vento}} = 6\text{m/s}) + P_{\text{turbina}}(v_{\text{vento}} = 5\text{m/s})}{2} \cdot \Delta t(v_{\text{vento}} = 6\text{m/s})$$

Per ottenere l'energia totale si può integrare la curva  $P(t)$  con un metodo numerico a passo non costante; facendo dunque la somma di tutti gli intervalli. Il valore finale corrisponde all'area sottostante la curva nel grafico seguente:



L'energia prodotta in un anno è dunque:

$$E_{\text{year}} = 8803 \text{ kWh}$$

Considerando una perdita di circa 10% durante le trasformazioni da corrente alternata (AC) a corrente continua (DC) e viceversa si ha un'energia totale prodotta:

$$E_{\text{year, reale}} = 8803 \cdot 0.90 \approx 7925 \text{ kWh}$$

### b) c) Calcolo del PB e NPV

Il ricavo monetario si ottiene moltiplicando il costo del kWh,  $E_{\text{kWh}}$  per l'energia prodotta in un anno,  $E_{\text{year, reale}}$

$$R_i = E_{\text{year, reale}} \cdot E_{\text{kWh}}$$

$E_{\text{kWh}} = 0,15$  Euro (Prezzo indicativo pagato dal gestore nazionale per l'acquisto di energia, fornito dall'impianto oggetto della valutazione)

Si consideri il costo di manutenzione medio annuo valutabile in 40 Euro.

Fissando la durata utile dell'impianto in 20 anni, si ottiene la seguente tabella:

Anno	Investimento	Costi	Ricavi	FFcc	Pwi	FFcc att	FFcc tot
0	7140	0	0,00	-7140,00	1,00	-7140,00	-7140,00
1	0	40	1320,44	1280,44	0,93	1196,67	-5943,33
2	0	40	1320,44	1280,44	0,87	1118,38	-4824,94
3	0	40	1320,44	1280,44	0,82	1045,22	-3779,72
4	0	40	1320,44	1280,44	0,76	976,84	-2802,88
5	0	40	1320,44	1280,44	0,71	912,94	-1889,95
6	0	40	1320,44	1280,44	0,67	853,21	-1036,74
7	0	40	1320,44	1280,44	0,62	797,39	-239,35
8	0	40	1320,44	1280,44	0,58	745,23	505,88
9	0	40	1320,44	1280,44	0,54	696,47	1202,35
10	0	40	1320,44	1280,44	0,51	650,91	1853,26
11	0	40	1320,44	1280,44	0,48	608,33	2461,59
12	0	40	1320,44	1280,44	0,44	568,53	3030,12
13	0	40	1320,44	1280,44	0,41	531,34	3561,46
14	0	40	1320,44	1280,44	0,39	496,58	4058,03
15	0	40	1320,44	1280,44	0,36	464,09	4522,12
16	0	40	1320,44	1280,44	0,34	433,73	4955,85
17	0	40	1320,44	1280,44	0,32	405,35	5361,21
18	0	40	1320,44	1280,44	0,30	378,84	5740,04
19	0	40	1320,44	1280,44	0,28	354,05	6094,10
20	0	40	1320,44	1280,44	0,26	330,89	6424,98

Per cui il Pay Back Return è di 7,3 anni e l'NPV è di 6425 Euro.

#### e) Calcolo dell'IRR

L'IRR, che corrisponde al tasso di interesse per il quale l'NPV è uguale a 0, è di circa il 17%.

#### CONSIDERAZIONI

In realtà l'impianto viene ammortizzato in un arco di tempo molto inferiore, in quanto il prezzo di 0,15 Euro al kWh con il quale il gestore nazionale indicativamente acquista (o meglio acquisterà) l'energia fornita dall'impianto privato, è di molto inferiore al prezzo che l'Enel (o chi per essa) fissa per l'acquisto di energia da lei fornita.

Al vantaggio di vendere energia si deve dunque sommare il risparmio sulla bolletta, potendo generare in proprio energia che altrimenti dovrebbe essere acquistata a caro prezzo dal gestore nazionale.

Si può allora affermare che l'investimento possa venire ammortizzato in 3-4 anni e che nella rimanente parte di vita utile (pessimisticamente altri 15 anni) l'impianto generi pressoché gratuitamente energia pulita e con un moderato impatto ambientale, date le sue ridotte dimensioni.