

	LICEO DEI TIGLI YOUTUBE E SITI WEB	FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI
		Classe: 5 H
		Dicembre 2021, Gennaio 2022
		PEREGO NICCOLÒ ENRICO, ORIO PIETRO MARIA, SQUELLATI MARCO

TITOLO: L'ENERGIA EOLICA

L'energia eolica è l'energia del vento, cioè l'energia cinetica di una massa d'aria in movimento. Fonte di energia alternativa a quella prodotta dalla combustione dei combustibili fossili, rinnovabile e a sostegno dell'economia, pulita, che non produce emissioni di gas serra durante il funzionamento e richiede una superficie di terra vasta, gli effetti sull'ambiente sono solitamente meno problematici rispetto a quelli provenienti da altre fonti di energia.

È una fonte mediamente stabile di anno in anno, ma con una variazione significativa su scale di tempo più brevi: l'intermittenza del vento crea raramente problemi quando essa viene utilizzata per fornire fino al 20% della domanda totale di energia elettrica, ma se la richiesta è superiore vi è necessità di particolari accorgimenti alla rete di distribuzione. Alcuni metodi per la gestione della potenza prodotta, come quello di possedere sistemi di stoccaggio, turbine geograficamente distribuite, fonti alternative, accordi di esportazione e importazione di energia per aree limitrofe o la riduzione della domanda quando la produzione eolica è bassa, possono ridurre notevolmente questi problemi. Inoltre, le previsioni del tempo consentono alla rete elettrica di essere preparata tempestivamente a seconda delle variazioni previste nella produzione.

Grandi parchi eolici sono costituiti da centinaia di singoli aerogeneratori collegati alla rete di trasmissione di energia elettrica. L'eolico off-shore è più stabile, fornisce più energia e possiede un minor impatto visivo; tuttavia, i costi di realizzazione e manutenzione sono notevolmente più alti. Piccoli impianti eolici on-shore forniscono elettricità a luoghi isolati.

Il paese a più alta generazione eolica è la Danimarca, in cui il 43,4% del consumo elettrico derivava dal vento nel 2017. Sono almeno 83 gli altri paesi del mondo che utilizzano regolarmente l'energia eolica per il fabbisogno elettrico. Nel 2017 la produzione annuale di energia eolica è cresciuta del



17%, fino a coprire il 4,4% del fabbisogno elettrico planetario, fornendo l'11,6% dell'energia elettrica nell'Unione europea.

STORIA:

L'uso del vento per fornire energia meccanica è iniziato con l'invenzione della ruota a vento progettata dall'ingegnere greco Erone di Alessandria nel I secolo; questo è il primo esempio noto di utilizzo dell'energia eolica per alimentare una macchina.

I primi mulini a vento furono in uso in Iran almeno dal IX secolo e forse già dal VII secolo. L'impiego di mulini a vento si diffuse subito dopo in tutto il Medio Oriente e nell'Asia centrale e più tardi anche in Cina e in India. A partire dal 1180 furono ampiamente utilizzati in Europa nord-occidentale per macinare la farina. I primi immigrati nel Nuovo Mondo portarono con loro queste tecnologie.

L'energia eolica veniva sfruttata per trasportare acqua o per muovere macine e tritare i cereali. In particolare, nei Paesi Bassi, era utilizzata per pompare l'acqua dei polder (che sono delle parti di terra sotto il livello del mare). Un altro esempio è costituito dai mulini che erano formati da telai in legno sui quali era fissata la tela che formava così delle vele spinte in rotazione dal vento.

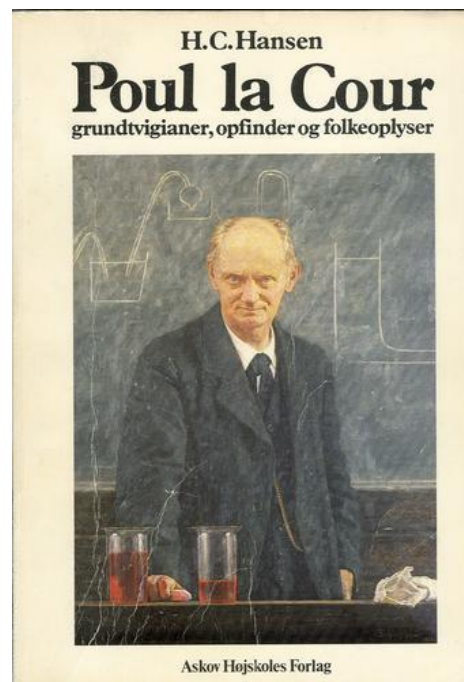
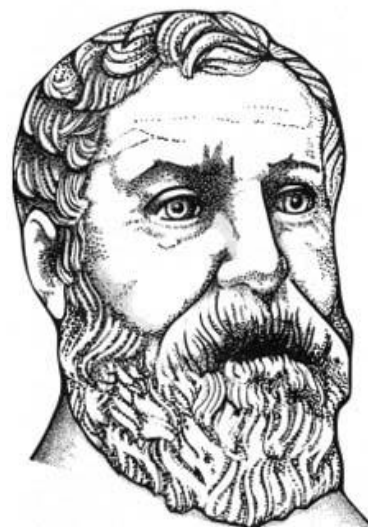
Negli Stati Uniti, lo sviluppo delle pompe a vento fu il fattore principale che permise la coltivazione e l'allevamento in vaste aree altrimenti prive di acqua facilmente accessibile.

Nel luglio del 1887 il professore James Blyth, un accademico scozzese, costruì una turbina eolica nel giardino della sua casa delle vacanze e utilizzò l'energia elettrica prodotta per ricaricare gli accumulatori che alimentavano le luci nel suo cottage. Durante l'inverno del 1887-1888 l'inventore statunitense Charles F. Brush produsse energia elettrica utilizzando un generatore alimentato dal vento che fornì la sua casa e il suo laboratorio fino al 1900.

Nel 1890 lo scienziato e inventore danese Poul la Cour costruì turbine eoliche per produrre energia elettrica, che venne poi utilizzata per la produzione di idrogeno e ossigeno per elettrolisi. Lo stesso la Cour fondò, nel 1904, la Society of Wind Electricians.

Nel 1956 Johannes Juul, un ex studente di La Cour, realizzò una turbina da 200 kW a tre pale a Gedser in Danimarca. Questo progetto influenzò il design di molte turbine successive.

Limitatamente all'uso dell'energia eolica come fonte di energia elettrica, tra il 2000 e il 2006 la capacità mondiale installata è quadruplicata. Nel 2005 la nuova potenza installata è stata di 11.000 megawatt, nel 2006 di 15.000 e nel 2007 di 20.000 megawatt. Nonostante la crisi economica, il 2008 è stato un anno record per l'energia eolica, con oltre 27.000 megawatt di nuova potenza installata in tutto il mondo. Da allora una grande crescita esponenziale ha portato ad avere già alla fine del 2008 una potenza cumulata totale di oltre 120 gigawatt, producendo elettricità pari ad oltre l'1,5% del fabbisogno mondiale di energia.



COS'E' L'ENERGIA EOLICA?

Il termine eolico deriva da Eolo, il dio dei venti nella mitologia greca.

L'energia eolica è l'energia cinetica prodotta dall'aria in movimento e solitamente prende il nome di vento. Il totale di energia eolica che fluisce attraverso una superficie immaginaria A durante il tempo t è: $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ nella quale la massa è il prodotto del volume (Area X tempo X velocità) con la densità. Si ottiene dunque che $E_c = \frac{1}{2} A t d v^3$. La potenza è l'energia per unità di tempo. Nel caso dell'energia eolica incidente su A, è: $P = \frac{1}{2} A d v^3$.

L'energia eolica in una corrente d'aria aperta è quindi proporzionale alla terza potenza della velocità del vento: la potenza disponibile aumenta quindi di otto volte se la velocità del vento raddoppia. Le turbine eoliche per la produzione di energia elettrica sono, dunque, particolarmente efficienti a una maggiore velocità del vento.

Il vento è il movimento dell'aria sulla superficie terrestre, tra zone di alta pressione e bassa pressione. La superficie della Terra è riscaldata in modo non uniforme dal Sole. Inoltre, grandi masse d'acqua, come ad esempio gli oceani si riscaldano e si raffreddano più lentamente della terra. Le differenze di temperature, quindi, generano differenze di pressione. La presenza di due punti con differente pressione atmosferica origina una forza, detta forza del gradiente di pressione o forza di gradiente, che agisce premendo sulla massa d'aria per tentare di ristabilire l'equilibrio e dunque dando luogo al fenomeno del vento. Inoltre, anche la rotazione della Terra incide sul vento in quanto, trascinando l'atmosfera intorno ad essa, causa un movimento di grosse masse d'aria). Questi effetti si combinano portando alla naturale variabilità dei venti.



La quantità totale di energia economicamente estraibile dal vento è molto maggiore rispetto a quella attualmente fornibile da tutte le altre fonti. Sono stati effettuati diversi studi per capire quanta energia potesse essere estratta utilizzando questo metodo; sebbene i risultati ottenuti siano abbastanza discordi, è indubbio il fatto che, sfruttando questa tecnologia, potrebbe essere estratta moltissima energia in modo pratico ed economicamente competitivo.

QUALI TIPOLOGIE DI EOLICO ESISTONO?

Minieolico e microeolico:

Si tratta di impianti di piccola taglia, adatti a un uso domestico o per integrare il consumo elettrico di piccole attività economiche tipicamente in modalità stand-alone, cioè sotto forma di singoli generatori, connesse poi alla rete elettrica con contributo alla cosiddetta generazione distribuita o ad impianti di accumulazione.

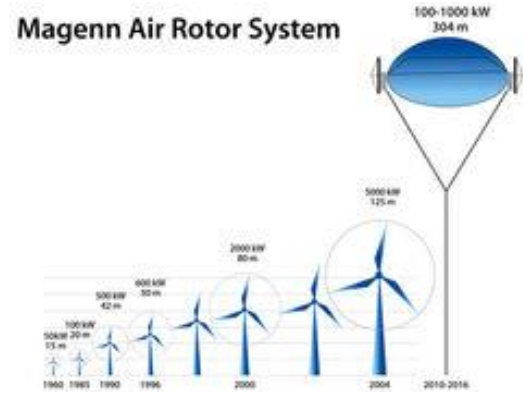


Solitamente per minieolico si intendono impianti con una potenza nominale fra 20 kW e 200 kW, mentre per microeolico si intendono impianti con potenze nominali inferiori ai 20 kW.

Per questi impianti di piccole dimensioni il prezzo di installazione risulta più elevato, in quanto il mercato di questo tipo di impianti è ancora poco sviluppato; questo è dovuto in modo prevalente alle normative che, a differenza degli impianti fotovoltaici, in quasi tutta Europa non ne sostengono la diffusione. Sono impianti adattabili, che riescono a sfruttare sia venti deboli sia forti e che riescono ad intercettare anche le raffiche improvvise di vento.

Eolico d'alta quota:

Vi sono numerosi progetti, in gran parte ancora a livello prototipale, per lo sfruttamento dell'energia eolica d'alta quota, che puntano ad una riduzione dei costi di produzione dell'energia rispetto ai sistemi eolici tradizionali. Una turbina eolica d'alta quota è una turbina eolica che è situata in aria senza una torre, beneficiando così della velocità del vento più elevata e quasi costante ad alta quota, evitando la spesa di costruzione di torri. Le sfide per un tale progetto comprendono la garanzia di avere una sospensione sicura in grado di mantenere turbine a centinaia di metri da terra a forti venti e tempeste, trasferendo la potenza generata a terra. Inoltre, potrebbero esserci delle interferenze con l'attività aviatoria.



Parchi eolici on-shore, near-shore ed off-shore:

Si definisce parco eolico un gruppo di turbine eoliche poste nelle vicinanze e utilizzate per la produzione di energia elettrica. Un grande parco eolico può essere composto da diverse centinaia di singoli generatori eolici distribuiti su una estesa superficie ma un parco eolico può anche essere localizzato in mare aperto. Quasi tutte le grandi turbine eoliche hanno lo stesso disegno: una turbina eolica ad asse orizzontale, con un rotore di bolina a tre lame, collegata a una navicella sulla cima di una torre tubolare. In un parco eolico le singole turbine sono interconnesse con una linea di media tensione (spesso 34,5 kV) e reti di comunicazione. In una sottostazione la corrente elettrica di media tensione viene poi elevata ad alta tensione con un trasformatore per poi essere immessa nella rete di distribuzione.

L'eolico on-shore è il più diffuso, e sono quei parchi eolici posti tipicamente su colline, alture o comunque in zone aperte e ventose, o comunque distanti più di 3 km dalla costa. Questi impianti coprono un range di potenze prodotte molto esteso (da 20 kW a 20 MW) e possono essere connessi sia alla rete "pubblica", sia ad una rete isolata per alimentare utilizzatori locali.

Nel caso del near-shore si tratta invece di impianti distanti meno di 3 km dalla costa, tipicamente sull'entroterra, oppure sul mare, ma con distanze che non superano i 10 km dalla costa.

Con l'espressione "eolico off-shore" si intendono gli impianti installati ad alcune miglia dalla costa di mari o laghi, per meglio utilizzare la forte esposizione alle correnti di queste zone. In Spagna, ad esempio, questa tipologia di eolico è fortemente sviluppata così come anche in Norvegia dove è presente il più grande impianto eolico off-shore al mondo, in grado di fornire 1,5 gigawatt di potenza elettrica. Anche, nel Regno Unito, ad esempio, è stata sviluppata un'estesa rete di eolico off-shore in grado di far fronte ad un largo fabbisogno energetico. Invece, in Italia, era prevista la costruzione dell'eolico in Molise, a circa tre chilometri dalla costa tra Vasto e Termoli. Il progetto è stato però bloccato nel 2007 a seguito del parere negativo della giunta regionale.



Le turbine offshore galleggianti potranno essere installate anche in siti marini molto profondi. Imitando la tecnologia delle piattaforme petrolifere, le turbine eoliche galleggianti vengono

installate in mare aperto e sfruttano i venti costieri. Il progetto usa un sistema di ancoraggio mediante cavi in acciaio ancorati al fondale, simile a quello utilizzato nelle piattaforme petrolifere.

UTILIZZO DELL'ENERGIA EOLICA E DEFINIZIONE DI ALCUNI ASPETTI:

Da un rapporto statistico, è risultata una produzione lorda di energia elettrica eolica pari a 1261,880 GWh, contribuendo con il 4,74% alla produzione di energia elettrica nel mondo. La capacità mondiale di generazione eolica è più che quadruplicata tra il 2000 e il 2006. Gli Stati Uniti hanno aperto la strada ai parchi eolici. La Cina ha iniziato l'edificazione dei suoi impianti eolici verso la fine del 2000 per poi superare nel 2010 gli Stati Uniti e diventare leader mondiale. Diversi paesi hanno già raggiunto livelli relativamente elevati, come il 28% della produzione di energia elettrica in Danimarca (2011), il 19% in Portogallo (2011), il 16% in Spagna (2011), il 14% in Irlanda (2010) e l'8% in Germania (2011). Nel 2009 l'Europa possedeva il 48% della capacità mondiale di produzione di energia eolica totale.

Efficienza:

L'efficienza massima di un impianto eolico può essere calcolata utilizzando la Legge di Betz, che mostra come l'energia massima che un generatore eolico qualunque può produrre sia il 59,3% di quella posseduta dal vento che gli passa attraverso. Tale efficienza è il massimo raggiungibile e un aerogeneratore con un'efficienza compresa tra il 40% al 50% viene considerato ottimo.

Una maggiore potenza elettrica in termini di megawatt significa grossi risparmi sui costi di produzione, ma anche pale più lunghe e visibili da grandi distanze, con un maggiore impatto ambientale sul paesaggio. Per questo motivo, nonostante la suddetta maggiore economicità ed efficienza degli impianti di grossa scala, per lo più si decide per una soluzione di compromesso tra il ritorno economico e l'impatto paesaggistico.



Penetrazione:

Per penetrazione dell'energia eolica ci si riferisce alla percentuale di energia prodotta dal vento, rispetto alla capacità totale di produzione disponibile. Gli studi hanno indicato che il 20% del consumo di energia elettrica totale annuo può essere raggiunto con minime difficoltà. Superato il 20% vi sono pochi limiti tecnici, ma le implicazioni economiche diventano più significative. Vi sono continui studi sugli effetti della penetrazione a larga scala dell'eolico per determinarne la stabilità e l'economia del sistema. Pochissime nazioni, inoltre, hanno dei livelli di penetrazione superiori al 5%. Per ottenere un ipotetico 100% annuale dall'energia eolica, sarebbe necessario un sistema di accumulo dell'energia molto esteso.

Variabilità:

La produzione di energia elettrica, tramite lo sfruttamento del vento, può essere altamente variabile su diverse scale temporali: oraria, giornaliera o stagionale. Variazioni annuali possono anche verificarsi, ma non sono così significative. Poiché la generazione istantanea di energia elettrica e i consumi devono rimanere in equilibrio per mantenere la stabilità della rete, questa variabilità può presentare difficoltà considerevoli per integrare grandi quantità di energia eolica in un sistema strutturato. Ad alti livelli di penetrazione, inoltre, potrebbe rendersi necessaria un aumento della complessità del sistema e il ricorso a soluzioni di stoccaggio efficaci.

L'energia eolica è molto variabile e durante i periodi di mancanza di vento essa può essere sostituita da altre fonti di alimentazione. La presenza di centrali a gas naturale, ad esempio, è in grado di sopperire alla perdita totale di energia elettrica nel caso in cui le condizioni non siano favorevoli per la produzione dal vento. Quando vi è una bassa penetrazione degli impianti eolici, questi problemi risultano minori. Al contrario nelle giornate particolarmente ventose, anche con livelli di penetrazione del 16%, la produzione di energia eolica si è dimostrata in grado di superare tutte le altre fonti di energia elettrica. Tre studi emessi nel 2009 sulla variabilità del vento nel Regno Unito concordano sul fatto che la variabilità del vento deve essere presa in considerazione, ma tuttavia ciò non rende il sistema ingestibile.

Prevedibilità e affidabilità:

Alcuni metodi di previsione vengono utilizzati per la produzione di energia eolica, ma la prevedibilità di un particolare parco eolico è comunque bassa in una breve scala temporale. Per ogni particolare generatore, vi è un 80% di probabilità che la sua produzione cambi per meno del 10% in un'ora e una probabilità del 40% che cambi più del 10% in 5 ore. Tuttavia, mentre la produzione di una singola turbina può variare notevolmente e rapidamente, più turbine collegate tra di loro su aree più grandi, la potenza media diventa meno variabile e più prevedibile.

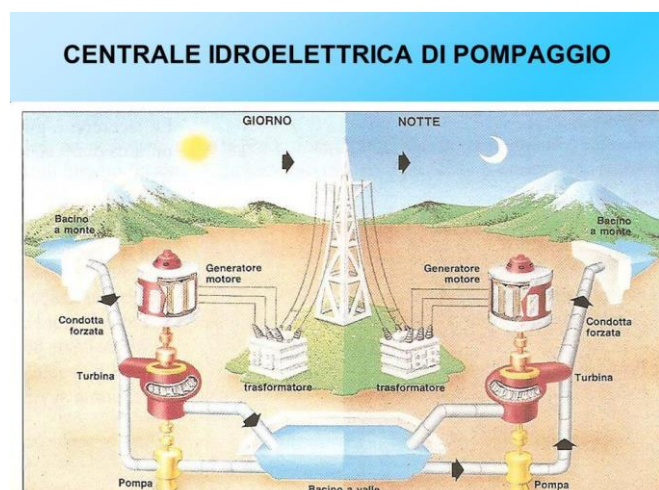
Raramente l'energia eolica soffre di guasti tecnici, dato che un malfunzionamento di un singolo aerogeneratore comporta un relativamente basso impatto sulla potenza erogata complessiva in grandi parchi eolici.

Accumulo dell'energia:

Le centrali Idroelettriche di pompaggio o altre forme di immagazzinamento dell'energia possono stoccare l'energia sviluppata in periodi particolarmente ventosi e rilasciarla quando vi è la necessità. L'immagazzinamento necessario dipende dal livello di penetrazione dell'energia eolica nel sistema: una bassa penetrazione richiede uno stoccaggio a breve termine, mentre un'alta penetrazione necessita di stoccaggio sia a breve che lungo termine, fino a un mese o più. Anche se i sistemi di pompaggio presentano solo circa il 75% di efficienza e hanno alti costi di installazione, i loro bassi costi di gestione e la capacità di ridurre la richiesta di energia da fonti combustibili possono far abbassare i costi totali di generazione elettrica. La Germania, ad esempio, sta esportando la potenza "eccessiva" nei paesi vicini. Una soluzione più pratica sarebbe l'installazione di un sistema di stoccaggio sufficiente per almeno 30 giorni in grado di fornire l'80% della domanda. Proprio come l'Unione europea che impone ai paesi membri di mantenere 90 giorni di riserve strategiche di petrolio, si può prevedere che i paesi vadano a installare sistemi di stoccaggio di energia elettrica.

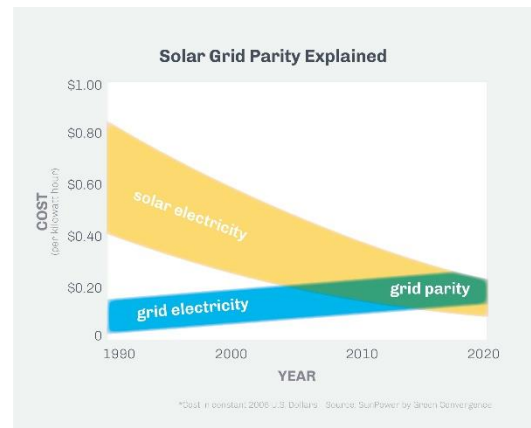
Effetti sull'ambiente:

Rispetto all'impatto ambientale delle fonti energetiche tradizionali, l'impatto dell'energia eolica è relativamente minore in termini di inquinamento. L'energia eolica non consuma carburante e non emette inquinante atmosferico, a differenza di fonti di energia fossili. L'energia consumata per produrre e trasportare i materiali utilizzati per costruire un impianto eolico è uguale alla nuova energia prodotta dall'impianto nei primi mesi. Un parco eolico può occupare una vasta area di



terreno, ma attività come l'agricoltura e l'allevamento sono compatibili, visto il piccolo ingombro dei singoli generatori. L'energia eolica ha, però un effetto elevato su alcune specie di uccelli in via di estinzione e un gruppo particolarmente vulnerabile sono i rapaci. Tuttavia, alcuni studi, in realtà, evidenziano come queste affermazioni siano del tutto tendenziose. Tuttavia, un'oculata scelta del posizionamento delle turbine eoliche può mitigare il numero dei decessi della fauna selvatica. Vi sono state anche segnalazioni di effetti negativi dovuti al rumore sulle persone che vivono molto vicino alle turbine eoliche.

Un problema dell'energia eolica è la sua bassa densità energetica il che comporta, nel caso di utilizzo su vasta scala delle tecnologie che sfruttano questa fonte energetica, il dover occupare enormi superfici. A circa a metà degli anni 2000 l'energia eolica ha raggiunto la grid parity rispetto alle altre fonti tradizionali, ovvero il punto in cui la sua produzione ha lo stesso prezzo dell'energia prodotta tramite fonti di energia tradizionali. Inoltre, i costi in continua discesa fanno supporre che l'energia eolica diventerà la fonte di energia più economica tra quelle disponibili su larga scala.



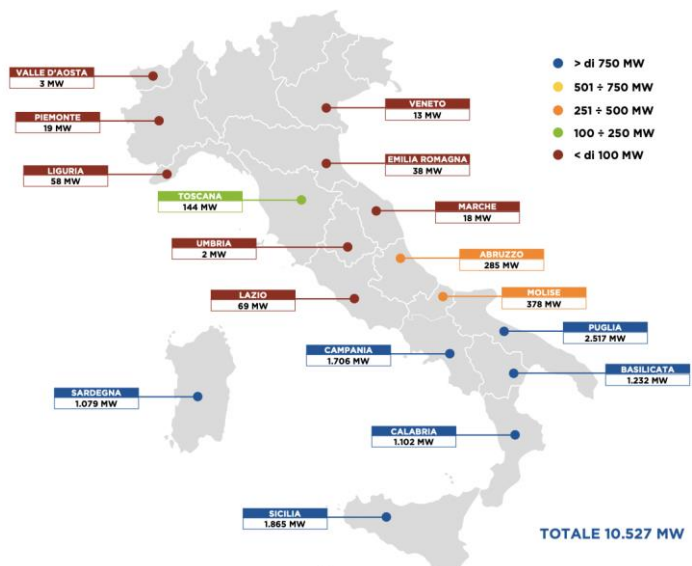
Opinione pubblica:

Indagini sull'opinione pubblica effettuati in tutta Europa e in molti altri paesi mostrano un forte sostegno per l'energia eolica. L'80% dei cittadini europei sostiene l'energia eolica. Anche se l'energia eolica è una forma popolare di generazione di energia, la costruzione di parchi eolici non è universalmente accolta, spesso per motivi estetici. Secondo un sondaggio della Consulting San effettuato nell'aprile del 2007, l'energia eolica è stata la fonte di energia alternativa con più consenso nel pubblico per lo sviluppo del Canada. Un sondaggio del 2003 effettuato su residenti scozzesi che vivono intorno a 10 parchi eolici esistenti ha dimostrato alti livelli di accettazione della comunità e un forte sostegno per l'energia eolica, soprattutto da chi viveva più vicino agli impianti.

Nonostante questo supporto generale, l'opposizione locale spesso esiste e talvolta ha ritardato o interrotto una serie di progetti. Mentre le questioni estetiche sono soggettive e alcuni trovano parchi eolici piacevoli o simboli di indipendenza energetica e di prosperità locale, gruppi di protesta si sono spesso formati per tentare di bloccare nuovi siti eolici per vari motivi.

...E IN ITALIA?

L'energia eolica in Italia appare, in questa fase, un po' sottovalutata. Nonostante il nostro Paese sia uno dei principali produttori di energia del vento a livello europeo, da diversi anni il ritmo delle nuove installazioni fatica a conoscere una accelerazione significativa. Senza dimenticare che tutti i documenti strategici di sviluppo delle energie rinnovabili in Italia sembrano privilegiare decisamente il ruolo del fotovoltaico rispetto a quello dell'eolico.



L'Italia è il quinto paese in Europa in termini di capacità eolica installata, con complessivi 10.758 MW di impianti installati nel 2019, tutti quanti on shore, cioè a terra. Al momento, invece, non è in funzione neppure 1 MW di installazioni offshore, ossia sul mare. Un'altra peculiarità tutta italiana è che la stragrande maggioranza degli impianti eolici (oltre il 90%) sono concentrati nel Sud e nelle isole, a causa della maggiore disponibilità in queste regioni di siti adeguatamente ventosi.

Negli anni, però, il ritmo di installazioni si è assestato intorno ad alcune centinaia di MW anno. Nonostante questi limiti, l'energia eolica assicura un contributo abbastanza rilevante al fabbisogno elettrico italiano, assestandosi intorno al 6% della domanda nazionale. Il 2020, però, è stato un anno piuttosto negativo: innanzitutto il lockdown ha comportato un evidente rallentamento nella realizzazione di nuovi impianti. Inoltre, la discesa della domanda nazionale di elettricità ha spinto spesso e volentieri il gestore di rete a mettere in standby gli impianti eolici, per evitare sovrapproduzioni elettriche a livello locale.

Ma quali sono le prospettive dell'eolico italiano nel medio-lungo termine? In attesa della ridefinizione del Recovery Fund, l'energia eolica italiana dovrebbe arrivare a circa 19.300 MW di capacità installata, di cui circa 900 MW dall'eolico offshore. Questa capacità garantirebbe una produzione annuale di energia elettrica pari al 10% del consumo elettrico lordo nazionale. Tale scenario, contribuirebbe anche a incrementare l'occupazione con 67.200 posti di lavoro, distribuiti in buona percentuale nel Meridione. Il DL Semplificazioni del 2020 ha introdotto strumenti come il censimento e la classificazione dei suoli per l'individuazione delle nuove aree idonee per gli impianti da energia eolica, che sono però stati bocciati dalle associazioni di categoria perché la loro approvazione rischia di richiedere diversi anni prima della loro attuazione, vanificando il raggiungimento dei target nei tempi prestabiliti. Per raggiungere gli obiettivi al 2030, dunque, serviranno con tutta probabilità degli incentivi di tipo diverso, probabilmente più semplici e accattivanti rispetto a quelli attuali. In ogni caso, l'eolico viene considerato una delle fonti di energia rinnovabile più promettente per il nostro Paese.

SITOGRAFIA:

https://web.archive.org/web/20120328113737/http://www.ivt.ntnu.no/offshore2/?page_id=266#14 sulla storia dell'eolico

<http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/pictures/lacour.htm> su Poul La Cour

https://web.archive.org/web/20090305043026/http://guide.supereva.it/energie_rinnovabili/interventi/2007/08/303688.shtml sull'eolico in Spagna

<https://www.repubblica.it/2007/03/sezioni/ambiente/eolico/eolico/eolico.html> sull'eolico in Molise

https://web.archive.org/web/20090123064830/http://www.bcp-energia.it/wind_energy_project/hywind_offshore_wind_turbine_energia_eolica.php?idH3=ProgettiRinnovabile sulle turbine off-shore galleggianti

https://web.archive.org/web/20081001205145/http://www.ceere.org/rerl/about_wind/RERL_Fact_Sheet_2a_Capacity_Factor.pdf sulla definizione di alcuni aspetti dell'eolico

https://e360.yale.edu/features/the_challenge_for_green_energy_how_to_store_excess_electricity su come immagazzinare l'energia in eccesso

<https://claverton-energy.com/wind-energy-variability-new-reports.html> sulla variabilità e l'intermittenza dell'energia eolica

https://web.archive.org/web/20051230204247/http://www.uwig.org/IEA_Report_on_variability.pdf sulla variabilità dell'energia eolica

https://canwea.ca/pdf/talkwind/Wind_Turbine_Sound_and_Health_Effects.pdf sui disturbi acustici che le pale eoliche potrebbero creare

<https://www.brunoleoni.it/op-83-una-lezione-sulla-densita-di-potenza> sulla densità di potenza dell'energia eolica

<https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/54526.pdf> sui costi dell'energia eolica

http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/press_releases/factsheet_environment2.pdf sugli impatti ambientali dell'eolico

<https://www.theguardian.com/commentisfree/2008/aug/12/windpower.alternativeenergy> sulla necessità dell'energia eolica

<https://windeurope.org/about-wind/statistics/european/wind-in-power-2017/>

<https://web.archive.org/web/20090328073721/http://www.wind-energy-the-facts.org/en/environment/chapter-6-social-acceptance-of-wind-energy-and-wind-farms/> sull'accettazione sociale dell'energia eolica

<https://www.viviennergia.it/casa/vivipedia/guida-energia/energia-eolica>

<https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-eolica>

<https://www.lumi4innovation.it/lenergia-eolica-in-italia-numeri-e-prospettive-di-crescita> per quanto riguarda l'eolico in Italia