

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

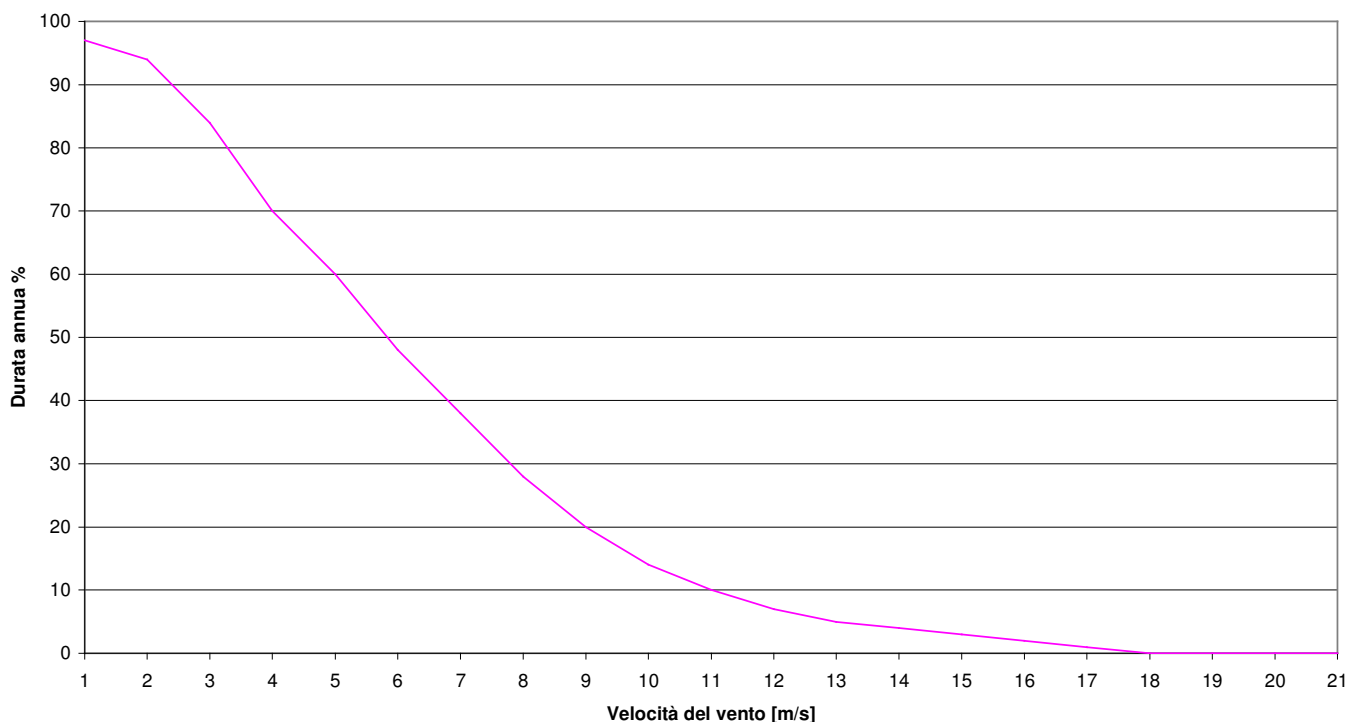
ANALISI DI REDDITIVITA' DI UN MINI-IMPIANTO A TURBINA EOLICA

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.

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

CARATTERISTICHE IMPIANTO

Aerogeneratore VELTER II prodotto da Soluciones Energéticas (SOLENER):

Contesto di utilizzo:

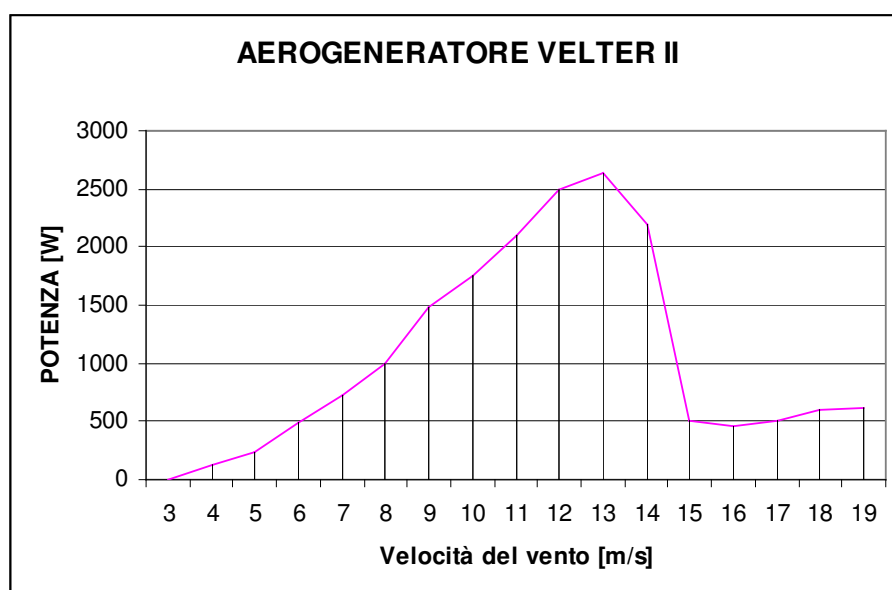
- adatto per zone di moderata ventosità
- adatto a sopperire alle esigenze di una abitazione o piccola utenza



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



	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

ACCESSORI



Controller di carica batterie: RAI1 (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

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

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	876,0		
3	70	14	1226,4		
4	60	10	876,0	0,125	54,75
5	48	12	1051,2	0,24	191,844
6	38	10	876,0	0,495	321,93
7	28	10	876,0	0,72	532,17
8	20	8	700,8	1	602,688
9	14	6	525,6	1,48	651,744
10	10	4	350,4	1,75	565,896
11	7	3	262,8	2,1	505,89
12	5	2	175,2	2,5	402,96
13	4	1	87,6	2,64	225,132
14	3	1	87,6	2,2	211,992
15	2	1	87,6		
16	1	1	87,6		
17	0	1	87,6		
18	0	0	0,0		
19	0	0	0,0		
					Eyear 4266,996

Cut-in

Cut-off

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

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

Δt 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.

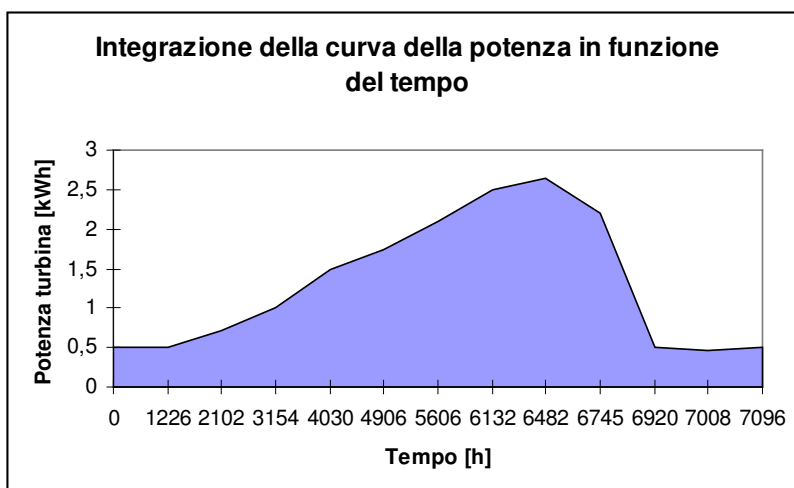
Esempio:

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:

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

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

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:

$$E_{\text{year}} = 4267 \text{ kWh}$$

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:

$$E_{\text{year, reale}} = 4267 \cdot 0.90 \approx 3840 \text{ kWh}$$

b) c) Calcolo del PB e NPV

Allo stato attuale, chi installa una turbina eolica può accedere al mercato dei Certificati Verdi, a patto che il suo impianto sia in grado di produrre almeno 25MWh all' anno (fonte: www.enel.it).

La modalità di interfaccia con la rete distributrice è lo "scambio sul posto". L'energia non consumata direttamente dal produttore viene opportunamente immessa in rete.

Se l'impianto è gestito da un'azienda, questa può configurarsi come produttore e vendere l'eventuale energia in eccesso alla rete di distribuzione, se è un privato, che può configurarsi solo come utente finale l'eventuale eccedenza di energia prodotta viene contabilizzata a credito ma non remunerata.

Per quanto detto è evidente che, a meno di non entrare nell'ambito di applicazione dei certificati verdi, non risulta remunerativo sovradimensionare il proprio impianto rispetto alle esigenze di autoconsumo.

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

La VELTER II è un generatore di piccola potenza, adatto alle esigenze tipiche di una piccola utenza.

Ipotizziamo dunque che l'energia venga interamente consumata sul posto. Si configura come ricavo la mancata spesa per l'acquisto di energia elettrica.

Data la potenza del generatore eolico supponiamo che l'utenza sia relativa ad un cliente domestico con potenza impegnata superiore a 3kW.

La tariffa complessiva è divisa in fasce, come nella tabella seguente:

Tariffa	
Fino al limite di kWh	Costo dell'energia elettrica [c€/kWh]
75	7,96
150	9,89
220	14,27
225	22,91
295	22,91

Ipotizziamo un consumo annuale tipo come da tabella:

Consumo energia elettrica								
mese	consumo	0-75kWh	75-150kWh	150-220kWh	220-225kWh	>225kWh	kWh verifica	tariffa mensile [€]
gennaio	320	75	75	70	5	95	320	47,43
febbraio	315	75	75	70	5	90	315	46,29
marzo	290	75	75	70	5	65	290	40,56
aprile	320	75	75	70	5	95	320	47,43
maggio	250	75	75	70	5	25	250	31,40
giugno	278	75	75	70	5	53	278	37,81
luglio	260	75	75	70	5	35	260	33,69
agosto	400	75	75	70	5	175	400	65,76
settembre	400	75	75	70	5	175	400	65,76
ottobre	310	75	75	70	5	85	310	45,14
novembre	335	75	75	70	5	110	335	50,87
dicembre	340	75	75	70	5	115	340	52,01
tot kWh	3818						tot spesa	564,14

Nella seconda colonna sono riportati i consumi energetici mensili, nelle colonne adiacenti le quote di energia per ciascuna fascia.

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

Moltiplicando le quote mensili così calcolate per la relativa tariffa, si ottiene la colonna più a destra, che riporta la spesa per l'acquisto di energia dalla rete distributrice.

Verificheremo adesso la convenienza rispetto all'acquisto dalla rete distributrice. In quest'ottica si deve considerare come ricavo la mancata spesa per l'acquisto di energia elettrica dalla rete.

Alla voce spese abbiamo considerato i costi di manutenzione, con un valore medio annuo valutabile in 40 Euro.

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

Calcolo NPV								
Anno	produzione energia elettrica [kWh]	Investimento [€]	Costi [€]	Ricavi [€]	FFcc [€]	Pwi	FFcc att [€]	FFcc tot [€]
0	3840,30	7140,00	0,00	0,00	-7140,00	1	-7140,00	-7140,00
1	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,961538462	503,98	-6636,02
2	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,924556213	484,60	-6151,42
3	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,888996359	465,96	-5685,45
4	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,854804191	448,04	-5237,41
5	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,821927107	430,81	-4806,60
6	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,790314526	414,24	-4392,37
7	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,759917813	398,31	-3994,06
8	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,730690205	382,99	-3611,07
9	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,702586736	368,26	-3242,82
10	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,675564169	354,09	-2888,72
11	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,649580932	340,47	-2548,25
12	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,62459705	327,38	-2220,87
13	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,600574086	314,79	-1906,08
14	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,577475083	302,68	-1603,40
15	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,555264503	291,04	-1312,37
16	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,533908176	279,84	-1032,52
17	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,513373246	269,08	-763,44
18	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,493628121	258,73	-504,71
19	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,474642424	248,78	-255,93
20	3840,30	0,00	40,00	564,14	524,14	0,456386946	239,21	-16,71

Risulta immediatamente che l' NPV è negativo, pari a -16,71€: l'investimento come ipotizzato non è conveniente. Il calcolo del Pay Back non ha senso in questo caso e non viene eseguito.

e) Calcolo dell'IRR

	LEZIONE nr. 13 di IRECon Italia				
	Categoria:	LEZIONI	Accesso: Livello 1		
www.energie-rinnovabili.net www.energia-eolica.it info@irecon-italia.it	Settore:	Area Tecnica	28.10.06	Rev.01	Alessandro Mosti
			10.06.02	Rev.00	Claudio Taboga

L'IRR, che corrisponde al tasso di interesse per il quale l'NPV è uguale a 0, è di circa il 3,97%.

ALCUNE CONSIDERAZIONI

.Essendo esplicitamente vietata per i clienti finali la vendita del surplus di energia alla rete di distribuzione, si disincentiva di fatto lo sfruttamento ottimale della risorsa vento, che, per le sue caratteristiche è preziosa e andrebbe convenientemente sfruttata laddove tecnicamente possibile.

In pratica, allo stato attuale, non conviene sovradimensionare il proprio impianto rispetto alle esigenze di autoconsumo perché il surplus di energia prodotta non può essere venduto a meno di non essere un'azienda che assume lo status di autoproduttore.

Se in futuro verranno estese anche alle altre fonti energetiche rinnovabili (FER) le modalità di scambio attualmente già in vigore per gli impianti fotovoltaici, l'analisi di redditività cambierebbe radicalmente.

Al momento una possibile alternativa potrebbe essere ricercare sul mercato un generatore eolico più economico per abbattere il costo complessivo dell'impianto.

Parlando poi di incentivi alla produzione, fermo restando il fatto che solo le aziende possono rivendere l'energia eolica autoprodotta, va detto che il mercato dei Certificati Verdi risulta per scelta politica accessibile solo ad impianti di una certa potenza (in condizioni di ventosità media si parla di almeno 15-20kW): se non si dimostra di essere in grado di produrre almeno 25000kWh/anno i Certificati Verdi non spettano.

La diffusione capillare di turbine eoliche di piccole dimensioni potrebbe consentire un migliore sfruttamento dell'energia disponibile, specialmente considerando il fatto che la possibilità di costruzione di nuovi grandi impianti eolici in Italia è al momento alquanto limitata da fattori ambientali e paesaggistici.