MICRO-EOLICO
Efficienza e prestazioni dei generatori eolici.

Macchine di piccola taglia

giorgio.ruffini@fv-team.it

23/11/2015

WWW.FV-TEAM.IT

Sommario

Vento, curva di potenza, stima della producibilità 2
Il vento 2
Energia dal vento 2
La curva di potenza 3
Il Capacity factor 3
Stimare la produzione elettrica 4

WWW.FV-TEAM.IT

Vento, curva di potenza, stima della producibilità

Il vento è per definizione una fonte di energia incostante e aleatoria ed è quindi difficile una previsione esatta dell'elettricità ricavabile da un impianto eolico.
Tuttavia, conoscendo da una parte le caratteristiche del vento in un determinato sito e dall'altra le caratteristiche tecniche del generatore eolico, è possibile arrivare a una stima realistica della producibilità elettrica in un intervallo di tempo, ad esempio su base annua.

Diamo qui soltanto alcuni cenni teorici sulla fisica del vento, per poi affrontare concretamente la questione dell'efficienza reale delle macchine eoliche, soprattutto quelle di piccola taglia.

Il vento

La potenza del vento è una funzione della densità dell'aria, dell'area spazzata dal vento e della velocità istantanea del vento.
Questo significa che l'incremento di ognuno di questi fattori aumenta la potenza estraibile dal vento.

- La velocità del vento: la potenza del vento aumenta in maniera proporzionale al cubo della sua velocità. **In altre parole, raddoppiando la velocità del vento, la sua potenza aumenta non di due bensì di otto volte (2 x 2 x 2 = 8).**

- La densità dell'aria: la potenza del vento è proporzionale anche alla densità dell'aria. La densità è maggiore alle basse temperature, ad esempio in inverno, e in condizioni di alta pressione. La densità del vento influisce positivamente sulla sua potenza, in percentuali stimabili attorno al 10-20%.

- L'area spazzata dal vento: la potenza che il vento trasmette a un generatore eolico è direttamente proporzionale all'area spazzata, cioè quella determinana dal diametro delle pale. Piccoli aumenti del diametro del rotore assicurano notevoli aumenti nella resa energetica.

WWW.FV-TEAM.IT

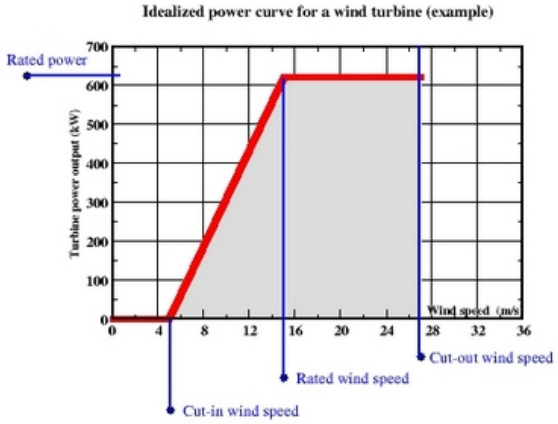
Energia dal vento

Esiste un limite fisico alla quantità di energia dal vento intercettabile dalle pale eoliche. Questo limite è stato individuato dalla legge di Betz e viene espresso col Coefficiente di potenza Cp.
La legge di Betz individua l'efficienza massima teoricamente raggiungibile da un impianto eolico, dimostrando che una turbina può estrarre non più del 59,3% dell'energia cinetica contenuta in una massa d'aria.
La legge di Betz esprime un concetto facilmente intuibile: se tutta l'energia del vento potesse essere assorbita dal rotore eolico trasformandosi in energia rotazionale e quindi elettrica, per assurdo il vento dovrebbe completamente "fermarsi" tra le pale della turbina.

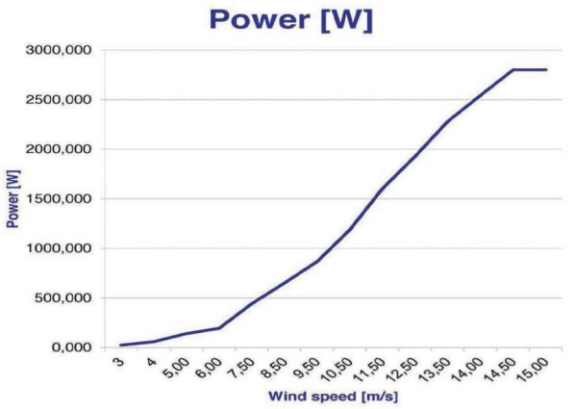
Ma la legge di Beltz individua un valore di efficienza teorica che, da solo, è insufficiente per comprendere le concrete potenzialità dell'energia eolica.
Dobbiamo quindi confrontarci con le reali prestazioni dei generatori alle diverse velocità del vento.

La curva di potenza

Ogni turbina ha una propria caratteristica curva di potenza. La curva di potenza di una macchina eolica mostra il rapporto tra la velocità del vento e la potenza elettrica istantanea erogata dal generatore.



Curva di potenza per una turbina da 600 kW



Curva di potenza per una turbina da 2,8 kW

Il grafico a sinistra riporta, in maniera esemplificativa ma realistica, il comportamento di una turbina eolica da 600 kW al variare della velocità del vento. Nell'asse delle ascisse è indicata la potenza elettrica erogata, mentre l'asse delle ordinate riporta le diverse velocità del vento.

La soglia minima (cut-in wind speed) di velocità del vento richiesta per l'avvio della turbina è in questo caso di 5 m/s. La velocità nominale (rated wind speed), cioè la velocità del vento nella quale la macchina raggiunge la potenza nominale di targa, è pari a 15 m/s.
La potenza erogata rimane costante sul valore nominale fino al raggiungimento della soglia massima (cut-out wind speed) di velocità del vento, che nel caso di questa turbina è realisticamente localizzata in 27 m/s.
Oltrepassata la soglia massima tollerata, l'aerogeneratore si mette in sicurezza e interrompe la produzione di elettricità, per evitare il rischio di danneggiamenti.

Il grafico a destra invece è relativo ad una macchina di piccola potenza; l'andamento è molto simile con la sola differenza che la velocità del vento di inizio della generazione elettrica è più basso rispetto alle macchine di grossa taglia.
Questa peculiarità permette alle macchine di piccola taglia di poter lavorare anche ad altezze più ridotte e cercando di sfruttare anche le ventosità di non eccessiva intensità.

Il Capacity factor

Il Capacity factor (o "Fattore di utilizzo") è un indicatore che individua il rapporto tra l'energia prodotta in un intervallo di tempo e quella che avrebbe potuto essere prodotta se l'impianto avesse funzionato, nello stesso intervallo, alla potenza nominale.
In altre parole, il Capacity factor ci mostra l'efficienza reale di un impianto, individuando le ore equivalenti (solitamente su base annuale) di funzionamento alla potenza nominale.

I valori di Capacity factor degli impianti eolici variano generalmente dal 20% (1.750 ore/anno circa a potenza nominale) al 40% (3.500 ore/anno circa a potenza nominale); in alcuni casi eccezionali si arriva a valori prossimi al 50% (4.400 ore/anno circa a potenza nominale).

In Italia l'attuale Capacity factor dell'intero parco eolico nazionale è del 25%, corrispondente a circa 2.200 ore annue di funzionamento degli impianti alla potenza nominale. Occorre però considerare che il parco esistente è ubicato in siti ad alta vocazione ventosa, non sempre rappresentativi della situazione di una macchina di piccola taglia installata sul tetto di una abitazione o su un palo di altezza 12-18 metri.

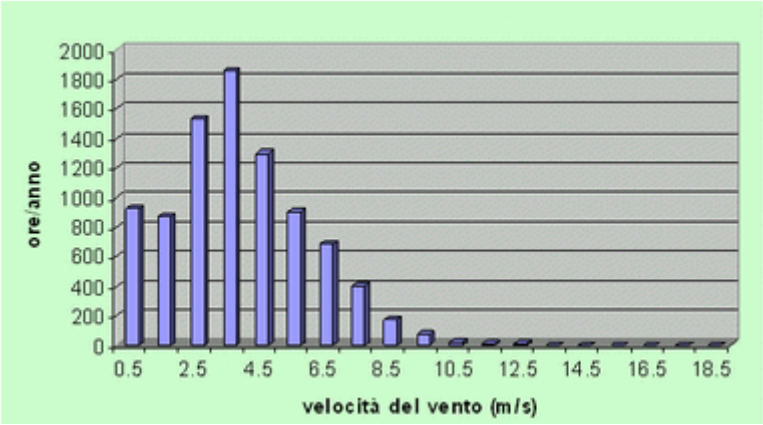
Stimare la produzione elettrica

Per poter fare una stima realistica della produzione energetica annua di un generatore o di un impianto eolico, dobbiamo incrociare la curva di potenza della macchina con i dati relativi alle caratteristiche specifiche del vento.

In assenza di studi anemologici realizzati nel sito prescelto per l'installazione, spesso si fa riferimento a un dato di velocità media annua del vento, calcolato in metri al secondo (m/s). Il dato di velocità media annua, misurato a diverse altezze dal livello del suolo o del mare, è rintracciabile in tutti gli atlanti eolici (ad esempio, vedi Atlaeolico).

La velocità media annua è un parametro utile, ma che preso da solo può risultare insufficiente: zone geografiche con venti dalle caratteristiche molto diverse possono avere valori simili di velocità media del vento.
Ciò che a noi occorre è conoscere le diverse velocità del vento che insieme formano la media, per individuare quelle percentualmente più frequenti. In altre parole, bisogna conoscere la distribuzione della frequenza della velocità dei venti, possibilmente su un arco temporale di almeno un anno.

La tabella sottostante mostra la frequenza della velocità del vento, in una località dell'Italia centrale che presenta un valore di vento medio annuo pari a circa 4 m/s.

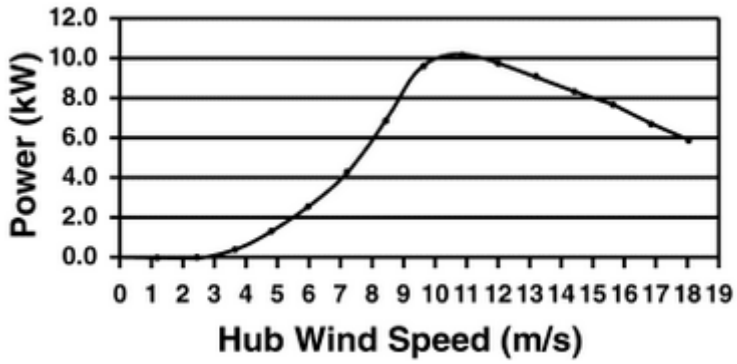


Distribuzione della frequenza della velocità dei venti.

Naturalmente le ore/anno individuate nell'asse delle ascisse possono essere facilmente convertite in frequenze espresse in numeri percentuali.

Ora che conosciamo la distribuzione della frequenza dei venti, non ci resta che fare riferimento alla curva di potenza di un generatore eolico e quindi incrociare i dati.

Prendiamo a titolo esemplificativo la curva di potenza di una micro turbina da 10 kW.



Sommando l'energia prodotta dalla turbina ad ogni intervallo di velocità del vento, si può stimare la producibilità annua del micro generatore eolico.

Velocità del vento (m/s)	Durata % annua	Durata % annua cumulata	Ore/anno	Potenza turbina (kW)	Energia (kWh/anno)
1	10,3	89,7	900	Cut- in	0
2	9,5	80,2	830	Cut- in	0
3	17,5	62,7	1530	0,7	1071
4	21,1	41,6	1850	1	1850
5	15,1	26,6	1319	1,5	1978,5
6	10,4	16,1	915	2,6	2379
7	7,7	8,4	673	4	2692
8	4,8	3,6	421	6	2526
9	2,0	1,6	178	8	1424
10	0,5	1,1	40	10	400
11	0,2	0,9	20	10,5	210
12	0,2	0,7	18	10	180
13	0,2	0,5	16	9	144
14	0,2	0,3	15	8,3	124,5
15	0,2	0,2	14	7,8	109,2
16	0,1	0,1	12	7	84
17	0,1	0,0	5	6,3	31,5
18	0,0	0,0	2	5,9	11,8
19	0,0	0,0	2	Cut-out	0
TOTALE ENERGIA PRODOTTA IN UN ANNO (kWh)					15.215,5

Il Capacity factor specifico di questo impianto è del 17%, corrispondente a circa 1.490 ore equivalenti/anno di funzionamento alla potenza nominale. Si tratta di un valore al di sotto di quello medio del parco eolico nazionale, che è attorno al 25%.
D'altra parte le caratteristiche di velocità e frequenza del vento, sia nel valore medio che nei dati disaggregati, non sono delle migliori.

Si può notare come la gran parte della produzione elettrica sia prodotta da venti con velocità inferiore ai 9 m/s. I venti compresi tra 10 e 12 m/s, che assicurano il funzionamento della turbina alla potenza nominale (10 kW), soffiano per poche ore all'anno.

In questo caso si potrebbe pensare di installare un generatore di potenza inferiore, ad esempio da 3 kW anzichè da 10 kW. Infatti le turbine più piccole raggiungono la potenza nominale a velocità del vento inferiori ai 10 m/s. Non a caso i micro generatori eolici con potenza di pochi kW sono indicati proprio per i siti meno ventosi.

Il parametro sopra indicato di un capacity factor del 15-17% equivalenti a circa 1.300-1.500 ore/anno a piena potenza. Per essere ancora più chiari quello che ci possiamo attendere de macchine micro-eoliche, quindi una produzione di 1.300-1.500 kWh/anno per kW nominale di potenza della macchina.

Si tratta di una stima di massima, abbastanza attendibile e certamente cautelativa per macchine installate in area libera, metri può essere ottimistica nel caso di macchine installate in aree urbane o comunque con morfologia complessa a causa della presenza di edifici, alberi o altri ostacoli, in zone limitrofe al generatore.

Questa grande aleatorietà di produzione rende il generatore micro-eolico particolarmente idoneo per installazioni in abbinamento ad impianti fotovoltaici in quanto viene esaltata la spiccata complementarietà delle due fonti energetiche, con il risultato di una maggiore costanza di produzione stagionale ed una sensibile attenuazione del differenziale di produzione giorno-notte.

WWW.FV-TEAM.IT