

CONOSCERE L'ENERGIA EOLICA

___Indice___

Introduzione >

Che cos'è >

Come si forma il vento

Come si misura il vento

La circolazione dei venti

La rugosità del terreno

Un po' di storia

Eolico nel mondo >

Energia eolica nel mondo

Energia eolica in Europa

Energia eolica in Italia



CONOSCERE L'ENERGIA EOLICA

Introduzione

Il vento è un elemento fondamentale del nostro pianeta e il principale “motore” del clima terrestre: non vi è luogo della Terra dove il vento non soffi, più o meno intensamente, per diversi giorni all'anno. In alcune zone della pianeta il vento è uno dei principali agenti di erosione delle rocce, di trasporto di sedimenti e di modellamento del paesaggio: si pensi agli ambienti desertici e costieri, dove il lavoro del vento lascia una forte impronta sulle caratteristiche morfologiche del paesaggio. Il vento si accompagna ad ogni perturbazione meteorologica, è il responsabile del moto ondoso dei mari e degli oceani, e, di conseguenza, delle morfologie costiere, determina la stabilità del manto nevoso in alta montagna e le morfologie delle superfici coperte di neve e ghiaccio delle zone artiche ed antartiche.

Fin dai primordi della storia, l'uomo si è reso conto della possibilità di utilizzare l'energia del vento, dapprima per muovere imbarcazioni, poi per far funzionare ingranaggi, per muovere le pale dei mulini a vento e, infine, per produrre energia elettrica.

Che cos'è

L'energia eolica è l'energia posseduta dal vento. L'uomo ha impiegato la forza del vento sin dall'antichità per navigare e per muovere le pale dei mulini, utilizzati per macinare i cereali, per spremere olive o per pompare l'acqua. Solo da pochi decenni l'energia eolica viene impiegata per produrre elettricità. La parola “eolica” deriva da Eolo, dio greco del vento, il cui nome “aiolos” significa “veloce”.

L'energia elettrica si ottiene sfruttando l'energia cinetica del vento che fa girare le pale di un'elica; queste a loro volta sono collegate ad un generatore che trasforma l'energia meccanica (rotazione delle pale) in energia elettrica. Questi moderni mulini a vento sono chiamati aerogeneratori.

Come si forma il vento

Il vento è un fenomeno atmosferico dovuto al riscaldamento del Sole. Il Sole irradia sulla Terra 1.74×10^{17} watt di potenza; di questa circa il 2% viene convertita in energia eolica. La Terra cede all'atmosfera il calore ricevuto dal Sole, ma non lo fa in modo uniforme. Nelle zone in cui viene ceduto meno calore la pressione dei gas atmosferici aumenta, mentre dove viene ceduto più calore, l'aria diventa calda e la pressione dei gas diminuisce. Si formano così aree di alta pressione e aree di bassa pressione, influenzate anche dalla rotazione della Terra. Quando diverse masse d'aria vengono a contatto, la zona dove la pressione è maggiore tende a trasferire aria dove la pressione è minore. Succede la stessa cosa quando lasciamo sgonfiare un palloncino. L'alta pressione all'interno del palloncino tende a trasferire l'aria verso l'esterno, dove la pressione è più bassa, dando luogo a un piccolo flusso d'aria. Il vento è dunque lo spostamento d'aria, più o meno veloce, tra zone di diversa pressione. E tanto più alta è la differenza di pressione, tanto più veloce sarà lo spostamento d'aria, tanto più forte sarà il vento.

Come si misura il vento

Un vento viene descritto attraverso due parametri: la forza (che è in relazione alla velocità) e la direzione. Tutti abbiamo potuto sperimentare che il vento non è costante, cambia forza e direzione. La direzione di provenienza si può osservare mediante una banderuola lasciata libera di orientarsi. Per classificare il vento in base alla sua direzione si usa definirlo col luogo da cui proviene. A volte si prende spunto dalla provenienza geografica (Grecale se viene dalla Grecia, Libeccio se viene dalla Libia, Scirocco se viene dalla Siria), altre volte, come nella "Rosa dei Venti", viene indicato con i punti cardinali (vento di Nord-Est, vento di Sud-Ovest).

La forza del vento può essere indicata o con la misura della sua velocità, e cioè in nodi che corrispondono alle miglia orarie (1 nodo = 1 miglio orario = 1,85 chilometri orari), o attraverso la scala proposta da Francis Beaufort. La velocità si misura con l'anemometro, una semplice girandola esposta alla forza del vento: si va a misurare la velocità di rotazione.

Anemometro a coppe. Fra i più usati, il più semplice anemometro è quello a coppe, in cui il vento, soffiando sulle coppe, le pone in rotazione attorno a un asse verticale; un contatore elettrico o meccanico, misura il numero di giri che esse eseguono in un certo intervallo di tempo. Mediante opportune tabelle di taratura è possibile risalire alla velocità del vento.

La circolazione dei venti

Gli spostamenti di masse d'aria sono dovuti al riscaldamento solare e, in particolare, alla differenza (gradiente) di temperatura esistente tra le zone equatoriali e quelle tropicali.

L'irraggiamento solare delle zone equatoriali è maggiore rispetto a quello delle zone tropicali. L'aria equatoriale, più calda e quindi meno densa, tende a salire richiamando aria fredda dalle zone tropicali. Giunta in corrispondenza dei tropici, l'aria calda si raffredda e comincia a scendere. E così via in un continuo ricircolo equatore-poli e viceversa. In assenza di altri fattori, la circolazione dei venti sulla Terra avrebbe un andamento regolare di questo tipo.

Fattori che influenzano la circolazione dei venti. In realtà, altri fattori di tipo geografico-astronomico intervengono nella circolazione dell'aria, modificandone l'andamento. L'inclinazione dell'asse terrestre e la rivoluzione della Terra intorno al Sole, spostano stagionalmente le fasce di maggior irraggiamento tra i due tropici. Inoltre, la rotazione della Terra contribuisce all'alternarsi dell'irraggiamento solare e la sua superficie, scarsamente omogenea, ha una diversa capacità di assorbimento e scambio del calore. La rotazione della Terra induce inoltre un altro fattore fondamentale per la comprensione della circolazione dei venti: l'accelerazione di Coriolis, che conferisce alle masse d'aria una componente rotatoria o a spirale. Altri fattori importanti per la determinazione della direzione e dell'intensità del vento, sono la forza d'attrito della superficie terrestre, per vincere la quale la corrente d'aria consuma energia, e la presenza di catene montuose, che bloccano o deviano la traiettoria del vento.

La rugosità del terreno

Il vento e la rugosità del terreno. La velocità del vento dipende, oltre che da parametri atmosferici, anche dalla conformazione del terreno. Più un terreno è rugoso, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità. Per definire la conformazione di un terreno sono state individuate quattro classi di rugosità:

- **classe di rugosità 0:** suolo piatto come il mare, la spiaggia e le distese nevose;
- **classe di rugosità 1:** suolo aperto con terreni non coltivati a vegetazione bassa e aeroporti;
- **classe di rugosità 2:** aree agricole con rari edifici e pochi alberi;
- **classe di rugosità 3:** suolo rugoso in cui vi sono molte variazioni di pendenza del terreno, boschi e paesi.

In generale la posizione ideale di un aerogeneratore è in un terreno appartenente a una bassa classe di rugosità.

Un po' di storia

L'uomo ha imparato a sfruttare l'energia cinetica del vento migliaia d'anni fa. La navigazione a vela risale, infatti, ad almeno diecimila anni fa, mentre i primi **mulini a vento**, di cui sono state trovate le tracce, sono persiani e risalgono al 200 a.C. Erano costruiti in modo molto semplice, con vele fissate a telai di legno. Nei secoli seguenti i mulini a vento si diffusero in tutto il Medio Oriente, diventando una macchina d'uso corrente in agricoltura.

Poi, tra il 1200 e il 1300 trovarono impiego anche in Europa, soprattutto nei paesi del Nord. Lo stesso *Leonardo Da Vinci* contribuì all'evoluzione di queste macchine. Intorno al 1600 furono introdotte tecnologie più raffinate: furono perfezionati i profili delle pale e rese più aerodinamiche le pale per meglio sfruttare la forza del vento. Nell'*Encyclopedie* di *Diderot* e *D'Alambert*, scritta alla fine del '700, se ne trova una raffigurazione. A quei tempi, l'energia eolica non veniva utilizzata per macinare granaglie, ma soprattutto per prosciugare terreni allagati.

L'**invenzione della dinamo**, da parte del belga *Gramme*, nella metà del diciannovesimo secolo, aprì nuovi orizzonti all'utilizzo dell'energia idraulica ed eolica e nel 1887 il francese *Duc de La Peltrie* costruì il primo aerogeneratore realizzato in Europa e destinato alla produzione di energia elettrica: iniziava così lo sfruttamento dell'energia eolica per l'industria. Nel medesimo periodo anche gli Stati Uniti realizzavano il primo "mulino a vento" per produrre elettricità (*Charles Brush*, Ohio, 1890).

La produzione di energia elettrica da energia eolica si è poi sviluppata tra il 1920 e il 1930, in seguito all'evoluzione di turbine per la trasformazione dell'energia idraulica. Infine, la crisi petrolifera del 1973 ha fatto rinascere l'interesse per le fonti energetiche rinnovabili, tra cui quella eolica, che in certi casi si dimostra competitiva con i combustibili fossili. I mulini moderni sono molto più veloci ed efficienti di quelli d'inizio secolo. Hanno un minor numero di pale e riescono a raggiungere velocità anche cinque volte superiori a quella del vento, con una produzione di energia doppia rispetto ai mulini tradizionali.



Eolico nel mondo

La ricerca sta cercando di risolvere quello che attualmente è il maggior problema della produzione di energia dal vento: la discontinuità nella fornitura di energia a causa del regime incostante dei venti. Qui occorre fare una piccola premessa. La potenza efficiente lorda degli impianti eolici, espressa in MW, definisce la quantità di energia che può essere prodotta in un determinato lasso di tempo di funzionamento dell'impianto, ed è il parametro che viene considerato per confrontare tra loro le possibilità produttive dei generatori eolici. Tuttavia, occorre considerare, che per vari fattori, e, in primo luogo, l'incostanza del vento, un generatore eolico non funziona mai 24 ore su 24 per tutto l'anno, ma solo per un certo numero di ore: nei periodi durante i quali il vento spira con velocità troppo basse ($v < 5-4$ m/s) il generatore non produce energia, mentre quando la velocità del vento è troppo elevata ($v > 20-25$ m/s) gli impianti devono essere spenti per ragioni di sicurezza. Un fattore molto importante per determinare la produttività degli impianti è quindi il numero di ore di esercizio: in Italia, gli impianti che funzionano per il maggior numero di ore lavorano in genere per circa 3.200 ore l'anno (cioè, per circa il 38 % del tempo, considerato che in un anno ci sono 8.760 ore), ma la media nazionale è ben più bassa, di circa 1.700 ore l'anno. Per ovviare a questo problema, e aumentare il numero di ore di utilizzo, la ricerca sta cercando di sviluppare rotor in grado di produrre energia e di funzionare in sicurezza anche con velocità dei venti molto basse o molto alte, ma vi sono dei limiti oltre ai quali non è possibile alcun ulteriore miglioramento, soprattutto per quanto riguarda l'efficienza a basse velocità.

Energia eolica nel mondo

Negli ultimi anni si è assistito ad una crescita esponenziale della potenza eolica installata e della produzione di energia elettrica dal vento. Nel 2021 nel mondo è stata installata una potenza di 102 GW, raggiungendo una potenza totale di 845 GW. Le maggiori potenze installate nel 2020 sono in Cina (282 GW), in USA (178 GW), in Germania (62 GW), in India (38 GW) e in Spagna (27 GW), con l'Europa che globalmente totalizza il 29% della potenza eolica mondiale. L'83,2% della potenza installata nel mondo si trova in soli dieci Paesi: Cina, USA, Germania, India, Spagna, Gran Bretagna, Brasile, Francia, Canada e Svezia.

Tradizionalmente, fin dall'inizio dell'utilizzo del vento come fonte di energia elettrica, i Paesi che più hanno investito e prodotto sono stati Germania, Spagna e USA: la Germania è sempre stata la prima in classifica, ma nel 2011 è stata sorpassata da Cina e Stati Uniti. Negli ultimi anni è emerso un importantissimo "outsider", la Cina, che dal 2010 è divenuta il primo Paese in classifica, diventando così il principale Paese emergente nel settore eolico.

Nel 2021 i maggiori sforzi per incentivare la potenza eolica installata vengono dalla Cina, che, con un incremento del 16,6% rispetto al 2020, raggiunge il 39,9% della potenza mondiale installata, e dagli USA, che con un incremento del 7% raggiungono il 11,8%. La posizione dell'Italia è sempre stata all'avanguardia, e nel 2017 l'Italia occupa un onorevole 11° posto nella classifica della potenza installata, dopo Cina, USA, Germania, India, Spagna, Gran Bretagna, Brasile, Francia, Canada e Svezia.

Energia eolica in Europa

Alla fine del 2020 in Europa erano installati 216.580 MW di potenza eolica. Dell'energia eolica in Europa si occupa la Wind Energy (prima European Wind Energy Association (EWEA)), un'associazione non-profit e non governativa nata nel 1982, che conta più di 700 membri, tra i quali le più importanti aziende costruttrici di turbine eoliche e i più autorevoli centri di ricerca: è la più grande associazione del mondo nel settore delle energie rinnovabili.

Nel 2021 la potenza eolica installata in Europa è aumentata di 15.947 MW, passando 216.711 MW a 232.658 MW. Vi sono però ancora moltissime disparità tra i vari Paesi: Germania (27,4% sul totale europeo), Spagna (11,8%), Gran Bretagna (11,6%) Francia (8%), Svezia (5,2%) e Italia (4,8%), sostengono da sole il 68,8% della capacità eolica europea.

Un contributo significativo. La Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio (che ha sostituito le precedenti direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE) mira ad istituire un quadro comune per la produzione e la promozione di energia a partire da fonti rinnovabili. Per ciascuno Stato membro la direttiva fissa un obiettivo per la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia entro il 2020, coerente con l'obiettivo globale «20-20-20» (ciò significa ridurre del 20% le emissioni dei gas serra, portare al 20% il risparmio energetico e aumentare al 20% il consumo di fonti rinnovabili) della Comunità. Per quanto riguarda il settore dei trasporti, la quota di energia da fonti rinnovabili deve essere pari almeno al 10% del consumo finale di energia entro il 2020.

Energia eolica in Italia

Nel 2020 l'Italia si è posizionata al 10° posto nel mondo nella classifica per la potenza eolica, con un totale di 10,8 GW installati. Un posto di tutto rispetto, se si considerano le piccole dimensioni del nostro Paese, rispetto a "giganti" come gli USA, la Cina o l'India. Le condizioni per la produzione di energia eolica nel nostro Paese, inoltre, non sono delle più favorevoli, a causa della conformazione allungata e stretta del territorio e della presenza di rilievi elevati, come l'arco alpino, che fanno da ostacolo ai venti; tuttavia, localmente vi sono molte situazioni favorevoli, in particolare lungo il crinale appenninico adriatico e sulle isole, e grande potenzialità hanno gli impianti offshore.

Il 1994 è l'anno in cui la produzione di energia eolica inizia a comparire in modo interessante (e non più solo con impianti pilota o sperimentali) nel bilancio energetico nazionale, e da allora ha continuato a far registrare aumenti significativi. Nel 1994 l'energia eolica (con una produzione di 6 GWh) costituiva lo 0,02% dell'energia prodotta da fonte rinnovabile, nel 2001 si passa (con una produzione di 1.179 GWh) al 2,14%, nel 2006 si balza al 5,6% (con una produzione di 2.971 GWh), ma è nel 2007 che inizia veramente il "salto di qualità": nel 2007, l'energia eolica prodotta (4.034 GWh) ha costituito circa l'8% dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e l'1,2% del bilancio elettrico nazionale (che considera l'energia prodotta più quella importata). A fine 2020 risultavano installati 5.660 impianti eolici, per una potenza complessiva di 10.907 MW, pari al 19% dell'intero parco impianti nazionale alimentato da fonti rinnovabile. Per fare un quadro della distribuzione dell'eolico in Italia, sono stati presi gli ultimi dati forniti dal Gestore dei servizi energetici (GSE), aggiornati al 31 dicembre 2020.

Per la realizzazione e il funzionamento degli impianti eolici assumono particolare rilievo alcune caratteristiche ambientali e territoriali dei siti quali la ventosità, l'orografia, l'accessibilità. Per tali ragioni, la presenza di impianti eolici non è omogenea sul territorio nazionale: nel Sud Italia, in particolare, si concentra il 96,5% della potenza eolica complessiva del Paese e il 92,4% del parco impianti in termini di numerosità.

La Basilicata è la regione con la più alta percentuale di impianti sul territorio nazionale (25%), seguita dalla Puglia (20,8%). Nell'Italia settentrionale, caratterizzata generalmente da limitata ventosità, la diffusione di tali impianti è generalmente modesta; le regioni più rappresentative sono l'Emilia-Romagna e la Liguria, rispettivamente con l'1,3% e lo 0,6% del totale degli impianti nazionali. Nell'Italia centrale, invece, la regione caratterizzata dalla maggiore presenza di impianti è la Toscana (2,1% del totale). La mappa relativa alla distribuzione regionale della potenza degli impianti eolici riflette, come è naturale, quella relativa alla numerosità: nelle regioni dell'Italia settentrionale e centrale gli impianti installati a fine 2020 coprono, considerati insieme, solo il 3,5% della potenza complessiva nazionale. Puglia (24,2%) e Sicilia (17,7%) detengono il primato per potenza installata tra le regioni.

Quanta energia viene prodotta in Italia. Negli ultimi 15 anni la produzione di energia elettrica da fonte eolica è aumentata notevolmente, passando da 2.971 GWh nel 2006 a 18.762 GWh nel 2020. Le variazioni tra singoli anni sono generalmente da collegare alla ventosità, che varia di anno in anno. La maggior parte della produzione eolica del Paese viene realizzata, come già evidenziato, nelle regioni meridionali e insulari; nel Nord si rilevano invece valori modesti, in ragione della limitata potenza installata. Con 4.802 GWh di energia elettrica prodotta, la Puglia detiene il primato della produzione eolica (25,6%), seguita dalla Campania (3.209 GWh, 17,1%) e dalla Sicilia (2.765 GWh, 14,7%). Considerate insieme, queste tre regioni coprono il 57,4% del dato complessivo nazionale.

Scenari futuri. Secondo l'OWEMES (*Offshore Wind and other marine renewable Energy in Mediterranean and European Seas*) i futuri scenari dell'eolico indicano la Puglia come la regione con la maggiore estensione in km² utilizzabili per l'offshore (2.932 km²), seguono le Marche (2.717 km²), Sicilia (1.772 km²), Sardegna (1.270 km²), Abruzzo (952 km²), Toscana (727 km²), Emilia-Romagna (369 km²), Molise (292 km²) e Lazio (6 km²), per un totale di 11.686 km² da poter dedicare allo sviluppo eolico. Alle isole maggiori va la possibilità di contare su luoghi con una velocità del vento superiore (circa 7-8 metri al secondo) rispetto alla media degli altri siti (6-7 m/s), mentre la Puglia appare essere una delle regioni più interessate allo sviluppo di parchi marini.

Testo aggiornato ad agosto 2022