

**Dossier**

# **Micro-Eolico**

**Progetto  
RES & RUE Dissemination**

Realizzato da  
A.P.E.R.

ASSOCIAZIONE PRODUTTORI ENERGIA  
DA FONTI RINNOVABILI  
P.le R. Morandi 2 - 20121 Milano

A cura di:

Ing. Alessandro Brusa  
Ing. Elena Guarnone  
Ing. Elio Smedile

# • **INDICE**

---

• <b>PREFAZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>2. UN PO' DI TEORIA: COME SFRUTTARE LA RISORSA VENTO</b> .....	<b>7</b>
2.1 La fisica di un impianto eolico .....	7
2.2 La composizione di un impianto eolico .....	8
<b>3. L'EOLICO IN ITALIA</b> .....	<b>11</b>
3.1 Consistenza e potenzialità .....	11
3.2 Inserimento ambientale .....	11
3.3 Gli strumenti normativi e di incentivazione .....	12
<b>4. IL MICROEOLICO</b> .....	<b>14</b>
4.1 Impiantistica e tecnologia .....	14
4.2 Applicazioni .....	17
4.3 Il potenziale micro-eolico in Italia .....	20
4.4 Inserimento ambientale .....	21
4.5 Incentivazioni .....	23
<b>5. AZIONI DA INTRAPRENDERE PER INSTALLARE UN IMPIANTO MICROEOLICO</b> .....	<b>24</b>
5.1. Micorimpianti eolici .....	24
5.2. Scelta del sito e studio anemologico .....	24
5.3. Analisi delle autorizzazioni richieste .....	27
5.4. Studio di fattibilità dell'impianto e verifica dei costi.....	27
5.5. Scelta del progettista costruttore.....	28
5.6. Gestione dell'impianto (manutenzione e management) .....	29
<b>6. AZIONI PROGRAMMATICHE: IL RUOLO DEGLI ENTI PUBBLICI ..</b>	<b>30</b>
6.1. Da che cosa partire .....	30
6.2. A che cosa mirare .....	31
6.3. Quali risorse attivare .....	32
<b>7. GLOSSARIO</b> .....	<b>33</b>
<b>8. INDIRIZZI UTILI</b> .....	<b>34</b>
• <b>APPENDICE</b> .....	<b>37</b>

## • Prefazione

---

*Il ricorso a sistemi in grado di generare energia in maniera "pulita" e sostenibile sta avendo in questi ultimi anni un notevole incremento, grazie anche alla spinta emotiva conseguente i problemi climatici e di approvvigionamento delle risorse cui va incontro il nostro pianeta, e che acquisterà un'importanza sempre maggiore in seguito alla decisione della Comunità Europea, insieme ad altri Paesi, di recepire gli impegni di riduzione delle emissioni clima-alteranti, così come esposto nel Protocollo di Kyoto.*

*Il boom che sta avendo negli ultimi anni in Europa lo sviluppo delle cosiddette "Wind Farm" (siti di produzione di energia eolica) ha notevolmente contribuito a ridurre i costi della tecnologia innescando così un effetto a catena, in parte sospinto dai contributi concessi a questi impianti, in parte frenato dalle difficoltà connesse al rilascio delle autorizzazioni e delle verifiche sull'inserimento nell'ambiente.*

*Questo è quanto sta succedendo per i grossi impianti eolici (per intenderci con potenze superiori a 500 kW), mentre poco o nulla si dice circa gli impianti eolici di piccolissime dimensioni il cui impatto visivo può essere, nel caso di potenze di qualche kilowatt, pari o di poco superiore a quello di un'antenna parabolica e che trovano applicazioni diverse da quelle tipicamente industriali: abitazioni private, infrastrutture turistiche (campeggi, hotel, porti turistici), siti remoti (stazioni meteo, rifugi alpini, strutture isolate sia in montagna che in mare o su isole, riserve naturali) ma anche utenze pubbliche (illuminazione, impianti semaforici).*

*L'obiettivo principale di questo dossier è di fornire alle Amministrazioni Pubbliche, ai pianificatori in ambito energetico, urbano e ambientale, ai professionisti e a tutti coloro che svolgono un ruolo decisivo nello sviluppo di sistemi integrati energia-ambiente-territorio, uno strumento di analisi e valutazione per il ricorso all'impiego di sistemi di produzione decentrata di energia elettrica, che contribuiscano, all'interno di un piano organico locale, a mitigare gli effetti conseguenti dall'uso incontrollato di combustibili fossili e di risorse scarse.*

*Il dossier si rivolge inoltre agli utenti finali, cioè ai consumatori che vogliono essere al corrente di tecnologie applicabili anche alle utenze civili e che, con le loro scelte, possono influire sull'andamento del mercato.*

# 1. Introduzione

---

La produzione di energia elettrica dal vento è genericamente associata all'immagine di siti eolici posizionati sui crinali o, ultimamente, in mare aperto, laddove cioè vi sono le migliori condizioni climatiche, orografiche e ambientali per uno sfruttamento della risorsa vento a fini industriali (produzione di energia elettrica per la vendita).

D'altro canto è pure vero che molto spesso, passeggiando per i porti, si notano imbarcazioni dotate di piccoli generatori eolici, del diametro non superiore a 1 metro, che vengono impiegati per caricare le batterie a motore fermo. Questi sistemi sono in grado di alimentare grazie al vento le piccole utenze di bordo (frigorifero, quadro di controllo, luci, etc.) inserendosi perfettamente nel contesto in cui sono installate.

Un impiego della forza del vento si trova ancora in diverse fattorie degli Stati Uniti, dove mulini multipala generano energia sufficiente a pompare l'acqua dai pozzi.

Se si pensa perciò che microsistemi (della potenza di qualche kilowatt per i quali non esistono vincoli di installazione, se non precauzione in luoghi di elevatissimo pregio) sono in grado di produrre energia elettrica allo stesso modo, per continuità e potenza di picco, dei generatori fotovoltaici (PV), è un'opportunità mancata non pensare a micro-sistemi eolici per produrre energia elettrica su piccola scala in modo sostenibile e compatibile con l'ambiente, magari proprio accoppiati a Pannelli Fotovoltaici.

In questa fase le Pubbliche Amministrazioni e i professionisti assumono un ruolo importante nel processo di impiego di queste opportunità: da un lato i dirigenti responsabili dell'impostazione delle linee guida in tema di energia, ambiente e territorio hanno la possibilità di favorire la diffusione nel territorio di piccoli impianti da Fonti Energetiche Rinnovabili, attraverso gli strumenti della programmazione, della facilitazione dell'iter autorizzativi, dello stanziamento di fondi, dell'adesione a progetti e iniziative programmatiche su base locale (Campaign for Take-Off : Iniziative per lo Sviluppo).

Dall'altro lato i professionisti hanno i compiti di individuare quali potenzialità offra il territorio, studiare come integrare questi sistemi nell'ambiente tipico locale, definire progetti-pilota che concorrano alla definizione e diffusione di uno standard applicabile su base locale.

## 2. Un po' di teoria: come sfruttare la risorsa vento

---

### 2.1 La fisica di un impianto eolico

Le turbine eoliche – denominate aerogeneratori – utilizzano l'energia cinetica posseduta da un **flusso d'aria** di densità  $\rho$  che attraversa il rotore (costituito da pale e mozzo) dell'aerogeneratore riducendo la sua velocità dal valore  $\mathbf{v}$  indisturbato di fronte al rotore, ad un valore inferiore dopo il passaggio attraverso le pale.

La differenza di velocità della massa d'aria tra monte e valle del rotore si riflette, essendo costante la portata del fluido attraverso le pale, in una differenza nell'area occupata dalla massa d'aria, e misura proprio la quantità di energia cinetica che muove il rotore ed il connesso generatore elettrico.

La potenza estraibile da una turbina eolica può essere descritta dalla seguente equazione:

$$P = \rho / 2 C_p \eta A v^3$$

dove:

**P** = potenza espressa in Watt

$\rho$  = densità della massa d'aria espressa in  $\text{kg}/\text{m}^3$

**C<sub>p</sub>** = coefficiente di potenza massimo di una turbina ideale ad asse orizzontale, pari a  $16/27 = 0.593$

$\eta$  = efficienza meccanica ed elettrica della turbina

**A** = area circolare spazzata dalle pale del rotore ed attraversata dalla massa d'aria espressa in  $\text{mq}$

**v** = velocità della massa d'aria indisturbata, prima del passaggio attraverso le pale, espressa in  $\text{m}/\text{s}$

La potenza estraibile dalla risorsa vento per mezzo di un aerogeneratore cresce all'aumentare dell'area spazzata dalle pale (quindi all'aumentare della loro lunghezza), e della velocità del vento; dipende inoltre dalla densità dell'aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del sito (temperatura, umidità, ...).

## Caratterizzazione del vento

### Quali sono i parametri di interesse e da cosa dipendono

Per valutare l'effettiva potenzialità di un impianto è indispensabile un'accurata conoscenza delle caratteristiche del vento nel sito in cui si intende installare gli aerogeneratori.

Uno studio anemologico accurato prevede l'individuazione dei seguenti elementi:

- distribuzione di frequenza della velocità del vento e dei suoi parametri principali: velocità media, velocità media cubica, velocità massima, scarto quadratico medio.
- curva di durata della velocità del vento.
- distribuzione della frequenza della direzione del vento (rosa dei venti).

L'intensità del vento dipende dalle caratteristiche orografiche del terreno. In particolare un elemento fondamentale è la **rugosità del suolo**: in pianura o al mare il vento spira con intensità maggiore che in campagna o nelle periferie delle città, a loro volta luoghi più ventilati dei grandi centri cittadini. L'intensità del vento è anche funzione dell'**altezza dal suolo**: più ci si alza maggiore è la velocità del vento.

L'intensità del vento è fondamentale nella determinazione della potenza captabile da un aerogeneratore in quanto, a parità di diametro delle pale, cresce con il cubo della velocità. All'aumentare della velocità del vento quindi aumenta in modo più che proporzionale la potenza teoricamente estraibile, ma aumentano in pari misura anche le sollecitazioni sulla macchina. Le macchine eoliche vengono progettate sulla base di tre valori di velocità. Gli aerogeneratori vengono:

- avviati con vento variabile da 2 a 4 m/s (**velocità di cut-in**);
- dotate di un dispositivo di controllo della potenza quando il vento raggiunge velocità dell'ordine di 10-14 m/s (**velocità di taglio o nominale**).
- messi fuori servizio quando la velocità del vento raggiunge valori intorno a i 20-25 m/s (**velocità di cut-off**).

## 2.2 La composizione di un impianto eolico

Un impianto eolico è costituito da uno o più aerogeneratori posti ad adeguata distanza gli uni dagli altri - così da non interferire dal punto di vista aerodinamico tra loro - e secondo un disegno sul territorio in funzione dell'esposizione al vento e dell'impatto visivo (su file, a gruppi, ...). Gli aerogeneratori sono collegati, mediante cavi interrati alla rete di trasmissione presso cui viene realizzato il punto di consegna dell'energia.

Una tipica macchina eolica, al di là delle particolarità dei modelli e degli sviluppi tecnologici apportati in modo differenziato da alcune aziende costruttrici, è composta come di seguito descritto.

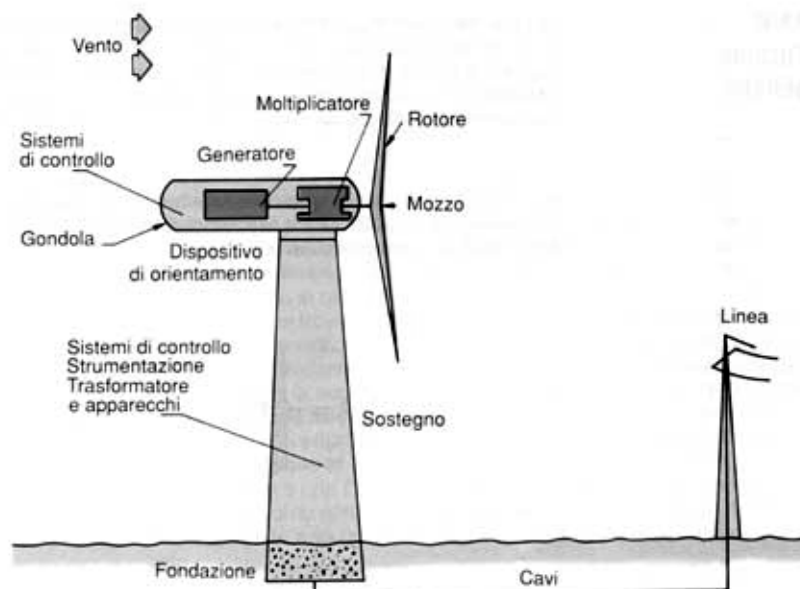
Le pale della macchina (comunemente in numero da uno a tre) sono fissate su di un mozzo e, nell'insieme, costituiscono il **rotore**. Il mozzo, a sua volta, è poi collegato ad un primo albero - albero lento - che ruota alla stessa velocità angolare del rotore e, dopo il collegamento ad un **moltiplicatore di giri**, si

diparte un albero veloce che ruota invece con velocità angolare data dal prodotto di quella del primo albero per il moltiplicatore di giri. Sull'albero veloce è poi posizionato un freno, a valle del quale si trova il **generatore elettrico**, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza. Tutti questi elementi sono ubicati in una cabina detta **navicella o gondola** la quale a sua volta è posizionata su di un supporto-cuscinetto, orientabile in base alla direzione del vento.

La navicella è poi completata da un sistema di **controllo di potenza** e da uno di **controllo dell'imbardata**. Il primo ha il duplice scopo di regolare la potenza in funzione della velocità del vento istantanea, così da far funzionare la turbina il più possibile vicino alla sua potenza nominale, e di interrompere il funzionamento della macchina in caso di vento eccessivo. Il secondo invece consiste in un controllo continuo del parallelismo tra l'asse della macchina e la direzione del vento. L'intera navicella è poi posizionata su di una **torre** che può essere a traliccio o tubolare conica, ancorata al terreno tramite un'opportuna **fondazione** in calcestruzzo armato.

Gli aspetti caratteristici che differenziano una tipologia di macchina da un'altra, indipendentemente dalla taglia di potenza e quindi di dimensione, sono i seguenti:

- sistema di controllo della potenza: a passo o a stallo
- velocità del rotore: costante o variabile
- presenza o assenza del moltiplicatore di giri



*Schema di un impianto eolico*

## Potenza effettivamente estraibile da un aerogeneratore

La potenza teorica estraibile dal vento viene nella realtà ridotta da due fattori:

### COEFFICIENTE $C_p$

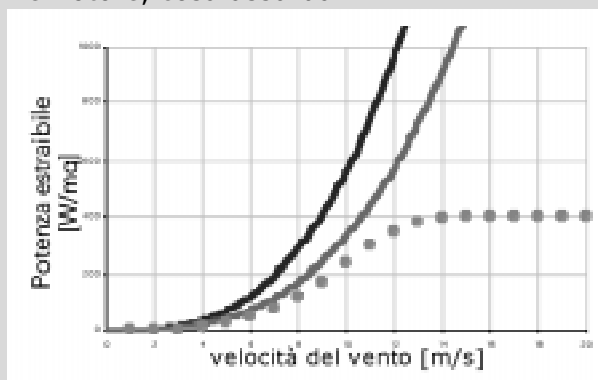
Il coefficiente  $C_p$  ricavato da A. Betz esprime il fatto che, a livello teorico, non più del 59.3% dell'energia contenuta in una massa d'aria può essere estratta da una turbina eolica. Il limite fisico alla potenza massima estraibile dal vento rispecchia il fatto che, se si volesse convertire totalmente l'energia cinetica del vento in energia elettrica – cioè far sì che la massa d'aria ceda completamente la sua energia alla turbina –, occorrerebbe annullare la sua velocità dopo il passaggio nel rotore, cosa assurda.

### RENDIMENTO GLOBALE $\eta$

Le macchine hanno dei limiti fisici; sono cioè caratterizzate da rendimenti meccanici ed elettrici (variabili in base alle velocità di funzionamento e di valore massimo in corrispondenza della potenza nominale progettata), che tengono conto delle inevitabili perdite aerodinamiche.

Il prodotto dei fattori  $C_p$  e  $\eta$  rapportato alle velocità del vento assume una forma a campana con un valore massimo per la velocità nominale che si attesta intorno al 45-50%.

A titolo esplicativo sono riportate in grafico alcune curve della potenza per unità di area spazzata dal rotore: in nero quella massima ma irraggiungibile, in grigio quella massima teoricamente auspicabile, e la linea tratteggiata rappresenta un esempio reale ottenuto ipotizzando un sistema di regolazione della potenza molto frequente negli aerogeneratori (di tipo a passo).



*Potenza estraibile per metro quadrato di area spazzata dal rotore*



## 3. L'eolico in Italia

### 3.1 Consistenza e potenzialità

Secondo le fonti dell'ISES, in Italia nel 2001 erano installati oltre 1.240 aerogeneratori per una potenza che si avvicinava ai 700 MW ed una producibilità di energia di circa 1.150 GWh. Gli impianti si concentrano prevalentemente nell'Italia meridionale con predominanza in Campania e Puglia (rispettivamente 223 e 222 MW installati).

Circa il 90% delle macchine si trova in zone marginali, montuose ad altezze variabili tra 600 e 700 m sul livello del mare. La taglia delle centrali italiane è compresa tra poco meno di 1 MW e 35-36 MW; la media si attesta intorno ai 10-15 MW di potenza.

<b>Aerogeneratori</b>	<b>Numero</b>	<b>1.240</b>
<b>Potenza netta</b>	<b>MW</b>	<b>700</b>
<b>Produzione annua</b>	<b>GWh</b>	<b>1.150</b>

*Eolico in Italia nel 2001*  
(Fonte :ISES ITALIA - Isoleatrecentosessantagradi - Marzo2002)

I programmi nazionali di sviluppo dell'eolico (Libro Bianco e Verde) puntano alla realizzazione di 3.000 MW entro il 2010.

### 3.2 Inserimento ambientale

In Italia gli *impianti industriali per la produzione di energia mediante lo sfruttamento del vento* sono da assoggettare a verifica di esclusione dalla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale attraverso la verifica della vigente normativa a livello regionale.

#### **Normativa relativa alla V.I.A.**

##### **Cos'è la V.I.A.**

La Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.) è uno strumento di supporto alle decisioni. Si esplica attraverso una procedura amministrativa finalizzata a valutare la compatibilità ambientale di un'opera in progetto, attraverso un'analisi degli effetti che l'opera stessa esercita sulle componenti ambientali e socio-economiche interessate. La V.I.A. dovrebbe inoltre individuare gli interventi per mitigare e compensare eventuali impatti.

##### **Direttive Europee e recepimento italiano**

La VIA è stata introdotta con la Direttiva 337/85/CEE, modificata ed integrata dalla Direttiva 97/11/CEE, parzialmente recepita nell'ordinamento italiano con la L. 349/86, ed attuata dai D.P.C.M. 10.8.1988, e 27.12.1988. Le grandi opere sono soggette a procedura di V.I.A. nazionale.

### 3.3 Gli strumenti normativi e di incentivazione

La fonte eolica è considerata dal Decreto Bersani, Fonte Energetica Rinnovabile (FER).

#### **Normativa generale relativa alle fonti rinnovabili**

Il **D.LGS. n. 79 del 16/03/99** (*Attuazione della Direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica*), detto Decreto Bersani, ha posto le basi per la liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica in attuazione della Direttiva Europea 96/92/CE.

In particolare ha sancito la priorità di dispacciamento per le FER e ha introdotto i *Certificati Verdi* come strumento incentivante.

Strumenti incentivanti delle FER sono i Certificati Verdi – previsti dal Decreto Bersani – e i Certificati RECS – sistema volontario di certificazione a livello europeo.

#### **Certificati verdi (C.V.)**

I Certificati Verdi sono un meccanismo di incentivazione alle fonti rinnovabili basato su di una logica di mercato. I produttori ed importatori di energia elettrica da fonte convenzionale sono obbligati ad immettere nel mercato una quota di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, rispetto alla produzione totale, sia autoprodotta, sia acquistata da altri.

Ciò provoca una domanda di energia prodotta da FER, che potrà essere soddisfatta dall'offerta di Certificati Verdi attestanti la produzione di energia prodotta da impianti FER, a disposizione del GRTN, o da impianti di privati. Ai secondi è data priorità di vendita.

Gli imprenditori che, dopo il 1° Aprile 1999, producano nuova energia (in seguito a nuova costruzione, riattivazione, potenziamento o rifacimento) da fonte rinnovabile in quantità superiore a 50 MWh/annui possono ottenere Certificati Verdi che potranno vendere in Borsa o mediante contrattazione libera ai soggetti che ne hanno l'obbligo di acquisto.

Per ottenere i Certificati Verdi occorre preventivamente qualificare il proprio impianto come I.A.F.R. (Impianto Alimentato da Fonte Rinnovabile) presso il GRTN ([www.grtn.it](http://www.grtn.it)).

#### **Certificati R.E.C.S.**

I Certificati RECS (Renewable Energy Certificate Sistem) rappresentano un sistema affidabile ed economico per promuovere l'energia rinnovabile a livello internazionale.

Si tratta di un sistema volontario di certificazione a livello europeo, che permette di creare un mercato di titoli: una volta commercializzati essi possono essere utilizzati separatamente dall'energia fisica associata.

Del valore di 1 MWh l'uno i RECS possono essere utilizzati all'interno di programmi di sostegno da parte di Governi o Autorità, in programmi volontari di energia verde e in *label* di energia verde, dando al cliente la garanzia che la quantità di elettricità consumata trova corrispondenza in una uguale quantità di energia generata da FER.

Per informazioni rivolgersi ad A.P.E.R. ([www.aper.it](http://www.aper.it))

## 4. Il Microeolico

---

### 4.1 Impiantistica e tecnologia

Non esiste una classificazione convenzionale che definisca il micro-eolico; nel presente dossier si farà riferimento ad una potenza installata inferiore a 100 kW, in analogia all'idroelettrico, pur consapevoli che sotto i 20-30 kW circa l'impiego sarà domestico, mentre al di sopra si tratterà di applicazioni prossime a quelle industriali, tipicamente di qualche centinaio di kW.

La potenza di un micro-impianto è calcolata mediante la formula riportata al paragrafo 2.1, dove si può assumere, a causa di inevitabili fattori di scala, un rendimento globale **compreso tra 0,3 e 0,6** e cioè inferiore a quelli di dimensione industriale.

#### Configurazione delle turbine

La stragrande maggioranza dei microgeneratori è ad asse orizzontale con il rotore sopravento rispetto alla torre (il vento incontra prima le pale e successivamente il sostegno) ed a conicità nulla (il piano di rotazione delle pale forma una linea parallela ideale con l'orizzontale).

Esistono diverse configurazioni di turbine eoliche: monopala, bipala, tripala, multipala. All'aumentare del numero di pale diminuisce la velocità di rotazione, aumenta il rendimento e cresce il prezzo.

Escludendo il monopala e il multipala che hanno applicazioni particolari, il mercato si è concentrato sul bipala e tripala, orientandosi prevalentemente su quest'ultima configurazione in quanto caratterizzata da coppia motrice più uniforme (e quindi di durata maggiore), energia prodotta leggermente superiore (cioè rendimento maggiore in linea di principio), nonché, a detta di molti, minore disturbo visivo, in virtù di una configurazione più simmetrica e di una minore velocità di rotazione, più riposante per gli occhi di chi la osserva.



*Aerogeneratore  
multipala*



*Aerogeneratore  
tripala*

## Macchina Savonius

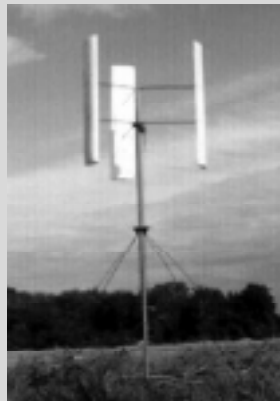


La macchina Savonius fu inventata circa 60 anni fa da un finlandese, che le diede il nome, ed è impiegata essenzialmente per il pompaggio dell'acqua, fino alle recenti applicazioni anche nel campo della produzione di energia elettrica.

Si tratta di una macchina ad asse verticale, molto semplice dal punto di vista costruttivo e di funzionamento. Oltre alle caratteristiche di semplicità, essa ha il vantaggio di essere molto robusta e di avere una forte coppia di spunto, cosa che ne consente l'avviamento anche con venti debolissimi.

Di contro ha applicazioni solo con potenze ridotte poiché la turbina Savonius lavora bene con venti deboli, mentre il suo rendimento crolla con venti forti ed anzi risulta vulnerabile, poiché le sue dimensioni non consentono di superare certi limiti. Il rendimento globale massimo è pari allo 0,2.

## Macchina Darrieus – Turbina ibrida



La macchina Darrieus fu inventata, nella sua prima versione, negli anni '20 da un francese che le diede il nome. Essa viene anche chiamata ibrida perché presenta contemporaneamente caratteristiche di altre macchine: asse di rotazione verticale – analogamente alla Savonius – e pale di tipo aerodinamico, come gli altri aerogeneratori.

La macchina Darrieus è caratterizzata da grande semplicità di costruzione e da alto rendimento che si attesta intorno a 0.4, riuscendo a combinare i vantaggi di entrambe le tipologie suddette. Il regime di rotazione è molto elevato. Invece, la coppia di spunto molto bassa non permette a questa tipologia di macchine di avviarsi spontaneamente.

## **Materiale di composizione delle pale**

La maggior parte delle *turbine minieoliche* utilizza pale realizzate in materiale composito: poliestere di vetro rinforzato, con minor frequenza fibre di carbonio, e raramente legno. È stato abbandonato l'utilizzo di alluminio a causa della sua propensione alla deformazione sotto sforzo.

## **Orientamento**

Le dimensioni ridotte delle turbine minieoliche non consentono l'alloggio di motori di imbardata o altre componenti metalliche di cui sono dotate le turbine di taglia media: quasi tutte le miniturbine montano timoni direzionali per orientare il rotore in direzione del vento.

## **Robustezza**

Per avere un buon rendimento le turbine devono essere posizionate in luoghi sottoposti a venti consistenti: per le macchine minieoliche, date le loro ridotte dimensioni, diventano fondamentali le caratteristiche di robustezza.

L'esperienza porta a dire che vale la *scuola del metallo pesante*: gli aerogeneratori più pesanti hanno dato prova di maggior robustezza ed affidabilità rispetto a quelli più leggeri. Il peso di una turbina minieolica rapportata all'area spazzata dal suo rotore, la cosiddetta massa specifica, misurabile in kg/mq, è quindi un buon indicatore di scelta tra macchine alternative. Normalmente ad una massa specifica più alta corrisponde un prezzo più elevato.

## **Controllo della potenza**

In regime di vento forte le turbine devono essere dotate di un sistema di posizionamento passivo del rotore che ne disallinei l'asse rispetto a quello di rotazione della pala. La maggior parte delle micro e miniturbine si ripiega su di una cerniera in modo che il rotore ruoti verso il timone direzionale: alcune in verticale, altre in orizzontale. La velocità del vento a cui avviene il disallineamento e la maniera in cui si verifica dipendono dalla cerniera posta tra timone direzionale e navicella.

## **Generatori**

La maggior parte delle turbine eoliche impiega alternatori a magneti permanenti: si tratta della configurazione più semplice e robusta. Per le turbine ad uso domestico si trovano le seguenti configurazioni di alternatore: magneti permanenti, alternatore convenzionale a campo avvolto, generatore ad induzione.

## Modalità di posa e scelta localizzativa

La localizzazione della turbina dovrà essere valutata facendo un bilancio tra problematiche contrastanti. Da una parte la vicinanza all'utenza può essere penalizzante per la funzionalità della macchina (interferenza al vento dovuta alla prossimità di edifici) oltre che per l'impatto legato all'inevitabile rumore.

D'altra parte la lontananza dall'utenza aumenta i costi di cablaggio ed interramento delle linee elettriche oltre che incrementare la dispersione di energia. Occorre trovare un giusto accordo tra le due esigenze tenendo anche conto dell'importanza di un posizionamento della macchina in sicurezza, in un luogo cioè dove, anche nel caso di cedimento, i danni siano limitati.



*Installazione su aste strallate  
e su traliccio*

Esistono casi di aerogeneratori posizionati sui tetti delle abitazioni. Si tratta di una modalità piuttosto controversa: da una parte il montaggio potrebbe risultare semplice, dall'altra esistono problemi di vibrazioni trasmesse dalla turbina alle strutture su cui viene montata, e di turbolenza che si viene a creare intorno ai tetti, che è causa di riduzione della potenza generata.

L'installazione più comune rimane la torre, di tipo a traliccio, tubolare o ad aste strallate.

## 4.2 Applicazioni

### Alimentazione di utenze isolate "stand alone" e "off-grid"

1. In Italia esistono zone isolate dal punto di vista energetico poiché non risulta economicamente conveniente portare fino ad esse la rete elettrica; pur se in esigua misura esistono quindi **utenze civili private o infrastrutture turistiche** (agriturismi, fattorie, campeggi, rifugi, utenze domestiche isolate in montagna, al mare o su isole) **non collegate alla rete**. In questo caso sono utilizzabili aerogeneratori di piccola taglia in combinazione con sistemi di accumulo (batterie) e sistemi ibridi (con pannelli fotovoltaici e generatori diesel).



2. Altre applicazioni sono legate all'alimentazione di **sistemi di telecomunicazione** (ripetitori, antenne di telefonia mobile installate a distanza dalla rete elettrica).

3. Sistemi di **pompaggio e drenaggio**: siti da bonificare, ...

4. Utenze di **illuminazione pubblica**: strade, viadotti, gallerie, fari, piattaforme, impianti semaforici, etc...



5. Alimentazione di utenze isolate all'interno di **aree naturali protette**: il Protocollo di Intesa tra ENEL, Legambiente, Federparchi e il Ministero dell'Ambiente, siglato nel febbraio 2001, ha previsto che i crescenti fabbisogni energetici all'interno dei parchi – dovuti al turismo ed al ripopolamento delle zone limitrofe – possano essere soddisfatti attraverso applicazioni di FER (Fonti Energetiche Rinnovabili) di piccola taglia. (Vedi il box *Il micro-eolico nelle Aree Naturali Protette* a pag. 21)



### **Sistemi "on-grid" o "grid-connectd"**

Si tratta di impianti di potenza superiore a 20 kW, che occorre denunciare all'Ufficio Tecnico di Finanza come officine elettriche.

In quanto tali, i micro impianti eolici possono essere connessi a reti Bassa Tensione: le attuali applicazioni consentono di autoconsumare l'energia prodotta, ottenendo un risparmio sulla bolletta dell'energia elettrica pari al controvalore del consumo evitato, e di cedere le eccedenze rispetto all'autoconsumo, tramite opportuni contratti di cessione al distributore locale.

Una importante potenziale applicazione del micro-eolico, ad esempio all'interno di sistemi ibridi, è quella in **reti locali in isole minori** (più di quaranta in Italia ed alcune centinaia nell'intero bacino del Mediterraneo).

Su molte isole il potenziale anemologico può risultare favorevole all'installazione di macchine di piccola taglia.

È doveroso sottolineare che si tratta di applicazioni di una certa complessità e che quindi richiedono, nella fase preliminare, un'attenta valutazione della stabilità della rete oltre che possibili interventi di gestione e razionalizzazione della domanda dei fabbisogni energetici.



## Sistemi ibridi ed accoppiati

I **sistemi ibridi** sono l'associazione di due o più sistemi di generazione, in parte convenzionali, per garantire una base di continuità del servizio elettrico, e in parte da fonte rinnovabile.

La tipica configurazione di un sistema ibrido è la seguente:

- una o più unità di generazione a fonte rinnovabile: eolico, fotovoltaico, idroelettrico;
- una o più unità di generazione convenzionale: diesel;
- sistema di accumulo di tipo meccanico, elettrochimico o idraulico;
- sistemi di condizionamento della potenza: inverter, raddrizzatori, regolatori di carica;
- sistema di regolazione e controllo.

Attualmente la tendenza è quella di progettare sistemi ibridi nei quali le fonti rinnovabili e l'accumulo forniscano fino all'80-90% dei fabbisogni energetici, lasciando al diesel solo la funzione di soccorso.

I sistemi ibridi rappresentano attualmente una valida soluzione alle esigenze di energia elettrica in aree remote o comunque non elettrificate. Nel passato infatti venivano utilizzati esclusivamente generatori diesel, che, in modalità operativa di basso carico, mostrano ridotta efficienza nel funzionamento, alti oneri di manutenzione, breve vita dell'impianto. I sistemi ibridi consentono di ridurre le problematiche suddette e di sfruttare le risorse rinnovabili esistenti sul territorio, costituendo una concreta opzione, ambientalmente e socialmente compatibile.

Applicazioni dei sistemi ibridi:

- **Sistemi per utenze o comunità isolate:** si tratta di sistemi fino ad un massimo di 100 kW di potenza.
- **Sistemi ibridi da retrofit:** si tratta di sistemi rinnovabili installati su reti locali in media tensione, fino alla potenza di qualche MW, finalizzati a ridurre le ore di funzionamento dei generatori diesel esistenti, risparmiando combustibile e riducendo le emissioni inquinanti.

I **sistemi accoppiati completamente rinnovabili** uniscono le tecnologie fotovoltaica, eolica ed idroelettrica. Date le caratteristiche di intermittenza delle fonti utilizzate si tratta di sistemi inseribili in applicazioni "grid-connected".

In talune situazioni, si possono installare **sistemi ibridi completamente rinnovabili**, che permettono l'autosufficienza dalla rete elettrica. Questi sistemi accoppiano una fonte continua, per coprire il fabbisogno energetico di base (biomasse e/o geotermia), ad una o più fonti intermittenti, per coprire i picchi di potenza richiesta (idroelettrico, eolico, solare).

Laddove la risorsa vento sia disponibile, gli aerogeneratori di piccola taglia possono trovare notevoli possibilità applicative all'interno di sistemi accoppiati o ibridi. A parità di energia elettrica prodotta infatti la tecnologia eolica, rispetto ad altre fonti rinnovabili, richiede costi di investimento relativamente limitati.

## **Net metering: cos'è e perché è auspicabile che ne godano tutte le FER**

Il net metering è un sistema di scambio con la rete che consente di cedere energia qualora la propria produzione sia in eccesso e di riceverla qualora non sia sufficiente. Il sistema funziona mediante l'utilizzo di contatori reversibili che permettono di utilizzare la rete come un serbatoio dell'energia prodotta in eccesso rispetto agli autoconsumi, così da andare poi a compensare i consumi prelevati dalla rete nei periodi di bisogno.

Attualmente applicato al solare, rappresenterebbe un importante strumento di sviluppo anche per le altre fonti rinnovabili, ed in particolare per il microeolico alla luce delle seguenti considerazioni:

- L'energia eolica è una risorsa intermittente: la produzione non è costante nel tempo e nemmeno prevedibile. Può accadere che momenti di produzione di energia coincidano con istanti di fabbisogno energetico nullo, come può accadere il contrario; il net metering permetterebbe all'utente di cedere al distributore locale l'elettricità prodotta allo stesso prezzo a cui l'acquista.
- Permette di ridurre i costi, evitando il ricorso a costosi sistemi di accumulo dell'energia.
- Evita all'utente di installare contatori di energia aggiuntivi.

### **4.3 Il potenziale micro-eolico in Italia**

La grande potenzialità del micro-eolico deriva dalla disponibilità diffusa della risorsa vento, anche se con diverse potenzialità sia in termini geografici che stagionali.

È doveroso sottolineare che, per la peculiarità delle esigenze a cui devono rispondere, le applicazioni di micro-eolico costituiscono un settore tecnologicamente distinto da quello delle macchine di media e grande taglia, e non necessariamente a questo correlato. Il micro-eolico è rivolto a specifici mercati di nicchia, in applicazioni che richiedono soluzioni semplificate e concepite ad hoc, quindi irripetibili su macchine di media o grande taglia.

I luoghi in Italia in cui sono installabili microimpianti eolici sono svariati, ed in numero maggiore rispetto ai siti adatti per applicazioni di taglia medio-grande: anche se alcuni modelli di aerogeneratori richiedono caratteristiche di vento analoghe a quelle dei grandi impianti, questi si installano con molte meno difficoltà di quelli grandi.

Il potenziale del micro-eolico deriva inoltre dalle svariate applicazioni esistenti e dalla sua versatilità, oltre che dalla coscienza fra l'opinione pubblica della validità di una forma di generazione elettrica distribuita, semplice e spesso conveniente.

Sicuramente a favore delle applicazioni del micro-eolico gioca la crescente sensibilità alle problematiche ambientali connesse allo sviluppo energetico della società. Questa nuova coscienza fa sì che il singolo utente, se ben informato

circa i possibili strumenti di uno sviluppo sostenibile e circa i benefici indotti dalle FER, desideri, se messo nelle condizioni di farlo, dare un contributo nel suo piccolo alla sostenibilità, adottando per le sue esigenze civili o di piccola imprenditoria (agriturismi, fattorie, rifugi, utenze domestiche isolate, seconde case, ecc.) micro-impianti da FER, anziché sistemi di generazione tradizionali.

In questo ambito il micro-eolico è piuttosto avanzato in termini tecnici, economici ed applicativi.

## **Il micro-eolico nelle Aree Naturali Protette**

Date le sue caratteristiche di adattabilità, semplicità tecnologica e costi contenuti, il micro-eolico ha un elevato potenziale applicativo in aree naturali protette, dove piccoli impianti da fonti energetiche rinnovabili sono richiesti per la produzione dell'energia consumata all'interno delle aree stesse.

Le aree naturali protette costituiscono circa il 10% del territorio nazionale (comprendono Parchi Nazionali e Regionali, Riserve Naturali Statali e Regionali, Aree marine Protette ed Aree Protette provinciali, comunali e di vario genere) e potrebbero rivestire un ruolo particolarmente importante per la comunicazione e la formazione del pubblico sulle F.E.R..

Nel febbraio 2001 fu siglato un Protocollo d'Intesa tra ENEL, Federazione Italiana dei Parchi e delle Riserve Naturali, Legambiente e Ministero dell'Ambiente, finalizzato alla sensibilizzazione di Istituzioni, Amministrazioni, Enti Locali e popolazione alla promozione delle FER all'interno di piani integrati per lo sviluppo del territorio. A questo protocollo hanno fatto seguito alcune iniziative nella direzione delineata tra cui il Decreto n. 982 del 21/12/2001 del Ministero dell'Ambiente ed un Bando con cui sono stati stanziati fondi per la diffusione del FER nelle aree protette ed in particolare nei Parchi Nazionali.

### **4.4 Inserimento ambientale**

L'impatto ambientale del micro-eolico ha elementi in comune con quello dei grandi impianti (notevole occupazione di suolo, impatto visivo, rumore, interferenze sulle telecomunicazioni, effetti negativi su fauna e vegetazione, effetti elettromagnetici), poiché interferisce con i medesimi elementi naturali, pur determinando risultati percettivi diversi.

Da una parte le microturbine hanno dimensioni notevolmente minori rispetto ai grandi aerogeneratori, conseguentemente necessitano di spazi limitati e sono relativamente poco visibili. Dall'altra però sono spesso installate in prossimità delle utenze che possono soffrirne la presenza in termini di spazio sottratto ad altri usi, accettabilità dal punto visivo (si tratta di una presenza invasiva con cui convivere anche se possono essere piacevoli dal punto di vista estetico), interferenze alle comunicazioni ed effetti elettromagnetici. Pur se quantitativamente non rilevanti questi inconvenienti devono preliminarmente essere messi in conto nello studio di fattibilità del progetto.

Una problematica importante inoltre è quella del rumore: la vicinanza all'utente e l'assenza di schermi per evitare interferenze alla direzione ed inten-

sità del vento, deve condurre ad una scelta ponderata del modello di turbina e del luogo di installazione.

L'inserimento di aerogeneratori, anche se micro, è quindi una questione delicata.

La tecnologia dell'eolico di piccola taglia si è orientata molto verso la configurazione di turbina tripala: a detta di molti infatti questa, rispetto al bipala, produce un minor impatto visivo in virtù di una maggior simmetria quando le pale sono ferme e di una rassicurante velocità di rotazione quando sono in movimento.

A fronte di alcuni impatti sull'ambiente è doveroso citare gli innumerevoli benefici legati alle applicazioni di piccoli impianti eolici. Questi sono riconducibili principalmente ai danni evitati rispetto al ricorso ad altre forme di energia o a soluzioni di connessione alla rete difficilmente attuabili e comunque con costi elevatissimi.

In breve si può affermare che i benefici di applicazioni di micro-eolico sono:

- servizio a zone altrimenti isolate o raggiungibili mediante opere di maggior impatto;
- attuazione di una politica di regionalizzazione della produzione elettrica;
- contributo alla diversificazione delle fonti;
- riduzione della dipendenza energetica da fonti convenzionali della zona interessata dal progetto;
- infine si evita l'emissione di sostanze inquinanti.

Nei confronti della Valutazione di impatto ambientale i micro-impianti non sono generalmente soggetti ad alcuna verifica. È però opportuno che il promotore intenzionato a realizzarli si informi presso la propria Regione o Provincia Autonoma per essere a conoscenza della normativa in vigore.

## **Valutazione di Impatto Ambientale di piccole opere: È obbligatoria? Di chi è la competenza?**

Decidere se occorra sottoporre o meno a procedura di VIA le piccole opere (quelle che l'Unione Europea ha inserito nell'Allegato II della Direttiva in quanto considerate di minor impatto), è questione delegata agli Stati membri.

Con l'Atto di indirizzo D.P.R. 12.4.1996 l'Italia ha a sua volta delegato le Regioni e le Province Autonome a disciplinare i contenuti e la procedura di V.I.A. per le opere dell'Allegato II. In particolare le tipologie progettuali sono suddivise in due categorie: opere da assoggettare a V.I.A. regionale (Allegato A), ed opere da assoggettare a verifica di esclusione dalla procedura di V.I.A. (Allegato B). Gli impianti eolici sono inseriti in Allegato B.

Ogni Regione e Provincia Autonoma avrebbe dovuto legiferare in materia entro nove mesi dalla data di pubblicazione del D.P.R. 12/04/96 sulla Gazzetta Ufficiale.

## 4.5 Incentivazioni

Il micro-eolico, come tutti gli altri impianti da fonte rinnovabile di piccola taglia, è soggetto ad una distinzione in base alla soglia di potenza dei 20 kW. La L. 133/99 infatti ha decretato l'assenza di imposizione fiscale per i microimpianti al di sotto dei 20 kW.

Nell'individuazione delle forme di incentivazione di un impianto micro-eolico occorre quindi fare riferimento a due diversi regimi, cui tra l'altro corrispondono differenti finalità e benefici.

- **Impianti micro-eolici di potenza nominale inferiore a 20 kW**

Sono impianti destinati al solo autoconsumo; non sono considerate officine elettriche e conseguentemente non hanno diritto alla vendita dell'energia prodotta.

**Incentivo:** non esiste imposizione fiscale ai sensi della L. 133/99; non è infatti necessaria denuncia all'U.T.F. (Ufficio Tecnico di Finanza) in quanto non considerate officine elettriche.

- **Impianti micro-eolico di potenza nominale superiore a 20 kW fino a 100 kW**

Sono impianti in grado di autoconsumare l'energia prodotta, tutta o in parte, ma anche di venderne le eccedenze. Sono considerati Officine Elettriche e quindi è richiesta denuncia all'U.T.F., con la conseguente imposizione fiscale. Gli **incentivi** sono relativi al prezzo di vendita dell'energia ed ai sussidi in conto esercizio e sono uguali a quelli di cui godono anche gli impianti di taglia maggiore, e cioè:

- Priorità di dispacciamento in quanto impianti da Fonti Energetiche Rinnovabili.
- Possibilità di ottenimento e relativa vendita dei Certificati Verdi per i primi otto anni di esercizio dell'impianto, qualora la produzione di energia elettrica annua superi i 50 MWh (Ogni CV ha il valore di 100 MWh, ma viene concesso dal GRTN adottando il criterio commerciale di arrotondamento).
- Possibilità di ottenimento e relativa vendita dei Certificati RECS, del valore ciascuno di 1 MWh di energia prodotta.

### Leggi regionali

Qualora si voglia intraprendere un'iniziativa nel campo dell'eolico di piccola taglia si consiglia di prendere in considerazione con particolare attenzione la legislazione vigente a livello regionale e provinciale. Gli Enti Locali infatti rivestono oggi un ruolo determinante in campo energetico, ed in particolare nella promozione delle fonti rinnovabili a livello locale.

## **5. Azioni da intraprendere per installare un impianto microeolico**

---

### **5.1. Micorimpianti eolici**

La realizzazione di un micro-impianto eolico è fortemente influenzata dalla taglia (espressa in termini di potenza) dell'impianto stesso.

Come ricordato, per gli **impianti di potenza inferiore a 20 kW è prevista l'esenzione totale delle imposte sull'energia**, di conseguenza non vengono richiesti gli adempimenti di tipo fiscale, che sono obbligatori invece per gli impianti di produzione di energia elettrica.

Alla taglia è legata anche la funzione e la modalità di esercizio dell'impianto: applicazioni sotto i 20 kW sono per utenze stand-alone, cioè senza connessione alla rete; applicazioni di taglie maggiori invece sono considerate officine elettriche – soggette per questo ad imposizione fiscale – e generalmente grid connected, cioè connesse in rete e con la possibilità di vendere le eccedenze di energia rispetto all'autoconsumo.

Nel definire una procedura-tipo per la costruzione di un impianto, abbiamo orientato la nostra scelta verso impianti di potenza inferiore a 20 kW, considerando che chi desidera installare un impianto di queste dimensioni è ispirato più da motivazioni di tipo ambientale o di risparmio piuttosto che da motivazioni di natura industriale. Le fasi da seguire riguardano:

1. Scelta del sito e valutazione delle grandezze utili (studio anemologico)
2. Analisi delle autorizzazioni richieste
3. Studio di fattibilità dell'impianto e verifica dei costi
4. Scelta del progettista e costruttore e fase di implementazione
5. Gestione dell'impianto (manutenzione e gestione)

### **5.2. Scelta del sito e studio anemologico**

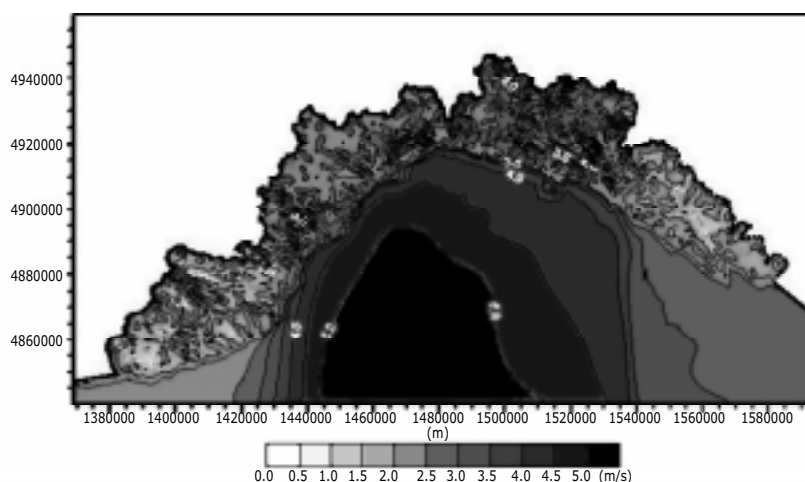
La scelta del sito viene condotta in base a:

- Disponibilità dei terreni (verifica delle proprietà o di vincoli);
- Valutazione del sito (accessibilità, esposizione ai venti);
- Valutazione delle grandezze di riferimento (intensità e direzione del vento).

La verifica della bontà del sito in cui si intende installare l'impianto è essenziale per la sua corretta funzionalità.

La scelta preliminare del sito può essere basata su elementi soggettivi come le esperienze dei residenti, la valutazione di elementi naturali (tipo e portamento delle specie arboree, ...- vedasi Scala di Beaufort) oppure su elementi oggettivi, ma comunque approssimati, quali l'extrapolazione di dati anemometrici disponibili in aree contigue, il ricorso a mappe di ventosità sul territorio nazionale o ai dati dell'Aeronautica Militare o della Marina.

A titolo esemplificativo si riporta una mappa anemologica che mostra le curve di ugual velocità sul territorio e mare ligure: con i colori sfumati dal bianco al nero sono visualizzabili zone caratterizzate da velocità medie del vento crescenti da 0 a 5 m/s.



*Mappa della velocità media del vento in Liguria  
(Fonte: Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria <http://www.cmirl.ge.infn.it>)*

Con le macchine attualmente sviluppate in Italia ed all'estero la condizione di ventosità necessaria all'installazione di un sito può essere identificata con una **velocità media annuale non inferiore a 4 m/s, ma preferibilmente superiore a 6 m/s.**

La valutazione finale della fattibilità o meno del progetto deve però avvenire attraverso un'affidabile **campagna di rilevazione anemometrica.**

Nella scelta localizzativa dell'aerogeneratore è importante tener conto dei fenomeni di turbolenza che si vengono a creare nelle zone circostanti a costruzioni, alberi, ostruzioni di varia natura, che possono causare diminuzione di producibilità delle macchine. Particolare attenzione deve ad esempio essere posta nel caso di installazione di macchine in zone collinose, dove l'orografia del terreno può influenzare notevolmente la distribuzione del vento.

### **Nota storica: la Scala Beaufort**

(riportata in appendice)

*Per classificare il tipo di vento in base alla velocità, Sir Francis Beaufort, ammiraglio inglese, nel 1805 propose una scala anemometrica detta Scala anemometrica Beaufort che esprimeva il grado di forza del vento con numeri da zero (calma) a dodici (uragano).*

*Essa fu adottata nel 1874 dal Comitato Meteorologico Internazionale e successivamente, nel 1926 è stata riveduta dallo stesso comitato: per ogni numero sono stati determinati gli intervalli di velocità del vento mediante misure anemometriche in condizioni standard. Recentemente, grazie alle migliorate prestazioni degli anemometri che consentono misurazioni delle velocità anche superiori a 200 km/h, sono stati introdotti altri cinque numeri e la scala che ne risulta è detta Scala Internazionale di Beaufort.*

## Come si conduce una campagna anemometrica

(per potenze superiori a qualche kW)

### Durata

La ricorrenza del vento è più stabile rispetto ad altri fenomeni atmosferici quali le precipitazioni; tuttavia per grandi applicazioni è opportuno che la campagna anemometrica sia estesa per un numero di anni da 3 a 5. Nelle piccole applicazioni il periodo di osservazione può essere ridotto, ma comunque dovrebbe coprire almeno l'arco di un anno.

### Come si conduce

La rilevazione dei dati anemometrici dovrebbe essere effettuata tramite strumenti installati all'altezza a cui si intende posizionare l'aerogeneratore. Poiché l'intensità del vento varia molto al variare della quota dal suolo questa accortezza consente di rilevare l'effettiva potenzialità dell'aerogeneratore.

### Attrezzature necessarie

Per intraprendere una campagna di rilevazione occorre dotarsi di un opportuno **anemometro**.

Nelle applicazioni a grande scala si adottano torri anemometriche costituite da antenne metalliche strallate che portano due anemometri, il primo a 10 metri dal suolo, il secondo a 30 metri. I dati rilevati dall'anemometro sono trasmessi con continuità ad uno strumento di registrazione posto alla base della torre dove un chip immagazzina i dati. Questi poi possono essere scaricati in telelettura attraverso sistemi GSM o manualmente trasportando il chip in ufficio ed utilizzando uno specifico strumento. I dati sorgente scaricati dal chip devono poi essere elaborati da un software che li trasforma in dati anemometrici: velocità istantanea e direzione del vento, memorizzabili su un foglio elettronico di calcolo.

Nelle applicazioni di piccola taglia si utilizzano strumenti che realizzano la misura del vento basandosi su principi fisici diversi. Fra i più diffusi, il più semplice è il cosiddetto anemometro a coppe con contagiri; esistono inoltre anemometri ad ultrasuoni ed anemometri laser con il vantaggio di non risentire degli effetti negativi della formazione di ghiaccio.

L'**anemometro a coppe** è un dispositivo composto da tre o quattro bracci a 120°, portanti esternamente altrettante coppe semisferiche. Esse sono disposte nello stesso senso e montate su un asse rotante collegato ad un contatore, elettrico o meccanico, sul cui quadrante si legge direttamente il numero di giri in un certo intervallo di tempo. Mediante opportune tabelle di taratura è possibile risalire alla velocità del vento.

L'anemometro può essere integrato con un dispositivo indicatore della direzione del vento chiamato **anemoscopio**: strumento formato da una semplice banderuola mobile intorno ad un asse verticale; la posizione assunta dalla stessa per azione del vento è riportata da un indice su un quadrante con la rosa dei venti.



## Conclusione

La stima della producibilità annua dell'impianto che si intende realizzare può essere effettuata prendendo a riferimento un valore di **1.500 – 2.000 ore medie annue di funzionamento**.

$$\text{Produc.}_{\text{annua}} = P \times h_{\text{funz. annuo}}$$
$$[\text{kWh/anno}] = [\text{kW}_{\text{installati}}] \times [\text{ore}_{\text{funz.}}/\text{anno}]$$

### 5.3. Analisi delle autorizzazioni richieste

Di seguito si elencano le principali **pratiche di tipo autorizzativo da espletare per impianti oltre i 20 kW** di potenza o che comunque determinino un sostanziale impatto sull'ambiente in cui sono inseriti:

- concessione di uso dei suoli (rilasciata da Comune e Regione),
- concessione edilizia (Comune, Regione),
- nullaosta paesaggistico (Regione, Soprintendenza beni culturali e ambientali, Ministero beni culturali e ambientali),
- nullaosta idrogeologico (Corpo forestale dello Stato, Corpo delle miniere),
- nullaosta sismico (Ufficio sismico regionale),
- nullaosta militare per la sicurezza al volo (Comando Regione Militare, Regione).

Ultimato l'impianto si dovrà procedere a:

- Istruzione della pratica di denuncia per apertura di officina elettrica. La licenza UTF contiene le dichiarazioni bimestrali dell'energia prodotta ai fini della corresponsione delle relative imposte.
- Certificato di Collaudo dell'opera

La realizzazione di un impianto di potenza inferiore a 20 kW, in sostanza non richiede particolari autorizzazioni. Tuttavia è preferibile chiedere informazioni ai costruttori di micro-aerogeneratori o ai professionisti del luogo che conoscono per esperienza le effettive realtà locali.

### 5.4. Studio di fattibilità dell'impianto e verifica dei costi

Lo studio di fattibilità di un impianto finalizzato alla verifica dei costi e dei rientri economici, e volto alla scelta delle macchine più appropriate ed al loro dimensionamento, è un compito genericamente affidato ai progettisti, ai consulenti o ai costruttori stessi. Si tratta infatti di un'attività piuttosto complessa che deve tenere in considerazione diversi fattori.

Lo **Studio di fattibilità** di un impianto di potenza superiore a qualche kW deve accertare che un determinato layout di impianto abbia il rapporto costi/ricavi adeguato alle aspettative del futuro produttore. Gli elementi di costo che vengono considerati sono i seguenti:

- Costo aerogeneratore
- Costo opere accessorie
- Costo progettazione

A fianco di questi costi vengono considerati i costi di natura ricorrente:

- Costi di esercizio
- Costi di manutenzione
- Costi dei canoni

I costi vengono comparati con i ricavi derivanti da:

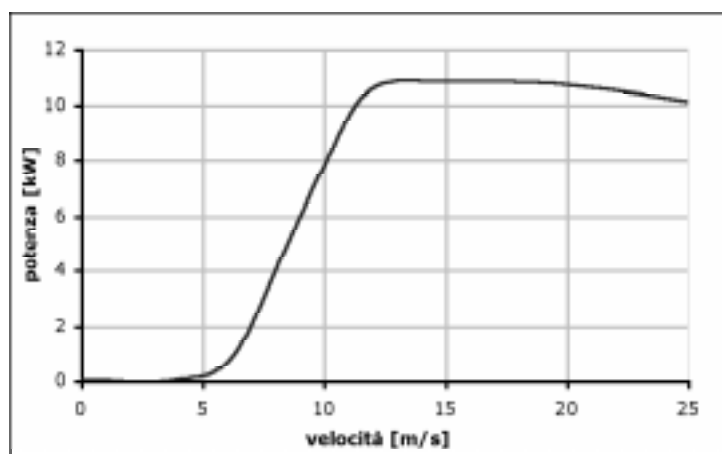
- Vendita di energia elettrica
- Risparmio (costo evitato) di energia elettrica
- Vendita di certificati verdi
- Proventi da altri incentivi

Qualora il risultato economico derivante dall'applicazione al progetto di un **business plan** con le voci sopra indicate fornisca un risultato accettabile per l'investitore, si può procedere con la fase autorizzativa e di costruzione.

**Il costo di un impianto eolico di potenza inferiore a 100 KW può variare da 1.000 a 3.000 €/kW.**

## 5.5. Scelta del progettista costruttore e fase di implementazione

Consolidata l'intenzione di realizzare un microimpianto eolico è opportuno prendere preliminare contatto con i produttori di aerogeneratori (possibilmente più di uno). Attraverso la loro esperienza, e mediante il confronto diretto tra le possibili soluzioni relative allo specifico sito, ci si potrà orientare verso le scelte tecniche più opportune.



*Diagramma caratteristico di un aerogeneratore della potenza nominale di 10 kW*

Spesso nelle applicazioni a piccola scala i costruttori di apparecchiature elettromeccaniche sono anche in grado di fornire una consulenza alla fase di progettazione delle opere connesse, così da consegnare un *progetto chiavi in mano*.

In base alle caratteristiche stimate del vento e della potenza di cui si necessita, è possibile, con l'aiuto di opportuni grafici rilasciati dai costruttori di macchine, identificare la tipologia di turbina e la taglia più adatta.

## **5.6. Gestione dell'impianto (manutenzione e management)**

Data la semplicità costruttiva di un microimpianto, manutenzione e gestione risultano molto meno complesse rispetto a quelle di impianti di taglia maggiore.

Le micro-macchine eoliche oggi in commercio, sono state sviluppate anche con l'obiettivo di ridurre al minimo gli interventi. Questo obiettivo è stato ottenuto curando particolarmente la progettazione ed utilizzando componenti e materiali oculatamente scelti.

Alla consegna di una macchina tutti i costruttori forniscono un manuale d'uso e di manutenzione. Generalmente le operazioni di manutenzione sono estremamente semplici e possono essere effettuate dall'utente stesso; in alternativa molti costruttori offrono contratti di manutenzione a costi ragionevoli (1,5 % all'anno del costo della macchina installata).

La gestione può anche avvenire in remoto, attraverso sistemi di comando e telecontrollo che consentono, mediante un personal computer di ricevere dati e fornire comandi all'impianto.

## 6. Azioni programmatiche: il ruolo degli enti pubblici

Il ruolo degli enti pubblici locali nella programmazione e pianificazione del territorio dal punto di vista energetico-ambientale è di indubbia importanza poiché contribuisce a definire il metodo per il raggiungimento degli obiettivi designati in fase programmatica.

In tema energetico-ambientale gli enti pubblici locali, sulla base delle indicazioni provenienti dai Piani Energetici Regionali e/o Provinciali, hanno la possibilità di **progettare un sistema ambiente sostenibile** sulla base di una specifica programmazione degli interventi, che contribuisca a *cambiare il volto* dell'ambiente e a dotare la comunità locale di una spiccata caratterizzazione ambientale e sostenibile.

Ma in che modo le realtà locali, quali i Comuni, le Comunità Montane o Rivierasche, gli Enti Parco o le Zone di Tutela e Salvaguardia Ambientale, possono attivarsi per favorire o diffondere l'uso di fonti pulite di energia?

Di seguito si suggeriscono alcuni passi che possono essere intrapresi dagli enti locali desiderosi di impostare un programma di diffusione delle tecnologie a favore dell'ambiente.

### 6.1. Da che cosa partire

L'utilizzo delle risorse energetiche, la programmazione degli obiettivi di consumo, il ricorso a sorgenti energetiche alternative sono elementi che vengono definiti dalle Regioni, le quali sono competenti in termini di **programmazione e indirizzo** in ambito energetico-ambientale (D.Lgs. 112/98).

#### Quadro di riferimento

**Comunità Europea** ([http://europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/))

- Direttiva Europea concernenti le fonti rinnovabili (*Direttiva 2001/77/CE*)
- Programmi Quadro di finanziamento ([http://europa.eu.int/comm/research/fp6/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/fp6/index_en.html))
- Campagne di promozione: Campaign for Take-off – CTO: ([http://europa.eu.int/comm/energy/en/renewable/idaa\\_site/index.html](http://europa.eu.int/comm/energy/en/renewable/idaa_site/index.html) oppure <http://europa.eu.int/comm/energy/en/ctore.htm>)

**Piani Energetici Regionali e normativa sul decentramento Stato - Regioni**

- D. Lgs. 112/98 (Funzioni e compiti amministrativi dallo Stato alle regioni)
- D. Lgs. 96/99 (Ripartizione funzioni amministrative tra Regioni ed Enti Locali)
- Rapporto Energia e Ambiente 2001 – L'analisi – ENEA (Quadro completo della normativa regionale e dei programmi di finanziamento per l'energia e l'ambiente – Capitolo 5).

L'ente pubblico, la comunità o il bacino di aggregazione deve allinearsi alle indicazioni emanate dalla Regione di appartenenza e più specificamente dalla Provincia (*Piani Energetico-ambientale della regione e/o Provincia di appartenenza*), qualora intenda approntare una propria campagna di promozione e sviluppo delle fonti rinnovabili e/o dello sviluppo sostenibile.

Il riferimento poi a programmi o fondi sviluppati in ambito CE è d'obbligo qualora si vogliano cogliere le opportunità e le esperienze a livello europeo.

## 6.2. A che cosa mirare

Le opportunità che si offrono ad un ente locale per lo sviluppo e la diffusione delle fonti rinnovabili su piccola taglia sono molteplici e non necessariamente impegnative dal punto di vista dei finanziamenti e/o stanziamenti. Proviamo di seguito ad elencare solo alcune delle possibili azioni attuabili.

<b>comunicazione</b>	<b>aiuto alla diffusione</b>	<b>investimenti</b>
Campagna di informazione e di adozione di un programma a favore delle fonti rinnovabili e sostenibili	Adozione di procedure amministrative semplificate per il rilascio delle autorizzazioni all'installazione ed esercizio degli impianti	Acquisto/installazione di microgeneratori per edifici/spazi degli enti pubblici
Campagna di informazione circa le potenzialità del territorio per l'impiego di tecnologie sostenibili	Individuazione di aree dedicate all'impiego di queste tecnologie e di procedure unificate e standard per l'inserimento nell'ambiente	Acquisto/installazione di sistemi di monitoraggio; definizione di una carta di criteri per l'inserimento ambientale
Adozione di un programma (valido per enti parchi e zone protette) di "emissioni zero" nell'area insistente o confinate con quella sottoposta a tutela	Definizione degli obiettivi all'interno delle aree protette e ricerca di sponsorship per l'installazione degli impianti	Installazione di impianti-pilota e monitoraggio degli stessi
Promozione di campagne di comunicazione presso le scuole	Istituzione di concorsi tra le scuole, con il patrocinio di Agenzie nazionali e/o delle Istituzioni.	Stanziamento di premi e/o fondi per l'attività di diffusione presso le scuole.

### 6.3. Quali risorse attivare

L'attivazione di risorse e il coinvolgimento delle istituzioni rappresenta la fase più delicata in un processo di promozione e/o sviluppo di campagne di diffusione o di promozione delle fonti rinnovabili. A questo proposito a livello europeo esistono alcune iniziative degne di nota, tra le quali vogliamo segnalare l'iniziativa **Campaign for Take-Off** sviluppata con il supporto della Comunità Europea, Direttorato Generale per l'Energia e l'Ambiente.

#### **Campaign for Take-Off (CTO)**

La Campagna per il Decollo delle Fonti Rinnovabili è un'azione intrapresa in armonia con gli obiettivi decisi nel Libro Bianco, in base ai quali si prevede una penetrazione delle risorse rinnovabili in Europa pari al 12% entro il 2010.

Nel Libro Bianco si prevede l'utilizzo di strumenti per stimolare gli investimenti nel settore delle energie rinnovabili, per mezzo di campagne di diffusione di programmi di supporto.

La Campagna è partita nel 1999 e si concluderà con la fine del 2003, agendo come catalizzatore delle iniziative a livello locale e provinciale, per favorire lo sviluppo di impianti da fonti rinnovabili e **l'istituzione di comunità alimentate da sole fonti rinnovabili**.

Lo scopo principale di questo programma è quello di realizzare partnership tra gli investitori e le comunità (Città, Comunità, Industrie, Isole) attirando investimenti da parte di operatori privati e della Comunità Europea ([www.agores.org](http://www.agores.org) - [http://europa.eu.int/comm/energy/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/energy/index_en.html))

## 7. Glossario

---

### **Risorsa rinnovabile**

Rinnovabile è una risorsa che non si esaurisce grazie alla capacità di rigenerarsi. In genere si tratta di risorse naturali, disponibili in grandi quantità, ma nello stesso tempo preziose e che quindi possono irrimediabilmente essere danneggiate (in quantità e/o qualità) da inadeguati modelli di produzione e consumo e da scorrette politiche ambientali.

### **Fonti Energetiche Rinnovabili (F.E.R.)**

Fonti energetiche rinnovabili sono il sole, il vento, le risorse idriche, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione in energia elettrica da prodotti vegetali o dei rifiuti organici ed inorganici (Decreto Bersani n. 79 del 16/03/99).

### **Sviluppo sostenibile**

È sostenibile **“lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri”** (Rapporto Bruntland - 1989)

Il concetto di sviluppo sostenibile trae origine da un dibattito che, a partire dagli anni Settanta, ha coinvolto istituzioni, movimenti, e studiosi e che è stato, ed è oggetto di conferenze internazionali quali **United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)**, tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno del 1992 e il recente **The World Summit on Sustainable Development** di Johannesburg dell'agosto-settembre 2002.

## **8. Indirizzi utili**

---

### **Gli operatori istituzionali:**

#### **AUTORITÀ PER L'ENERGIA ELETTRICA E IL GAS**

Piazza Cavour, 5 - 20121 Milano

tel: 02 655651 (centralino) - fax: 02 65565222 / 02 65565266

[www.autorita.energia.it](http://www.autorita.energia.it)

#### **GESTORE RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE (G.R.T.N.)**

Viale Maresciallo Pilsudski, 92 - 00197 Roma

tel: 06 8165 1 - fax: 06 8165 4392

[www.grtn.it](http://www.grtn.it)

#### **MINISTERO DELL'AMBIENTE**

Via Cristoforo Colombo, 44 - 00154 Roma

tel: 06 57221

[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

#### **MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE**

##### **Servizio Risparmio Energetico e Fonti Rinnovabili**

Via Molise, 2 - 00187 Roma

tel: 06 47051 (centralino) - 4705 2023

[www.minindustria.it](http://www.minindustria.it)

### **Alcune aziende costruttrici o distributrici di aerogeneratori in Italia:**

#### **ASTEL SARDA Srl**

Via Maroncelli, 2 - 07037 Sorso (SS)

tel: 079 353386 - fax: 079 350165

[www.astelsarda.it](http://www.astelsarda.it)

#### **ELECTRO SOLAR**

Via Bellini, 15 - 35010 Carmignano Di Brenta (PD)

tel: 049 5957254 - fax: 079 9439742

[www.electrosolar.it](http://www.electrosolar.it)

#### **ELETTRONICA SANTERNO SpA**

Via G. Di Vittorio - 40020 Casalfiumese (BO)

tel: 0542 668611 - fax: 0542 687722

[www.elettronicasanterno.it](http://www.elettronicasanterno.it)



**ELETTRO SANNIO Snc**

Zona Ind. Km 9 / S.S. 212 - 82020 Pietrelcina (BN)  
tel: 0824 991046 - fax: 0824 997935  
www.elettrosannio.com

**ENEL GREEN POWER**

Via Andrea Pisano, 120 - 56122 Pisa  
tel: 050 5351111 - fax: 050 535504  
www.enel.it

**G-tek Ingegneria delle fonti rinnovabili**

Via Puccini, 10 - 41012 Carpi (MO)  
tel: 059 687214 - fax: 059 689491  
www.sole.gtek.it

**SASSO**

Via Livorno, 60 - 10144 Torino  
Tel/fax: 011 2257433  
www.envipark.com/sasso

## Associazioni ed Enti:

**Associazione Produttori Energia da Fonti Rinnovabili (A.P.E.R.)**

Piazzale R. Morandi, 2 - 20121 Milano  
tel: 02 76319199 - fax: 02 76397608  
www.aper.it

**ISES ITALIA**

Sezione dell'International Solar Energy Society  
Via Tommaso Grossi, 6 - 00184 Roma  
tel: 0677073610-0677073611 - fax: 0677073612  
www.isesitalia.it

**EWEA**

European Wind Energy Association  
Rue du Trone 26 - B-1000 Brussels  
Belgium  
tel: +32 2 546 1940 - fax: +32 2 546 1944  
www.ewea.org

**ENEA - Divisione Fonti Rinnovabili**

Via Anguillarese, 301 - 00060 S. Maria di Galeria (RM)  
tel: 06 30481  
www.enea.it

## **Alcuni operatori del settore:**

### **EOLICA S.r.l.**

Via Sergio Forti, 23 – 00144 Roma  
tel: 06 52246112 - fax: 06 52248883  
[www.eolica.net](http://www.eolica.net)

### **SERVEN S.r.l.**

Piazza Cinque Giornate, 10 – 20129 Milano  
tel: 02 55183007 - fax: 02 55184053  
[www.serven.it](http://www.serven.it)

### **Ing. Alessandro De Cesare**

Via Medaglie d'oro 80- 74100 Taranto  
tel/fax: 099 7326002  
e.mail [decesarealessandro@tiscalinet.it](mailto:decesarealessandro@tiscalinet.it)

## Scala Beaufort

scala	knots	km/h	mp/h	m/s	situazione	effetti del vento		
						a terra	sul mare in costa (riferiti a barche a vela)	sul mare al largo
0	0	0	0	0	calma	bonaccia, il fumo sale verticalmente	bonaccia, le imbarcazioni non governano	il mare è calmo come uno specchio
1	1-3	1-5	1-3	<2	bava di vento	la direzione del vento è indicata dal fumo ma non dalle banderuole	le imbarcazioni hanno appena un pò di abbrivio	si formano increspature che sembrano squame di pesce ma senza alcuna cresta bianca
2	4-6	6-11	4-7	2-3	brezza leggera	si sente il vento in faccia e la banderuola si muove	il vento gonfia le vele delle barche che vanno a circa 1-2 nodi	ondicelle minute ancora corte ma ben evidenti; le loro creste hanno un aspetto vitreo ma non si rompono
3	7-10	12-19	8-12	4-5	brezza tesa	le foglie ed i piccoli rami si muovono	le imbarcazioni cominciano a sbandare e filano circa 3-4 nodi	ondicelle grosse le cui creste cominciano a rompersi; la schiuma ha apparenza vitrea e talvolta si osservano qua e là delle "pecorelle" dalla cresta biancheggiante di schiuma
4	11-16	20-28	13-18	6-7	vento moderato	si sollevano carta e polvere, si muovono i rami più sottili	vento maneggevole: le imbarcazioni portano tutte le vele con una buona inclinazione	onde piccole che cominciano ad allungarsi; le "pecorelle" sono più frequenti
5	17-21	29-38	19-24	8-10	vento teso	incominciano ad oscillare i piccoli alberi	le barche riducono la velatura	onde moderate che assumono una forma nettamente più allungata; si formano molte "pecorelle"; possibili spruzzi
6	22-27	39-49	25-31	11-13	vento fresco	si muovono i grossi rami, è difficile usare l'ombrello	le imbarcazioni prendono due mani di terzaroli alla vela di maestra	cominciano a formarsi onde grosse (cavalloni); le creste di schiuma bianca sono ovunque più estese
7	28-33	50-61	32-38	14-16	vento forte	si muovono i grossi alberi, difficoltà a camminare controvento	le imbarcazioni restano in porto, quelle in mare si mettono alla cappa, se possibile raggiungono un ridosso	il mare s'ingrossa; la schiuma bianca che si forma al rompersi delle onde comincia ad essere "soffiata" in strisce lungo il letto del vento
8	34-40	62-74	39-46	17-20	burrasca	si rompono i rami degli alberi, è molto difficile camminare all'aperto	tutte le imbarcazioni dirigono al porto più vicino	onde moderatamente alte e di maggiore lunghezza; la sommità delle loro creste comincia a rompersi in spruzzi vorticosi risucchiati dal vento; la schiuma viene soffiata in strisce ben distinte nel letto del vento
9	41-47	75-88	47-55	21-24	burrasca forte	cadono le tegole dai tetti		onde alte; dense strisce di schiuma nel letto del vento; le creste delle onde cominciano a vacillare e a precipitare rotolando; gli spruzzi possono ridurre la visibilità
10	48-55	89-102	56-64	25-28	tempesta	raro sulla terraferma; sradicamento di alberi e danni ai fabbricati		onde molto alte sovrastate da lunghe creste (marosi); la schiuma formatasi, addensata in grandi banchi, viene soffiata in strisce bianche e compatte lungo il letto del vento; nel suo insieme il mare appare biancastro ed il precipitare rotolando delle onde diviene, intenso e molto violento; la visibilità è ridotta
11	56-63	103-117	65-73	29-32	tempesta violenta	danni gravi ai fabbricati e devastazioni		onde eccezionalmente alte (le navi di piccola grandezza possono scomparire alla vista per qualche istante); il mare è completamente coperto da banchi di schiuma che si allungano nel letto del vento; ovunque la sommità delle creste delle onde è polverizzata dal vento; la visibilità è ridotta
12	>64	>118	>74	>33	uragano	danni ingentissimi		l'aria è piena di schiuma e spruzzi; il mare è completamente bianco a causa dei banchi di schiuma alla deriva; la visibilità è fortemente ridotta

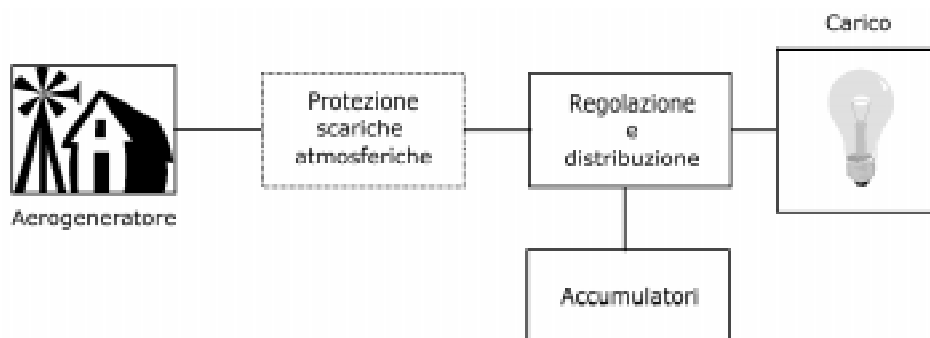
## Progetto N. 1



*G-tek, di Ing. Giovanni Marino*  
via G. Puccini n.10, 41012 CARPI (Mo)  
Tel.: 059 687214 Fax: 059 689491 E-mail: gtek@gtek.it  
P.IVA 02559940362

Lo schema a blocchi di un piccolo generatore eolico è illustrato nello schema seguente, e si compone essenzialmente di:

1. Aerogeneratore
2. Sostegno o traliccio
3. Eventuale protezione da scariche atmosferiche
4. Quadro elettrico di distribuzione e regolazione
5. Accumulatori



### **Caratteristiche tecniche di micro-generatore eolico GEN 303-126-DC**

- Dinamo HP 12/24 Vcc (elica 1,5 mt circa) completo di convertitore recuperatore per Aerogeneratori.
- Erogazione a 12 Volt o 24 Volt a richiesta
- Realizzazione in struttura leggera (l'apparecchio può essere smontato e trasportato facilmente a mano)
- Installazione immediata per innesto su asta tubolare in ferro di dimensioni pari a 1.5 pollici debitamente fissata: a) su terrazze; b) su tronconi di alberi, c) su tubi metallici uso idraulico infissi nel terreno ed ancorati con tiranti.
- Lo spazio di manovra richiesto per l'uso, risulta simile ad un cilindro di diametro pari a 2,40 mt. ed altezza pari a 2 mt. circa.

- Elica in duro alluminio (a richiesta elica a passo variabile per massimo rendimento).
- Peso dell'equipaggiamento kg.14 circa
- Dispositivo per l'orientamento illimitato verso la direzione del vento con timone di governo e dispositivo meccanico automatico di ribaltamento per protezione anti-bufera
- Tutti i dispositivi elettronici di regolazione e comando sono contenuti in un'unica centralina di dimensioni pari a 20x15x8cm in PVC a tenuta stagna che può essere fissata a parete. La stessa contiene anche il dispositivo di protezione per la batteria di accumulo.
- I componenti realizzati in ferro per assicurare la massima durata nel tempo, sono trattati con zincatura elettrolitica.



Potenza massima      368 kW  
 Potenza operativa    130 kW  
 Voltaggio            12-24 DC  
 Diametro Pale      1.5 m  
 Generatore          dinamo – motore

## Progetto N. 2



Via F. Cavallotti, 17/bis – 12100 Cuneo (Italy)  
tel.-fax.: +39 0171 692068

ufficio di rappresentanza c/o



Via Livorno, 60 – 10144 Torino (Italy) – tel. +39 011 2257433  
**e-mail:** sasso@envipark.com

### Croce del Monte Mindino - Garessio (CN)



### Impianto ibrido (PV+eolico) per l'alimentare l'impianto di illuminazione a LED della croce

Micro-turbina eolica ad asse verticale, composta da tre ali elicoidali: con un diametro di 30 cm ed altezza di 60 cm può produrre fino a 30 W con velocità del vento di 20m/sec.

Installato in un buon sito questa tipologia di generatore produce in media circa 5 W, energia sufficiente ad alimentare trasmettitori di segnali, sistemi di comunicazione, luci di segnalazione e alla ricarica di un parco batterie ad integrazione dell'impianto fotovoltaico

## Progetto N. 3



Via F. Cavallotti, 17/bis – 12100 Cuneo (Italy)  
tel.-fax.: +39 0171 692068

ufficio di rappresentanza c/o



Via Livorno, 60 – 10144 Torino (Italy) – tel. +39 011 2257433  
e-mail: sasso@envipark.com

### Rifugio Lagoni - Parco dei 100 Laghi - Corniglio (PR)

#### Impianto ibrido completamente rinnovabile (PV+eolico+idro)

L'intervento proposto, parte di un più ampio progetto di risanamento ambientale da realizzarsi all'interno del "Parco Regionale di Crinale Alta Val Parma e Cedra" (Provincia di Parma), consiste nella realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica attraverso un sistema ibrido che sfrutta diverse forme di energia rinnovabili. La località Lagoni, caratterizzata dalla presenza di due laghi omonimi, si trova ad una quota media di circa 1350 m s.l.m., l'area di grande interesse naturalistico e paesaggistico. A fianco del lago inferiore è ubicato il "Rifugio Lagoni" strutturato su due piani è attrezzato sia per il servizio di ristoro sia per alloggio da montagna (circa 20 posti letto); prima dell'intervento era alimentato da un generatore di corrente a scoppio ubicato in un capanno in legno a lato del rifugio. Gli obiettivi dell'intervento sono stati: ridurre la produzione di gas di scarico del generatore a scoppio, ridurre l'inquinamento acustico derivante dal funzionamento del generatore e sensibilizzare l'opinione pubblica sull'importanza dell'utilizzo delle energie rinnovabili; ed inoltre attraverso l'uso di resistenze a "costo zero" che riscaldano i locali ed impediscono la formazione di muffe ed umidità sui muri sono state garantite migliori condizioni di comfort interno al rifugio.

#### Impianto eolico



La possibilità dello sfruttamento dell'energia eolica, specialmente nelle zone montane, è divenuta tecnicamente assai apprezzabile per lo sviluppo di rotori ad asse verticale capaci di entrare in funzione anche per velocità del vento di poco superiori ai 2 m/sec.

L'asta sostenente il rotore è stata collocata in aderenza alla parete nord-ovest del rifugio e l'installazione ha necessitato di semplici fissaggi a pareti e di un minimo intervento sulla copertura.

La turbina eolica ad asse verticale è composta da tre ali elicoidali: con un diametro di 100 cm ed altezza di 200 cm può produrre un massimo di 1.25 kW con velocità del vento di 20m/sec.

Questa tipologia di turbina eolica produce in media circa 100 W, energia sufficiente ad alimentare piccoli utilizzatori quali luci, pompe sistemi di telecomunicazione e per la ricarica di un parco batterie.

## Impianto idroelettrico



Creando una minima opera di presa sul ruscello alimentato dal deflusso delle acque dei laghi si è sfruttata una portata derivabile valutata nell'ipotesi più cautelativa in 4 l/sec: lo sviluppo previsto della condotta di circa 150 m con un salto netto di oltre 50 m è stato sufficiente allo sfruttamento di una turbina con girante Pelton ottenendone una produzione media di 1000 W, erogati in corrente continua a 24 V per la ricarica del parco batterie.

Lo sfruttamento d'acqua è limitato; in fase progettuale infatti è stato considerato prioritario mantenere il deflusso di una portata nel torrente sufficiente a garantire il livello vitale per l'ecosistema fluviale. La condotta in polietilene, di pochi centimetri di diametro e frangiature che permettano eventuali sostituzioni di parti, è stata interrata rendendone quasi impercettibile la presenza e la turbina di ridotte dimensioni (circa 30x40x60) è stata collocata in un manufatto in legno che si inserisce armoniosamente nel bosco. Data la lontananza del regolatore (collocato nel rifugio) dal generatore, la tensione in uscita da questo è stata scelta per poter avere perdite trascurabili anche impiegando conduttori di piccola sezione, che con una camicia flessibile sono stati interrati ,segundo la morfologia del terreno, fino al rifugio.





## **Locale tecnologico**

Gli impianti precedentemente descritti, integrati anche ad un impianto fotovoltaico installato sul tetto del rifugio, necessitano di essere accompagnati dall'installazione di apparecchiature elettriche integrative, quali un quadro di controllo, un inverter per la trasformazione della corrente continua che giunge dai generatori in alternata, ed un parco di batterie. Tali componenti sono stati posizionati in un locale ricavato nelle cantine del rifugio e data l'elevata nocività delle esalazioni degli accumulatori a piastre è stato creato un condotto di areazione connesso con l'esterno ed una doppia entrata che formi una zona filtro con la cantina.