

Conservazione dell'idrogeno: come liquido o gas compresso

Nelle applicazioni missilistiche, l'idrogeno viene immagazzinato come un **liquido**, così come l'ossigeno.

Dal momento che il punto di ebollizione dell'idrogeno di soli 20 K (-253 °C) a 1 atm è così basso, molta energia deve essere spesa per mantenere l'idrogeno liquido molto freddo, dopo che è stata usata una considerevole energia per liquefarlo. Questo inconveniente limita le applicazioni dell'idrogeno liquido a poche situazioni specializzate in cui la sua "leggerezza" (bassa densità) è il fattore più importante. Le perdite per evaporazione durante periodi di inattività e durante il rifornimento probabilmente impediscono l'uso dell'idrogeno liquido nei veicoli commerciali; tali perdite sono ridotte al minimo quando sono coinvolti grandi volumi, quindi il liquido rimane al momento la migliore opzione per lo stoccaggio.

L'idrogeno può essere immagazzinato come un **gas altamente compresso**, più o meno allo stesso modo di quello utilizzato per il metano sotto forma di gas naturale. Tuttavia, rispetto a CH₄, questo tipo di immagazzinamento ha un inconveniente: per rilasciare la stessa quantità di energia si deve immagazzinare una quantità molto maggiore di H₂ gassoso. Infatti la combustione di una mole di idrogeno consuma solo un quarto dell'ossigeno e di conseguenza genera circa un quarto di energia, anche se entrambi occupano volumi uguali sotto la stessa pressione (legge del gas ideale). Pertanto la natura "ingombrante" del gas di idrogeno limita le sue applicazioni

Tabella 8. – La densità energetica di alcuni combustibili liquidi e gassosi

| Combustibile | MJ/volume | kcal/massa |
|---------------|------------------------|----------------|
| Gasolio | 41 MJ/l | 9.799 kcal/kg |
| Benzina | 44 MJ/l | 10.031 kcal/kg |
| Alcol etilico | 22 MJ/l | 6.479 kcal/kg |
| Propano | 99 MJ/Nm ³ | 11.796 kcal/kg |
| Butano | 125 MJ/Nm ³ | 10.984 kcal/kg |
| Metano | 36 MJ/Nm ³ | 11.940 kcal/kg |
| Idrogeno | 11 MJ/Nm ³ | 28.567 kcal/kg |

Il volume è espresso in litri (l) o normal m³ (Nm³) a pressione atmosferica standard e a 15 °C.

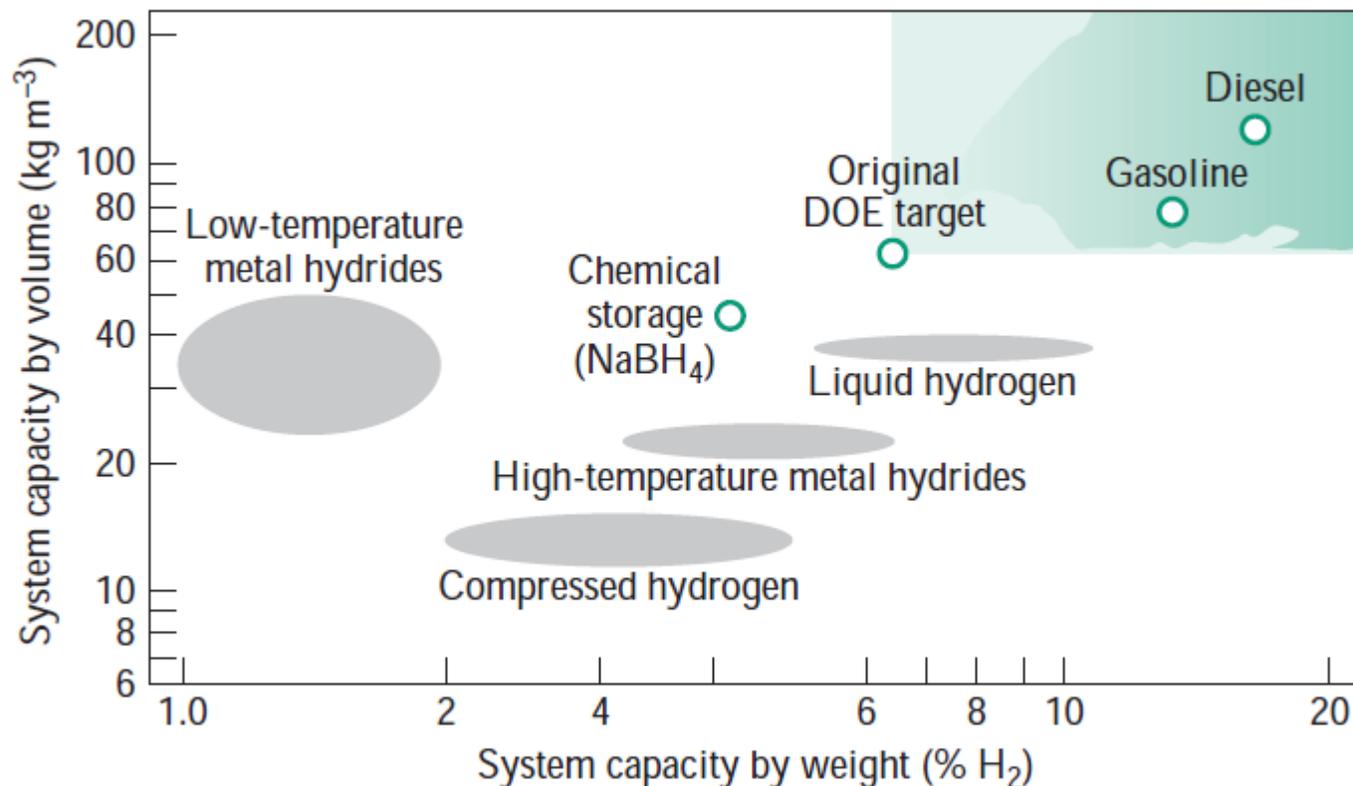
Le prestazioni dei diversi sistemi di stoccaggio dell'idrogeno sono confrontate tra loro e alla benzina e al gasolio nella figura 7-6. La massa significativa dei contenitori di memoria è inclusa nei valori per l'elemento liquefatto e compresso. L'idrogeno liquido è il più vicino ai combustibili fossili.

Idruri e altri metodi di stoccaggio chimico per idrogeno sono discussi in dettaglio di seguito. Fino ad oggi nessun sistema pratico scoperto ha raggiunto l'**obiettivo del Dipartimento di Energia degli Stati Uniti** (Figura 7-6) in termini di **combinazione di un'alta densità con un'alta percentuale del 6% di idrogeno** nella sua massa totale entro il 2010.

L'obiettivo per il 2015 di idrogeno al 9% in peso con una densità volumetrica di oltre 80 g L⁻¹ si rivelerà forse anche eccessivamente ottimistico.

Vedi oltre per un quadro aggiornato

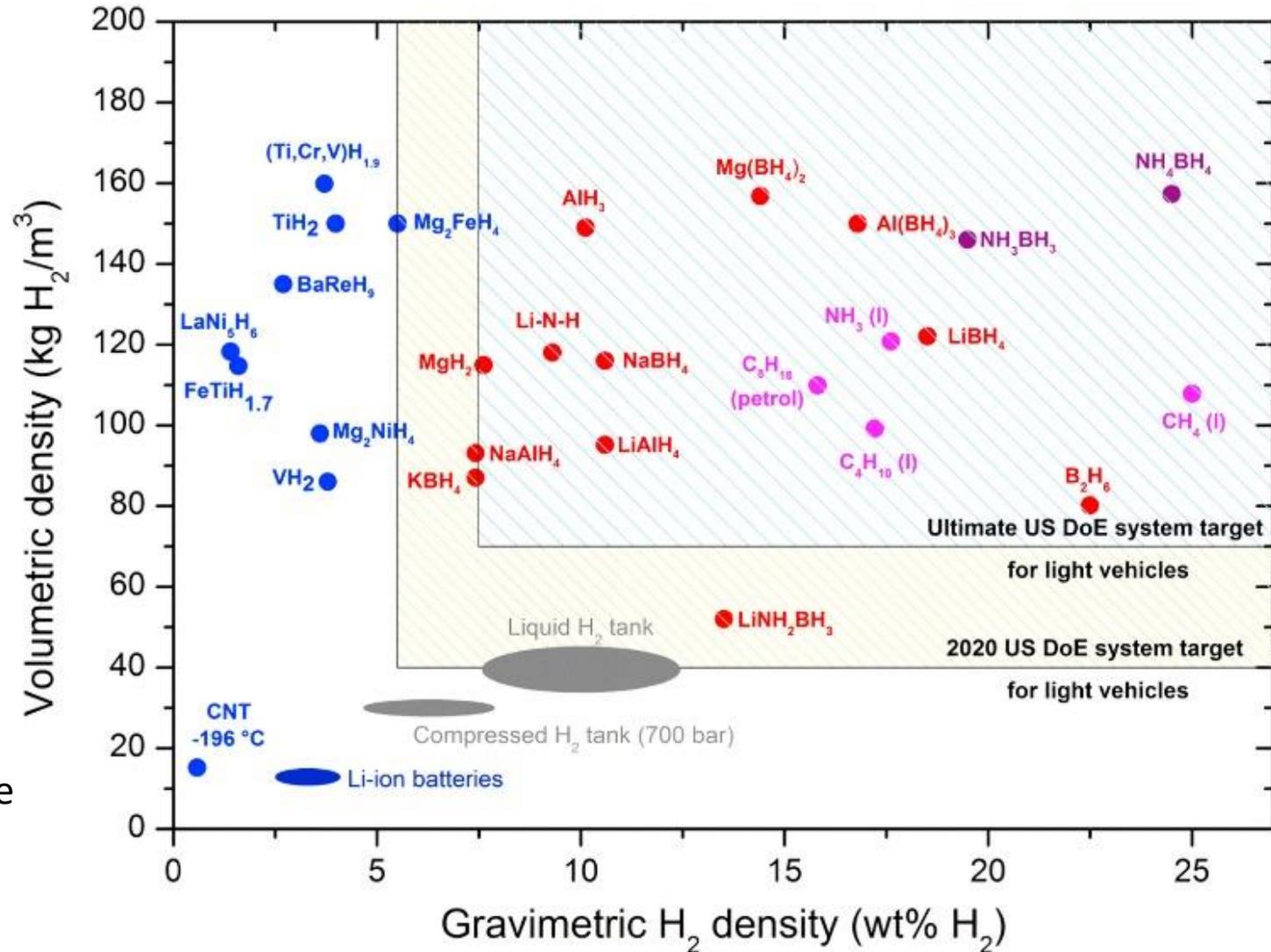
FIGURA 7.6 Efficacia di varie tecniche per l'immagazzinamento dell'idrogeno. Si noti che sia la scala orizzontale che quella verticale sono logaritmiche. [Fonte: R. F. Service, "The Hydrogen Backlash", *Science* 305 (2004): 958-961.]



Current research trends and perspectives on materials-based hydrogen storage solutions: A critical review

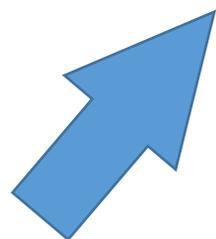
JianweiRenaNicholas M.MusyokaaHenrietta W.LangmiaMkhuluMatheaShijunLiaob

<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.195>



<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/doe-technical-targets-onboard-hydrogen-storage-light-duty-vehicles>

<http://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-sistema-energetico-italiano/01-bollettino-trimestrale-2019.pdf>



Sintesi dei contenuti

- Secondo la stima preliminare dell'ENEA, nel 2018 i **consumi di energia primaria** sono stati pari a circa 171,5 Mtep, in aumento di circa un punto percentuale rispetto al 2017. Nel corso degli ultimi quattro anni si è dunque consolidata una tendenza opposta a quella registrata nel lungo e costante periodo di riduzione dei consumi iniziato già prima della crisi economica. Nel 2018 l'aumento della domanda di energia è risultato in linea con la crescita dell'economia, dunque l'intensità energetica del PIL è rimasta sostanzialmente invariata, confermando lo stop ai cali degli anni precedenti già emersa nel 2017.
- In un'ottica di lungo periodo la correlazione registrata negli ultimi anni tra i consumi di energia e i loro principali driver sembra indicare che gli obiettivi di riduzione dei consumi individuati nel recente Piano Nazionale integrato Energia e Clima (PNEC) richiedano una forte accelerazione nel disaccoppiamento tra energia ed economia.
- L'incremento di circa 2 Mtep di energia primaria rispetto ai livelli del 2017 è imputabile all'aumento dei consumi di petrolio, fonti rinnovabili ed importazioni di energia elettrica, complessivamente cresciuti di circa 5 Mtep, e solo in parte compensati dalla minore domanda di gas e carbone. La ripresa dei consumi di petrolio e la riduzione del ricorso al gas per la generazione elettrica hanno fatto sì che nel 2018 le due fonti siano arrivate a coprire la stessa quota di energia (circa il 35%), mentre la quota di fonti fossili nel mix energetico si colloca la 75% (1,5% in meno rispetto a 2017, ma ancora due punti percentuali in più rispetto al minimo del 2013).

ENEA

Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Analisi trimestrale del SISTEMA ENERGETICO ITALIANO

Anno 2018

- Secondo le stime ENEA, i consumi finali di energia per 2018 si attestano a circa 127,5 Mtep, in aumento di circa l'1,5% rispetto al 2017. In un'ottica di più lungo periodo i consumi finali di energia sembrano essere tornati su un trend di crescita rispetto al punto di minimo raggiunto nel corso del 2014, quando erano scesi sotto la soglia dei 120 Mtep. La crescita del 2018 è imputabile fundamentalmente all'aumento dei prodotti petroliferi nel settore **trasporti**, settore nel quale nel 2018 si segnala il calo del mercato dell'auto e il peggioramento delle emissioni medie specifiche del nuovo immatricolato (114 gCO₂/Km, +1,8% sul 2017). In lieve riduzione i consumi del settore industriale, in un anno di progressivo rallentamento della produzione. Sostanzialmente stabili i consumi del settore civile, a fronte di un impulso negativo proveniente dai driver (clima e prezzi dell'energia)
- La richiesta di **energia elettrica** resta su un trend di crescita molto moderato (+0,4% nel 2018). Rispetto ai livelli massimi del 2008 la domanda risulta oggi inferiore di circa il 5%, in ripresa quindi rispetto al -9% di inizio 2015 (+1% la crescita media annua nel periodo 2015-2018). I consumi finali di energia sono cresciuti ad un ritmo tre volte superiore rispetto al più modesto aumento della domanda elettrica, dunque l'elettrificazione del sistema energetico risulta in sia pur marginale calo rispetto al 2017, appena al di sotto del 20% dei consumi finali, sostanzialmente stabile da quattro anni. Si tratta di un elemento di potenziale criticità per il raggiungimento dei target di decarbonizzazione di medio periodo.
- Nella generazione elettrica, in riduzione rispetto al 2017 (-1,8%) nonostante il marginale aumento della domanda, una variazione significativa riguarda il gas naturale, in riduzione di circa 2 Mtep sul 2017 (oltre l'8% in meno) dopo la ripresa dell'ultimo triennio, favorita tuttavia da elementi congiunturali. In aumento invece le rinnovabili elettriche, che hanno prodotto 95 TWh di energia elettrica (+12%), grazie alla ripresa della produzione idroelettrica dai livelli minimi del 2017. È però per la prima volta in calo la produzione da fonti rinnovabili intermittenti (-1,3 TWh, oltre il 3% in meno sull'anno prima), soprattutto a causa della minore produzione solare (quasi il 5% in meno).

- Secondo la stima preliminare ENEA nel 2018 le **emissioni di CO₂** del sistema energetico italiano sono state pari a circa 325 Mt, in riduzione di circa il 2% rispetto ai livelli stimati per il 2017. A determinare il calo delle emissioni sono stati i settori della trasformazione dell'energia, generazione elettrica in primis (-7%), e in misura minore i settori industriale (-2%) e civile, le cui riduzioni hanno più che compensato l'aumento delle emissioni dei trasporti.
- La traiettoria emissiva italiana al 2030 risulta divergere da quella coerente con i target europei, come declinati nel recente Piano Nazionale integrato Energia e Clima, e spostare questa traiettoria su quella target delineata nel PNEC richiede che alcune variabili chiave prendano velocemente un percorso di riduzione significativamente diverso da quello registrato nell'ultimo decennio. In particolare è in primo luogo l'intensità energetica (consumi di energia per unità di PIL) che dovrebbe collocarsi su una traiettoria decisamente più ripida di quella registrata nell'ultimo decennio: il tasso medio annuo di riduzione dell'intensità energetica dovrebbe essere più che doppio di quello registrato nell'ultimo decennio. In assenza di ciò sembrano in particolare di notevole complessità gli obiettivi di riduzione delle emissioni dei settori non-ETS.
- Le diverse questioni che riguardano il sistema energetico italiano sono sintetizzate dall'indice sintetico della transizione energetica **ISPRED** elaborato dall'ENEA, che nel 2018 presenta un nuovo significativo peggioramento rispetto all'anno precedente (-8%). Si tratta del quarto peggioramento consecutivo su base annuale dopo il massimo raggiunto nel 2014. L'analisi dell'evoluzione temporale degli indicatori che contribuiscono a comporre l'indice ISPRED consolida la conclusione che l'obiettivo di uno sviluppo equilibrato e sinergico delle diverse componenti del trilemma energetico sembra lontana dal realizzarsi. Continuano invece a susseguirsi fasi nelle quali il miglioramento su un aspetto si accompagna al peggioramento su altri. L'analisi evidenzia infatti la significatività di relazioni di trade-off tra le tre dimensioni.
- Come nei precedenti tre anni il peggioramento dell'ISPRED è in primo luogo ascrivibile alla dimensione **decarbonizzazione**. Sebbene nel corso dell'anno si siano registrati segnali positivi, che hanno portato a una ripresa del percorso di riduzione delle emissioni di CO₂, in disaccoppiamento con i consumi di energia, gli indicatori relativi alle emissioni di CO₂ riflettono il fatto che la distanza fra le emissioni stimate a fine 2018 e quelle corrispondenti alla traiettoria coerente con gli obiettivi 2030 è sui massimi dell'ultimo decennio, particolarmente nel caso delle emissioni dei settori non-ETS (trasporti, civile e industria non energivora). A questo si aggiunge un peggioramento marcato anche dell'indice relativo alle fonti rinnovabili, che se continuassero a seguire la traiettoria degli ultimi anni si fermerebbero ben al di sotto del 30%, obiettivo fissato per il 2030 nel recente PNEC. Tra l'altro, secondo la stima preliminare ENEA, a fine 2018 la quota di fonti energetiche rinnovabili (FER) sui consumi finali dovrebbe risultare pari a circa il 18%, sui livelli dell'anno precedente e perfino con una buona probabilità di una marginale riduzione.

- Complessivamente la dimensione **sicurezza** dell'ISPRED presenta una variazione minima rispetto al 2017, ma con variazioni differenziate tra i diversi mercati e segmenti della *supply chain*. Nel **sistema petrolifero e della raffinazione** la ripresa dei consumi ha determinato una lieve risalita del peso del petrolio nel sistema energetico, con importazioni nette costanti al 95%, ma con una diversificazione che resta molto elevata e in un contesto di mercato globale del petrolio nel quale continua ad aumentare il ruolo della produzione dei Paesi OECD. Si segnalano invece i peggioramenti degli indicatori relativi al rapporto tra produzione interna e consumo di gasolio, che continua la sua discesa verso la parità, e dei margini di raffinazione, penalizzati per buona parte dell'anno dagli aumenti del greggio, ma che pure sono diminuiti più che altrove. Nell'anno è sceso anche il tasso di utilizzo degli impianti di raffinazione, che si è collocato stabilmente intorno al 78%, come nella prima metà del 2017, quando però l'utilizzo era poi salito nella seconda metà fino all'85%, corrispondente ai massimi decennali. Anche la media 2018 resta dunque relativamente elevata se valutata in un'ottica di medio periodo.
- Gli indicatori relativi al sistema del **gas naturale** sono in complessivo miglioramento, perché il calo dei consumi ha comportato anche a livello giornaliero un più elevato margine di capacità rispetto al picco di domanda, sebbene la disponibilità solo parziale dell'interconnessione con il Nord Europa abbia fatto divenire problematico il rispetto della regola N-1. Il ruolo sempre più dominante del gas russo ha portato in alcuni periodi dell'anno a una significativa riduzione della diversificazione degli approvvigionamenti, ma nell'ultimo trimestre il mutato scenario del mercato internazionale ha portato a un forte aumento degli arrivi di gas naturale liquefatto (GNL). Pur restando su livelli decisamente elevati (1,7 €/MWh) si è inoltre ridotto il differenziale tra il prezzo all'ingrosso italiano (PSV) e quello del principale hub europeo (TTF), che peraltro nel 2017 era stato sui massimi dal 2012.
- Nel **sistema elettrico** il ritorno alla media sia dell'idraulicità sia delle importazioni, insieme alla sostanziale stagnazione della domanda, hanno determinato un miglioramento nel margine di riserva alla punta, che nelle ore più critiche dell'anno è comunque rimasto intorno al 30%. Sia la penetrazione oraria massima sia la variabilità delle fonti intermittenti sono rimaste al di sotto del dato 2017, allentando alcune loro implicazioni per la gestione in sicurezza del sistema. Il forte aumento del prezzo del gas per la gran parte dell'anno, insieme alla riduzione del peso della generazione termoelettrica sul mercato, di quella a gas in particolare, ha portato al peggioramento della redditività di questi impianti, con un calo del 53% del *clean spark spread* (a 5,4 €/MWh).
- Sul fronte dei **prezzi dell'energia** il 2018 è stato un anno negativo. Nell'anno si sono progressivamente riversati sui prezzi al dettaglio i rialzi dei prezzi di petrolio e gas naturale registrati fino a settembre, mentre i cali successivi non sono ancora arrivati ai prezzi al dettaglio. Anche al netto di questi ultimi cali il prezzo medio annuo di petrolio e gas naturale è comunque risultato in media d'anno in significativo aumento (+30% circa per entrambi). Nel caso dei prezzi dell'energia elettrica per le utenze industriali piccole e medie gli aumenti del prezzo nel 2018 sono stati pari all'8-13%, mentre per le utenze di dimensioni maggiori si possono stimare aumenti molto più contenuti, anche grazie agli sgravi fiscali in favore degli energivori. Per quanto riguarda i prezzi dell'elettricità per gli utenti domestici, come registrato dall'indice dei prezzi al consumo armonizzato Istat (IPCA), il 2018 segnala un certo aumento (+4,5%), a fronte di un pur ridotto tasso d'inflazione (+1,2%). Per il gas naturale, l'aumento del prezzo nel 2018 per l'utente non domestico (classificabile nella fascia di consumo 1.000-10.000 GJ per anno) si può stimare pari al 21%. Per quello che riguarda i prezzi al consumo del gas per le utenze domestiche (IPCA), si segnala altresì un aumento pari al 5,6%, piuttosto elevato se letto alla luce del trend più recente.

- Nel confronto internazionale, in ordine al gas naturale, nei primi nove mesi del 2018 l'Italia conosce un livello di prezzo praticato alle utenze industriali (nella fascia di consumo 27.780 - 277.800 MWh/a) in linea con la media dell'Unione Europea (2,38 c€/kWh, contro una media UE 28 di 2,42). Molto più problematico il confronto internazionale relativo ai prezzi all'ingrosso dell'energia elettrica, che nel 2018 nell'Unione vede l'Italia in posizione più competitiva solo rispetto ad Irlanda e Gran Bretagna, altri Paesi a notevole dipendenza dal gas naturale in termini di generazione elettrica.
- Queste dinamiche si sono inevitabilmente riflesse nella dimensione prezzi dell'ISPRED, che è anch'essa in peggioramento, ma temperato dal miglioramento dei prezzi dell'elettricità per i consumatori industriali con consumi elevati, che nel confronto con il 2017 hanno beneficiato della riforma che introdotto gli sgravi degli oneri di sistema per i consumatori energivori. Peggiorano invece significativamente gli indicatori relativi ai prezzi dell'energia elettrica per gli altri utenti. I prezzi per i clienti domestici sono infatti sui massimi dell'ultimo decennio, mentre quelli dei piccoli consumatori non domestici sono tornanti sui livelli di cinque anni fa, oltre a rimanere i più elevati dell'UE. In peggioramento anche gli indicatori relativi ai prezzi del gas naturale, per tutte le fasce di consumo, sebbene in questo caso nel confronto con gli altri Paesi i prezzi italiani siano più in linea con gli altri Paesi europei.
- Anche i prezzi al consumo del gasolio sono aumentati nel corso 2018 (+8% rispetto al 2017). Anche in questo caso si segnala un aumento leggermente inferiore a quello dei prezzi medi europei, cosicché il prezzo italiano è ora il secondo più alto dell'UE-28, di poco inferiore a quello svedese. Dietro a questo miglioramento vi è il fatto che il prezzo industriale del gasolio (al netto delle tasse) è tornato al di sotto della media UE-28, cosa che non accadeva dal 2016.
- I dati sul **commercio internazionale** di prodotti e tecnologie legate alla transizione energetica collocano l'Italia in posizione complessivamente non positiva, pur tra luci ed ombre. In particolar modo, la posizione italiana dal lato della mobilità low-carbon (veicoli elettrici, veicoli ibridi, accumulatori agli ioni di litio) sembra caratterizzata da una forte dipendenza dall'estero, con saldi commerciali negativi, secondo un trend sempre più accentuato. Buona la posizione per il solare termico e per l'eolico. Per il fotovoltaico il saldo commerciale nel 2018 è leggermente negativo, ma è da segnalare l'evidenza di una buona performance verso i Paesi extra-UE. In particolare, emerge una certa specializzazione dell'export italiano in favore degli USA (93% dell'export totale, dato 2017, rispetto al quale il 2018 pare sostanzialmente in linea).



Home > Approfondimenti

[Archivio editoriali](#)

[Archivio news 2019](#)

[Archivio news 2018](#)

[Archivio news 2017](#)

[Archivio news 2016](#)

[Archivio news 2015](#)

[Archivio news 2014](#)

[Archivio news 2013](#)

[Archivio news 2012](#)

[Archivio news 2011](#)

[Archivio news 2010](#)

[Archivio news 2009](#)

Approfondimenti

5 Aprile 2019

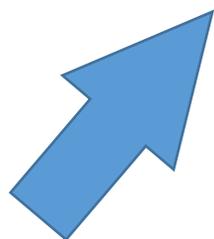
ENEA: la transizione energetica italiana è ferma

(Filippo Franchetto)

Gli obiettivi di riduzione dei consumi (e delle emissioni) individuati nel recente Piano Nazionale integrato Energia e Clima (PNEC), in linea con i target europei al 2030, richiedono una forte accelerazione nel disaccoppiamento tra energia ed economia.

I dati riportati nella **prima analisi trimestrale 2019 del sistema energetico**, elaborata dall'ENEA, mostrano come nel 2018 la domanda di energia in Italia sia risultata in linea con la crescita dell'economia; in altre parole, **l'intensità energetica** (consumi di energia per unità di PIL) è rimasta sostanzialmente **invariata**, confermando lo stop ai cali registrati negli anni precedenti al 2017. E anche i **consumi finali di energia** sembrano essere tornati su un trend di **crescita** rispetto al punto minimo raggiunto nel corso del 2014, soprattutto per l'aumento della domanda di prodotti petroliferi nel settore trasporti.

<https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-sistema-energetico-italiano/01-analisi-trimestrale-2020.pdf/view>



Sintesi dei contenuti



- Secondo la stima preliminare dell'ENEA, nel 2018 i **consumi di energia primaria** sono stati pari a circa 171,5 Mtep, in aumento di circa un punto percentuale rispetto al 2017. Nel corso degli ultimi quattro anni si è dunque consolidata una tendenza opposta a quella registrata nel lungo e costante periodo di riduzione dei consumi iniziato già prima della crisi economica. Nel 2018 l'aumento della domanda di energia è risultato in linea con la crescita dell'economia, dunque l'intensità energetica del PIL è rimasta sostanzialmente invariata, confermando lo stop ai cali degli anni precedenti già emersa nel 2017.
- In un'ottica di lungo periodo la correlazione registrata negli ultimi anni tra i consumi di energia e i loro principali driver sembra indicare che gli obiettivi di riduzione dei consumi individuati nel recente Piano Nazionale integrato Energia e Clima (PNEC) richiedano una forte accelerazione nel disaccoppiamento tra energia ed economia.
- L'incremento di circa 2 Mtep di energia primaria rispetto ai livelli del 2017 è imputabile all'aumento dei consumi di petrolio, fonti rinnovabili ed importazioni di energia elettrica, complessivamente cresciuti di circa 5 Mtep, e solo in parte compensati dalla minore domanda di gas e carbone. La ripresa dei consumi di petrolio e la riduzione del ricorso al gas per la generazione elettrica hanno fatto sì che nel 2018 le due fonti siano arrivate a coprire la stessa quota di energia (circa il 35%), mentre la quota di fonti fossili nel mix energetico si colloca la 75% (1,5% in meno rispetto a 2017, ma ancora due punti percentuali in più rispetto al minimo del 2013).

Sintesi dei contenuti

Dalla pandemia un impatto senza precedenti sul sistema economico globale e nazionale

All'inizio del 2020 la pandemia legata al Covid-19 ha travolto il sistema economico globale in una misura e con una velocità senza precedenti. Se ancora a gennaio il Fondo Monetario Internazionale stimava per il 2020 una crescita globale di poco superiore al 3%, è poi passato a prevedere una recessione che "non ha precedenti", con una contrazione del 3% per l'anno in corso, incomparabile con quella legata alla crisi finanziaria del 2009, quando la flessione fu dello 0,1%. La caduta del PIL è inoltre prevista particolarmente marcata nell'Eurozona (-7,5%). Nel caso dell'Italia, che è stato il primo dei Paesi occidentali ad essere colpito dall'epidemia, nel I trimestre dell'anno il PIL si sarebbe ridotto di circa il 5% sul trimestre precedente, pressoché interamente per la fermata delle attività produttive non essenziali a marzo, che si stima abbia ridotto la produzione industriale di almeno il 15% sul mese precedente, il più forte calo mensile dal 1960. Il secondo trimestre dell'anno dovrebbe subire gli effetti del blocco in misura ancora maggiore, per cui nell'insieme del primo semestre del 2020 il PIL si ridurrebbe di circa il 15%, un calo "di intensità eccezionale, mai registrato nella storia della Repubblica" (Upb, 2020).

Effetti dirompenti sul sistema energetico globale

Questo shock macroeconomico e sociale ha già iniziato a produrre effetti dirompenti sul sistema energetico globale e sui mercati dell'energia. La domanda globale di petrolio, che a gennaio veniva prevista in crescita dell'1% nel 2020, è stimata ad aprile in calo di quasi 30 milioni di barili/giorno, un calo che non ha precedenti, e nell'ipotesi di un graduale ritorno alla normalità a partire da maggio a fine anno dovrebbe presentare il calo più forte mai registrato su base annua (-10% circa, contro il -7% del 2009). L'eccesso di offerta ha subito determinato un crollo del prezzo del petrolio, che ancora a gennaio era previsto per il 2020 stabile intorno ai 70 \$/bbl (Brant dated) e a metà aprile è sceso al di sotto dei 20 \$/bbl, livelli non più toccati dalla fine del secolo scorso. Ai minimi storici è precipitato anche il prezzo del gas.

Fonti di energia rinnovabili

L'energia rinnovabile è l'energia che viene raccolta da *risorse rinnovabili*, che sono naturalmente reintegrate in *una scala temporale umana*, come la luce solare, il vento, la pioggia, le maree, le onde ed il calore geotermico.

Forme di energia solare indiretta: energia idroelettrica

energia eolica

energia dalle maree e dalle onde

Energia geotermica

Energia solare diretta:

energia fotovoltaica

concentratori termici

(Energia da biomasse)

- Dal testo Baird-Cann «Chimica Ambientale»

Un problema comune delle fonti di energia solare, eolica, delle onde e delle maree è la loro variabilità nell'arco di brevi periodi di tempo e la totale indisponibilità, per ore o giorni. Discuteremo quindi anche la conseguente necessità

<http://www.ilsole24ore.com/art/commenti-e-idee/2018-04-17/le-due-facce-dell-italia-rinnovabili-174929.shtml?uuid=AENpl8ZE>

Lato A: l'Italia è ancora tra [i Paesi più forti nell'energia rinnovabile](#) con aziende che fanno scuola nel mondo.

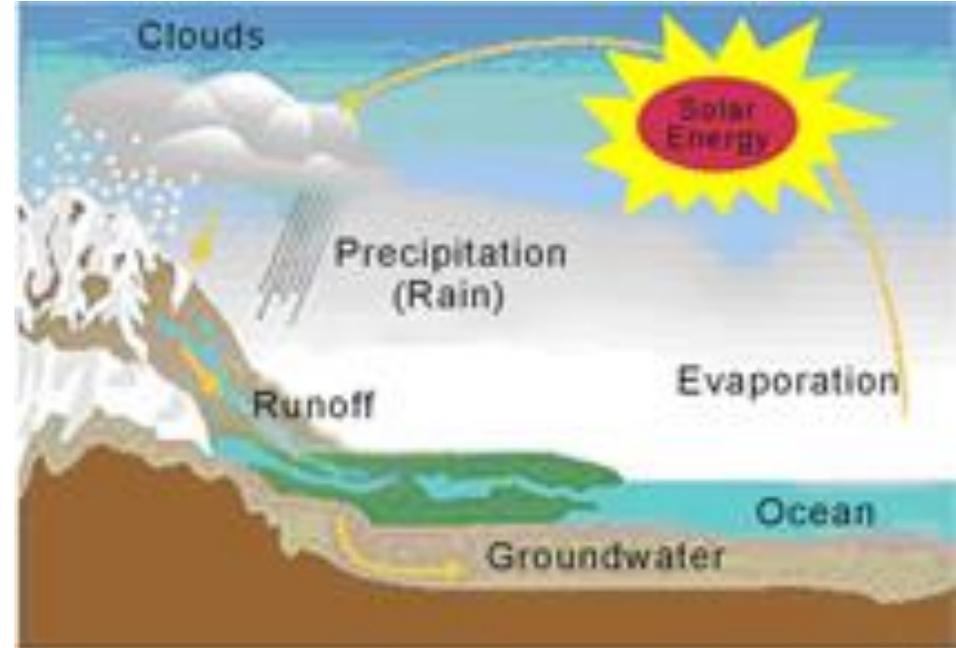
Lato B: gli investimenti italiani in energia **rinnovabile** si rivolgono quasi tutti all'estero, mentre in Italia le centrali elettriche invecchiano e si avvicinano all'età della pensione, centrali termoelettriche comprese. Il nuovo **rapporto Irex**, decima edizione, è stato presentato a Roma e secondo gli analisti dell'Althesys guidati dall'economista Alessandro Marangoni in Italia nel 2017 c'è stato un raddoppio impressionante degli investimenti in energia pulita. I numeri del raddoppio: 13,5 miliardi di euro pari alla potenza di 13.400 megawatt contro i 6.800 megawatt di nuovi investimenti del 2016.

L'energia idroelettrica

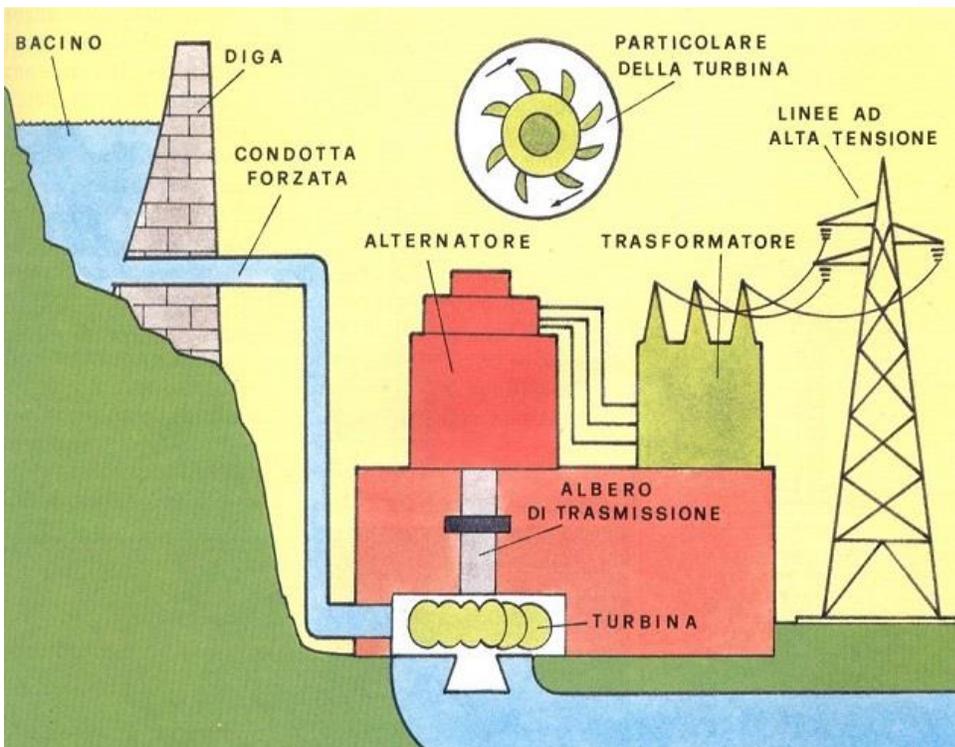
8.1 Uso potenziale e impiego

Di tutte le forme di energia rinnovabile, quella idroelettrica è di gran lunga la più importante, con una capacità installata di circa 1000 GW. Nel mondo costituisce circa l'80% di tutta l'energia rinnovabile (a esclusione di quella basata sulla biomassa), circa il 16% della capacità elettrica globale e circa il 3% dell'energia commerciale globale. Sebbene in alcune aree la sua disponibilità dipenda dai quadri stagionali delle precipitazioni, in generale l'energia idroelettrica rappresenta una risorsa più affidabile dell'energia solare o eolica.

L'energia idroelettrica è una forma indiretta di energia solare. Nel ciclo idrologico, l'energia del Sole fa evaporare acqua dagli oceani, dai laghi, dai fiumi e dal terreno e attraverso il vento trasporta le molecole di H_2O verso l'alto nell'atmosfera. Dopo che si sono condensate in gocce d'acqua, queste molecole possiedono ancora una quantità considerevole di energia potenziale dovuta all'alta quota, solo una porzione della quale viene dissipata se cadono su un terreno o su di uno specchio d'acqua al di sopra del livello del mare. È possibile intrappolare una parte dell'energia potenziale residua di quest'acqua facendo sì che, scorrendo verso il basso, faccia ruotare le turbine per la produzione di elettricità.



- Dighe e cascate
(impatto ambientale)
- Volume d'acqua e altezza

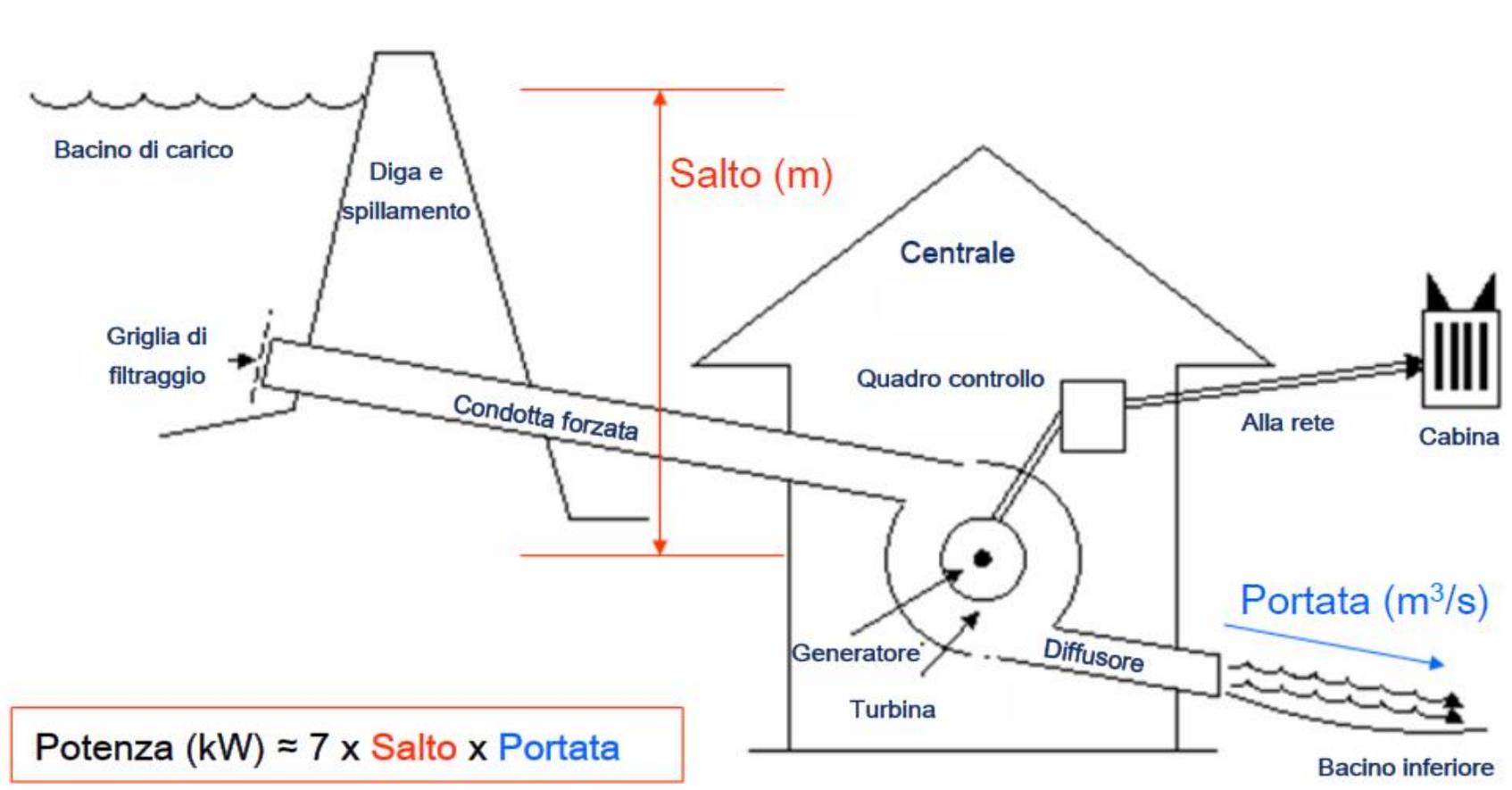


Sebbene esistano piccoli impianti idroelettrici che utilizzano il corso di un fiume, la maggior parte dei grandi impianti utilizza dighe e cascate, dove la pressione dell'acqua – e con essa la resa in termini di potenza – è molto maggiore. In particolare, l'energia trasmessa a una turbina dall'acqua in caduta è direttamente proporzionale non solo al volume dell'acqua ma anche dall'altezza da cui essa cade. Per questa ragione i nuovi progetti idroelettrici di solito prevedono la costruzione di un'alta diga lungo il corso di un fiume. In questo modo l'acqua si raccoglie dietro alla diga elevandola a un'altezza considerevole; l'acqua cade quindi per una certa distanza prima di incontrare le turbine posizionate in basso. Allo stesso tempo, la raccolta dell'acqua dietro alla diga allaga vaste aree di terra, creando un lago e una serie di problemi ambientali che verranno trattati in seguito.

L'energia idroelettrica è una risorsa diffusa. Se fossero sfruttate tutte le fonti idroelettriche mondiali la quantità totale di energia ottenuta sarebbe di circa 100 EJ all'anno, ma al momento viene ottenuto circa il 20% di questo valore. La maggior parte dei siti nei paesi sviluppati che richiedono poche modifiche per essere usati a tale scopo e che si trovano a distanza ragionevole dai centri abitati che utilizzano quantità considerevoli di energia elettrica sono già stati sfruttati. Per esempio, circa il 75% degli impianti praticabili in Europa sono in corso di sfruttamento.

Tuttavia, esistono numerosi sistemi fluviali in molti paesi in via di sviluppo – specialmente in Africa, Sud America e Asia – dove, attraverso la costruzione di dighe, stanno sviluppando considerevoli fonti di energia idroelettrica di nuova realizzazione. Un esempio è la diga di Merowe nel Sudan settentrionale, situata sul Nilo. Globalmente sono in corso di costruzione installazioni per oltre 100 GW di capacità idroelettrica.

1 Hexajoule = 10^{18} J (un quintilione di J)

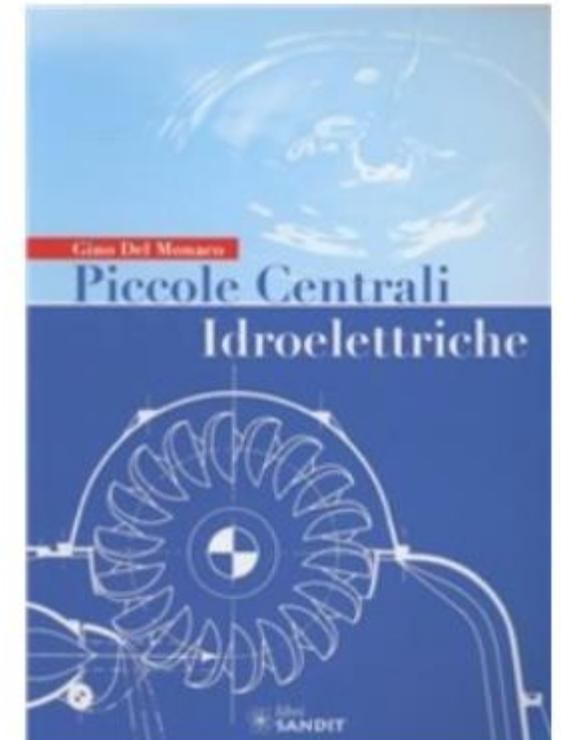


http://www.agorascienza.it/application/files/2414/9908/8299/A_en_mini-hydro_Allamano.pdf

...rica. Il costo di costruzione va da 1 a 5 miliardi di dollari per megawatt di capacità seconda delle dimensioni e del sito di costruzione. Le modificazioni dei quadri delle precipitazioni e lo scioglimento dei ghiacciai prodotti dal cambiamento climatico potrebbero ridurre in futuro il potenziale di energia idroelettrica in alcune regioni.

Small Hydro o «Mini idroelettrico»

Il piccolo **idroelettrico** può essere ulteriormente suddiviso in sub classifiche: **mini idroelettrico**, per impianti di meno di 15 MW di potenza; **micro idroelettrico**, che comprende impianti di potenza inferiore ai 100 kW; **pico idroelettrico**, che comprende impianti di potenza inferiore a 5 kW, con utilizzi di salti di ...



12 Problemi ambientali

Sebbene di solito si pensi all'energia idroelettrica come a una risorsa non inquinante, vi sono dei costi ambientali e sociali associati a essa, specialmente quelli relativi alla creazione dei bacini contenuti dalle dighe. I più importanti di questi costi comprendono:

- **la necessità di spostare le popolazioni umane** dalle terre allagate per la creazione di bacini idroelettrici;
- **l'eutrofizzazione dell'acqua dei bacini;**
- **il rilascio di gas serra**, in particolare metano, dalle aree allagate;
- **il rilascio di mercurio** nell'acqua del bacino e, conseguentemente, nei pesci che vivono nell'acqua e nelle popolazioni umane che se ne cibano; questo argomento è discusso in maggiore dettaglio nel Caso di studio *Mercury Pollution and the James Bay Hydroelectric Project (Canada)* [Inquinamento da mercurio e progetto idroelettrico alla James Bay (Canada)] nel sito web e nel Capitolo 12;
- **la devastazione della fauna ittica**, come quella dei salmoni, a causa dell'interruzione delle loro rotte migratorie dovuta alle dighe;
- **l'accumulo di limo dietro alle dighe**, con il conseguente ridotto trasporto nelle aree a valle.

Il progetto idroelettrico più grande al mondo è la *diga delle Tre gole* a 26 turbine in Cina, completata nel 2009, che fornisce 18 MW di energia – l'equivalente di cinque grandi centrali elettriche a carbone – ed è costata 25 miliardi di dollari. Sebbene siano dovute spostare oltre un milione di persone che vivevano in quell'area, la diga controlla anche l'esondazione del fiume Yangtze, salvando così migliaia di vite.

L'espansione di terreno paludoso successiva all'allagamento deliberato di ampie aree per produrre un bacino d'acqua esteso e profondo generalmente crea un lungo lago che copre centinaia o anche migliaia di chilometri quadrati; per esempio la diga delle Tre gole ha prodotto un lago lungo 660 km. In questi laghi l'acqua profonda è di solito anaerobia, specialmente se il terreno allagato non è stato prima liberato dalla vegetazione. La decomposizione anaerobia degli alberi, dei cespugli, ecc. presenti sul terreno produce in volumi quasi uguali biossido di carbonio e metano che dalla superficie dell'acqua entrano nell'atmosfera. L'emissione, specialmente di metano, da questi bacini è significativa, dato che si tratta di un gas ancora così pericoloso.

I bacini piccoli e profondi producono ed emettono molto meno metano di quelli poco profondi che contengono grandi aree di biomassa allagata, come quelli sul Rio delle Amazzoni brasiliano. Come indicato nel Paragrafo 5.14, il riscaldamento globale combinato del metano e del biossido di carbonio prodotti da un bacino poco profondo creato per generare energia idroelettrica può superare per molti anni quello che

sarebbe stato prodotto dal biossido di carbonio emesso da una centrale elettrica a carbone di pari potenza.



Earth-Science Reviews

Volume 124, September 2013, Pages 115-125



Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions

Xibao Xu ^a, Yan Tan ^b, Guishan Yang ^a

[Show more](#)

<https://doi.org/10.1016/j.earscirew.2013.05.007>

[Get rights and content](#)

Recommended articles

 [EMergy accounting for the Three Gorges Dam ...](#)
Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 4, 201...

 [Download PDF](#)

[View details](#)

 [The Three Gorges Project: How sustainable?](#)

Journal of Hydrology, Volumes 460–461, 2012, pp. 1-12

 [Purchase PDF](#)

[View details](#)

 [Impacts of China's Three Gorges Dam Project o...](#)

Science of The Total Environment, Volume 409, Issue 2...

 [Purchase PDF](#)

[View details](#)

Anche dopo che la vegetazione originale si è decomposta, le nuove piante cresciute sulle sponde del lago durante la stagione secca, quando i livelli dell'acqua scendono, vengono in seguito inghiottite dall'acqua quando i livelli nella stagione umida si innalzano di nuovo; in questo modo anch'esse si decompongono, rilasciando metano. In alcune nuove dighe, l'acqua presente a livelli diversi viene mischiata e lasciata, riducendo al minimo il problema costituito dalle masse di acqua anaerobica situate alle profondità minori.



Earth-Science Reviews

Volume 124, September 2013, Pages 115-125



Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions

Xibao Xu ^a, R. Q. Yan ^a, Yan Tan ^b, Guishan Yang ^a & Q. Q.

[Show more](#)

<https://doi.org/10.1016/j.earscirew.2013.05.007>

[Get rights and content](#)

Recommended articles

[EMergy accounting for the Three Gorges Dam ...
Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 4, 201...](#)

[Download PDF](#)

[View details](#)

[The Three Gorges Project: How sustainable?](#)

[Journal of Hydrology, Volumes 460–461, 2012, pp. 1-12
Purchase PDF](#)

[Purchase PDF](#)

[View details](#)

[Impacts of China's Three Gorges Dam Project on...](#)

[Science of The Total Environment, Volume 409, Issue 2...](#)

[Purchase PDF](#)

[View details](#)

L'energia eolica

8.3 Introduzione

I venti sono flussi d'aria prodotti dalla tendenza delle masse d'aria soggette a riscaldamento diverso, e che pertanto hanno sviluppato pressioni differenti, a unifor

mare tali pressioni. L'aria naturalmente scorre dalle regioni ad alta pressione a quelle a bassa pressione. Il riscaldamento dell'aria è il risultato diretto o indiretto del assorbimento della luce solare; in effetti, circa l'1-2% dell'energia solare ricevuta sulla Terra viene trasformata in energia dei venti. Gran parte di questa energia solare diretta è potenzialmente disponibile come **energia eolica**, sebbene al momento è sfruttata solo lo 0,05%.

Le aree polari ricevono meno luce solare – e quindi meno calore – rispetto a quelle tropicali. Per ridurre la risultante differenza di temperatura fra le regioni tropicali e quelle polari, nell'atmosfera si manifestano i venti come accade per le correnti nell'oceano. L'aria e l'acqua calde vengono trasportate verso i poli, mentre l'aria e l'acqua fredde vengono trasportate nella direzione opposta, verso l'equatore. Tuttavia, questi flussi non seguono traiettorie semplici a causa di fattori come il moto rotatorio della Terra intorno al suo asse e l'effetto prodotto dai terreni da essi attraversati.

La forza del vento può essere sfruttata come potenza motrice o per generazione elettrica nello stesso modo in cui la forza di un flusso d'acqua viene usata nelle centrali idroelettriche. Storicamente, i forti e sostenuti venti degli stati centrali dell'America del nord sono stati sfruttati dai mulini a vento utilizzati fino al XIX secolo per pompare acqua e, in seguito, per generare piccole quantità di elettricità in singole fattorie. I mulini a vento erano già in uso in Europa – specialmente in Olanda – da secoli, dopo che erano stati inventati in Persia più di mille anni fa.

8.4 Energia eolica su vasta scala

Negli ultimi decenni, è stata sviluppata la produzione su larga scala di elettricità da parte di enormi mulini a vento ad alta tecnologia raccolti in "fattorie del vento". Attualmente l'energia eolica è la fonte di energia in maggior crescita al mondo, sia in termini di capacità installata (sebbene non in termini assoluti), e a partire dalla fine degli anni '90 ha mostrato un tasso di crescita eccezionale. La capacità cumulativa dell'energia eolica è cresciuta quasi esponenzialmente per oltre un decennio almeno fino al 2010, come illustrato nella Figura 8.1.

La capacità globale di energia eolica nel 2010 era di circa 200 GW, circa il 2,5% della capacità mondiale di elettricità. Nel 2010 la Cina e gli Stati Uniti avevano

le maggiori quantità di capacità installate, insieme a Germania, Spagna e India. Sebbene la Cina sia stata responsabile di oltre metà dei nuovi impianti negli ultimi anni, l'Europa possiede complessivamente metà del totale già installato. È importante distinguere fra capacità installata e produzione di energia eolica vera e propria. Per esempio, sebbene solo terza in termini di capacità globale, la Spagna nel 2010 ha prodotto più energia eolica di ogni altro paese, un valore pari al 16% del suo bisogno di elettricità totale superato solamente da Danimarca e Portogallo.

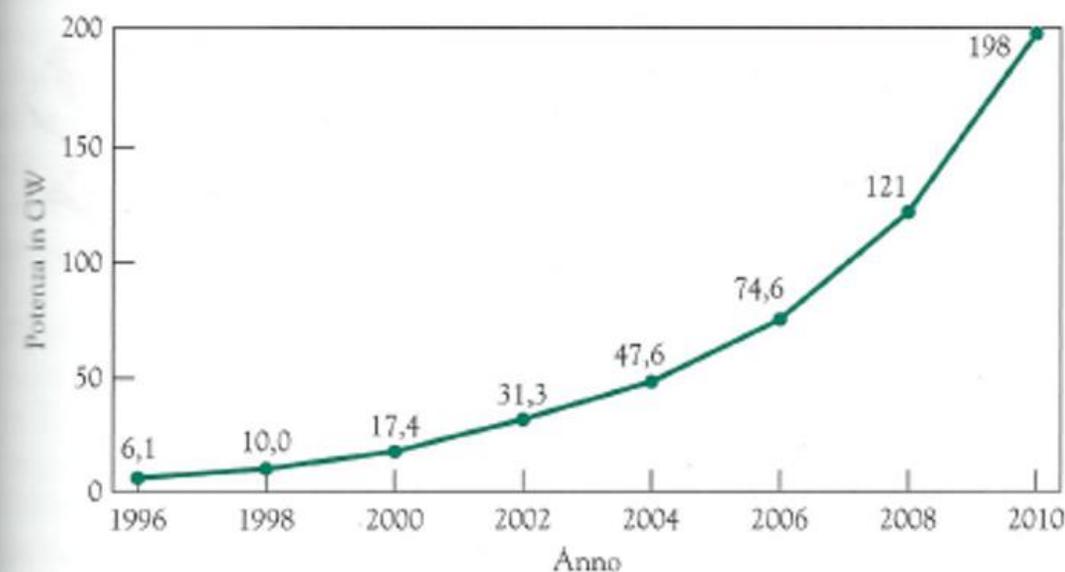
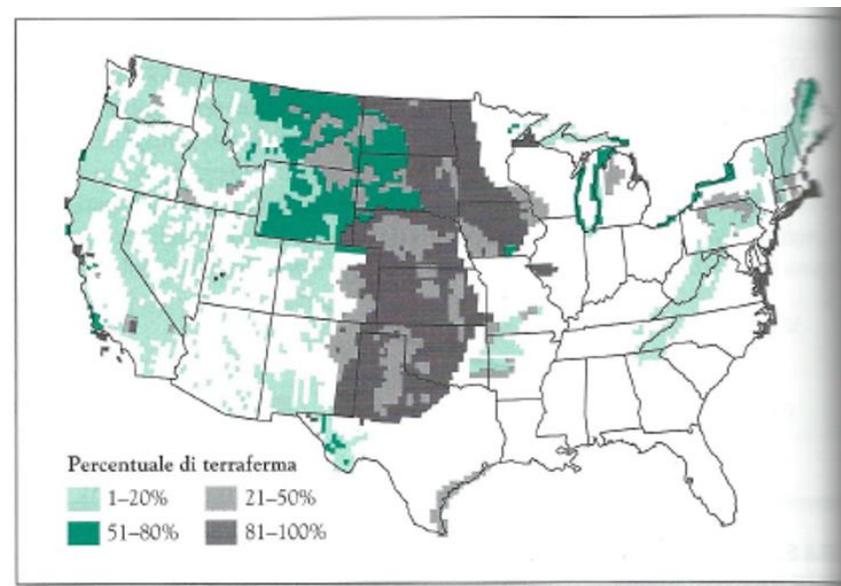


FIGURA 8.1 Capacità cumulativa globale dell'energia eolica. [Fonte: Renewable Energy Policies Network for the 21st Century, *Renewables 2011 Global Market Report*.]

Tecnicamente, a partire dal vento si potrebbe produrre una quantità di energia elettrica molte volte maggiore di tutta l'energia attualmente prodotta a livello mondiale. Però per soddisfare le necessità energetiche del mondo soltanto con questa fonte sarebbe necessario occupare un'estensione di terraferma grande come la Cina. Più realisticamente, l'energia eolica potrebbe essere incrementata fino a fornire forse un quinto dell'elettricità mondiale.

Se non si prendesse in considerazione il costo, allora il paese con il potenziale maggiore di energia eolica sarebbe gli Stati Uniti. In effetti, gli USA hanno un potenziale di energia eolica sufficiente a generare tutta l'energia da essi prodotta attualmente per il prossimo futuro, sebbene nel 2008 ne abbiano coperto in questo modo solo il 22%. Circa il 90% del potenziale statunitense di energia eolica si trova in dodici stati del Midwest, che vanno dal Nord Dakota al Texas settentrionale (vedi la Figura 8.2), sebbene la domanda maggiore di elettricità si riscontri in aree lontane.

FIGURA 8.2 Percentuale di terraferma stimata con una potenza eolica di classe 3 o maggiore in regioni contigue degli Stati Uniti. [Fonte: "Wind Energy Resource Atlas of the United States", Capitolo 2.]



8.5 Velocità del vento e dimensioni dei mulini a vento

Come ci possiamo intuitivamente aspettare, tanto maggiore è la velocità v del vento, tanto maggiore è la quantità di energia che un mulino o una turbina a vento possono produrre. In effetti, la produzione di energia aumenta in modo molto netto con la velocità del vento. **La resa energetica del vento è proporzionale a v^3 , cioè alla terza potenza della velocità del vento.** Di conseguenza, piccoli aumenti della velocità producono un grande incremento della resa; per esempio, un aumento da 22 a 26 miglia all'ora migliora la resa energetica di due terzi.

Da 35 a 42 km/h

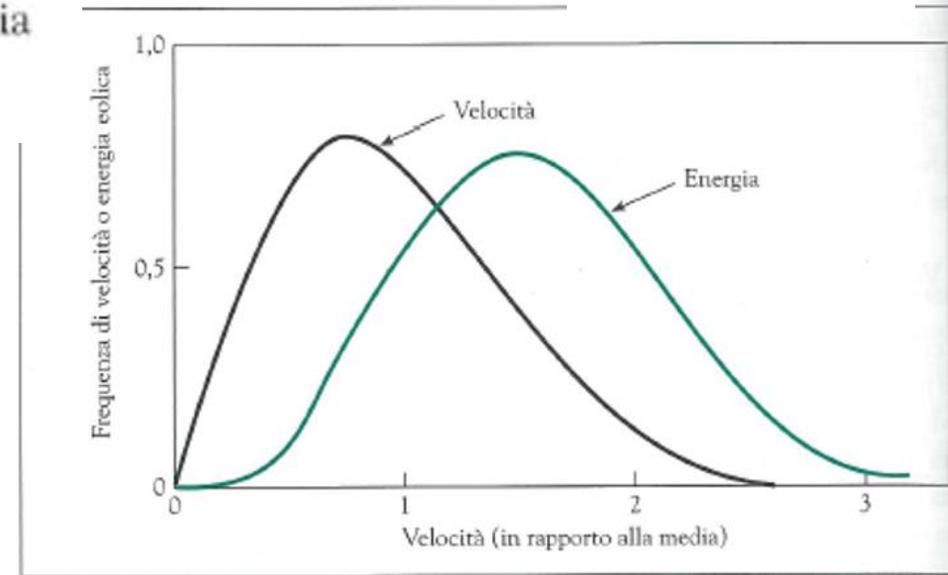
La dipendenza cubica dell'energia prodotta dalla velocità del vento è il risultato di due fattori.

- Primo, l'energia cinetica dello spostamento della massa d'aria nella direzione del vento è proporzionale al quadrato della velocità dell'aria, dato che dalla fisica sappiamo che ogni corpo in movimento ha un'energia cinetica pari a $mv^2/2$.
- Secondo, la quantità di vento che passa sopra alle pale per unità di tempo aumenta linearmente in modo direttamente proporzionale alla velocità del vento.

L'energia disponibile per una turbina a vento è uguale al prodotto di questi due fattori, cosicché è proporzionale a v^3 .

La velocità del vento varia ampiamente nella maggior parte delle aree. Una distribuzione tipica è mostrata dalla curva nera nella Figura 8.3, in cui la frequenza di

FIGURA 8.3 Distribuzione media teorica della velocità del vento e dell'energia eolica da essa ottenuta.



...enza di una data velocità del vento v viene messa in rapporto con la velocità stessa normalizzata al suo valore medio v_m . Il picco della distribuzione si verifica a $0,8 v_m$. La distribuzione dell'energia che risulta da questa curva di distribuzione è mostrata nella Figura 8.3 dalla curva verde, che è spostata nettamente sulla destra della distribuzione della velocità del vento, dato che l'energia è proporzionale al cubo di quella. La distribuzione di energia ha il suo picco a $1,6 v_m$. Chiaramente a basse velocità del vento si può ottenere poca energia rispetto a quella ottenibile ad alte velocità.

A velocità del vento molto alte, i mulini vengono spenti per evitare danni alle pale. La maggior parte dei mulini a vento opera all'incirca per tre quarti del tempo, ma le pale girano spesso molto lentamente, a una velocità considerevolmente inferiore rispetto al valore corrispondente a una generazione ottimale di energia ma al di sopra della velocità "di soglia", al di sotto della quale non vale la pena di far andare il sistema. In media, il *fattore di capacità* di un mulino a vento – cioè il rapporto fra quanto effettivamente produce diviso per quanto si potrebbe ottenere se operasse al suo *valore nominale* per il 100% del tempo – secondo quanto registrato con le moderne esperienze è circa un terzo. Perciò ci vorrebbero circa 300 MW di capacità elettrica teorica di energia eolica per sostituire 100 MW di capacità elettrica da combustibili fossili.

Energia elettrica che il mulino a vento può produrre è proporzionale al quadrato della lunghezza delle sue pale, dato che l'area che la pala attraversa è proporzionale al quadrato della sua lunghezza. Poiché la velocità del vento aumenta con l'altezza, una turbina alta è più efficiente. Tuttavia, la massa del rotore della turbina aumenta con il cubo della lunghezza della pala, e ciò aumenta in modo sproporzionato rispetto al crescere delle dimensioni.

Ogni mulino a vento in una fattoria del vento estrae energia dal flusso di aria su di esso, sicché i singoli mulini devono essere in una certa misura fisicamente separati l'uno dall'altro. Per ragioni tecniche, non più di un terzo dell'energia che passa da un mulino a vento può essere estratta dal flusso dell'aria che lo circonda.

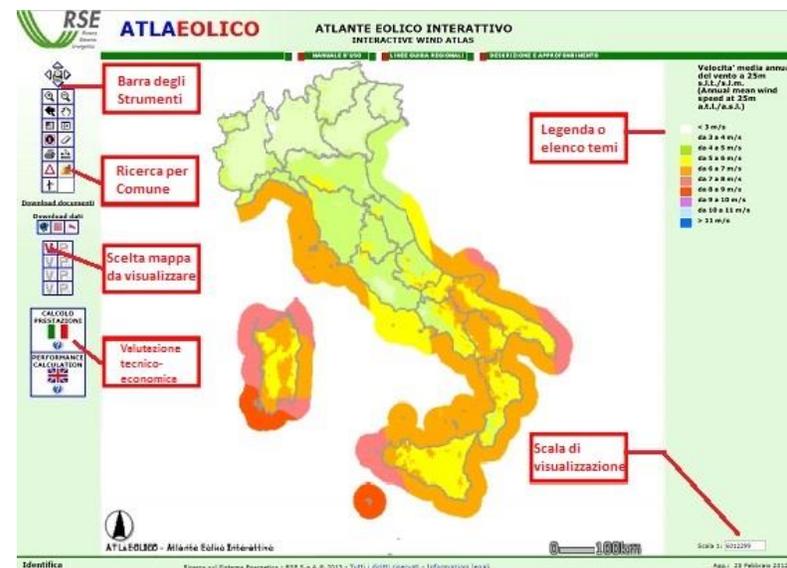
Siti potenziali per l'energia eolica

In conseguenza della conformazione locale del terreno, certe regioni geografiche presentano condizioni di ventosità quasi costante. Le aree geografiche di solito vengono classificate in sette diverse classi in termini di potenziale per l'energia eolica, di cui la classe 7 ha il potenziale maggiore. I luoghi ideali per le fattorie del vento sono quelli che presentano un flusso quasi costante di venti non turbolenti in tutte le stagioni. L'energia eolica aumenta nettamente in modo proporzionale alla velocità del vento, i luoghi che presentano improvvise sferzate di vento ad alta velocità non sono considerati favorevoli. Per essere considerato economicamente sfruttabile, il luogo deve trovarsi a una quota inferiore ai 2000 m e deve presentare velocità medie del vento di almeno 5 m/s (corrispondenti a 18 km/h). Alcuni esperti utilizzano il crite-

rio di velocità medie annuali maggiori o uguali a 6,9 m/s (25 km/h) misurate ad altezza di 80 m, corrispondente a quella della punta della pala di un moderno mulino a vento, come quelle migliori per la generazione di energia eolica a basso costo. Questi siti sono considerati siti di energia eolica di classe 3 o superiore (vedi la Figura 5.1).

Le regioni con il potenziale per un'alta produzione di energia eolica a costi contenuti sono Stati Uniti, Canada, Sud America, l'Europa dell'OCSE e i paesi dell'ex URSS. Le aree con il potenziale minore sono Africa, Europa orientale e Asia meridionale. Nella maggior parte delle zone, il potenziale eccede l'attuale utilizzo di elettricità. All'interno di un dato paese, i luoghi migliori sono di solito i passi montani, le pianure poste in alto sul livello del mare e le aree costiere. In generale, la velocità del vento tende ad aumentare con l'altezza.

<http://atlanteeolico.rse-web.it/>



Molte nuove fattorie del vento si trovano su coste lambite dal mare. Le brezze estive diurne costiere sono prodotte dalla differenza di densità dell'aria al di sopra dell'acqua e al di sopra della terraferma adiacente. Dato che la luce solare riscalda la terra secca più rapidamente dell'acqua, l'aria al di sopra della terraferma tende a diventare più calda di quella sopra un lago o il mare. Dato che l'aria calda tende a salire – per la sua minore densità (secondo la legge dei gas, la densità è inversamente proporzionale alla temperatura in gradi Kelvin) – e a spostarsi verso il mare, l'aria rimanente presente sulla superficie della terraferma viene ad avere una pressione e una densità minori di quella sul mare.

Zone poco profonde situate in mare aperto e molto ventose, come i banchi di sabbia nel mare della Danimarca e dell'Irlanda, sono siti ideali e vengono attualmente utilizzati in modo estensivo per la costruzione di fattorie del vento. In effetti, la installazione a largo è comune in Europa, di solito in acque profonde 8-10 m. Gli impianti di questo tipo nel New England, sul Lago Erie, e a largo delle coste degli Stati Uniti americani posti a metà della costa Atlantica potrebbero da soli generare fino al 10% delle riserve di elettricità degli USA. Tuttavia, le condizioni fisiche di alcuni particolari siti a largo sono piuttosto difficili, ed è altrettanto difficile operare la manutenzione delle turbine in mare aperto. Le acque della costa occidentale dell'America nord sono troppo profonde per porvi delle fattorie del vento, e quelle degli Stati Uniti del sud-est hanno una frequenza troppo alta di uragani.

8.7 Considerazioni pratiche

Rispetto ad altre forme di generazione di energia – i combustibili fossili o le centrali idroelettriche o nucleari – le torri eoliche devono essere numerose e in qualche modo disperse, dato che ciascuna cattura una quantità di energia relativamente modesta. In effetti la caratteristica della maggior parte delle forme di energia rinnovabile, comprese le celle solari, è quella di avere un'ampia "impronta", dato che l'energia solare è così diffusa rispetto alla natura concentrata dei combustibili fossili o del petrolio. Tuttavia, una volta che sono state costruite le torri eoliche, il terreno fra di esse può essere usato anche per altri scopi.

Nell'impiantare una fattoria del vento, si deve considerare lo spazio da lasciare fra i mulini. L'aria che passa su di un mulino riduce la sua velocità dato che viene estratta dell'energia; inoltre, il passaggio di aria trasmette turbolenza al mulino a vento. In generale, fra mulini adiacenti è necessaria una distanza di almeno cinque diametri di rotore perché il vento possa recuperare la velocità originale dopo averne passato uno e prima di raggiungere il successivo. La disposizione preferibile è quella in cui le file sono scaglionate l'una rispetto all'altra (ABABA). Come regola generale, per produrre un megawatt di energia è necessario circa un decimo di km quadrato di terreno.

...10 ettari

Le turbine a vento commerciali più efficienti e grandi attualmente in uso sono le da 5 MW – con una potenza pari a quattro volte quella delle turbine di quindici anni fa. La lunghezza delle loro pale è di 120 m – oltre dieci volte quella dei mulini dei anni '90. L'area di rotazione di questi mulini a vento è pari a quella di un campo di calcio. Per contrasto, le moderne centrali a carbone generano da 125 a 1000 MW, e perché per rimpiazzarne una sono necessari centinaia di mulini. In un tipico pomeriggio caldo estivo, quando il consumo di energia ha un picco a causa dell'uso dei condizionatori d'aria, un sistema da 5 MW può rifornire di elettricità circa 1000 case americane.

Di tutte le forme di energia rinnovabile (a parte l'idroelettrica), quella eolica è la più economica. Il costo per megawatt di un grande mulino posto sulla terraferma è di 2 milioni di dollari, o quasi 6 milioni per megawatt medio consegnato, dato che i mulini operano a circa un terzo della capacità indicata. Le fattorie del vento poste lungo la costa sono un po' più costose da installare. Il costo della generazione di elettricità con l'uso della moderna tecnologia dei mulini a vento – e della sua immisione nelle moderne reti elettriche – è attualmente quasi competitivo con quello delle centrali convenzionali di energia. Tuttavia, come ricordato in precedenza, se l'energia del vento fosse raccolta negli stati del Midwest statunitense bisognerebbe anche considerare i costi significativi di trasmissione. Se il mondo finisse per passare a un'economia dell'idrogeno, la produzione di idrogeno alimentata dal vento in questa area potrebbe generare buona parte delle riserve energetiche statunitensi, ma attualmente gli elettrolizzatori necessari per questo processo sono costosi.

⇒ Alcune imprese attualmente stanno sviluppando turbine da 10 MW.

https://www.corriere.it/scienze/12_marzo_15/idrogeno-vento-germania-virtuani_d36d1c6c-6e7b-11e1-850b-8beb09a51954.shtml

http://www.repubblica.it/motori/sezioni/ambiente/2016/03/14/news/svolta_green_per_toyota_idrogeno_dall_eolico-135444680/

https://www.adnkronos.com/sostenibilita/world-in-progress/2019/02/01/tutto-idrogeno-carburante-del-futuro-che-viene-dalla-luna_7ijfLncchARtvZQbNjaHRI.html

L'energia eolica ha un considerevole potenziale nel fornire una frazione significativa del fabbisogno futuro di elettricità in molti paesi a un costo per l'ambiente inferiore rispetto a quello di ogni alternativa praticabile. Il prezzo per nuova produzione di energia eolica è confrontabile con quello per nuove fonti convenzionali come centrali elettriche a carbone o nucleari, e probabilmente diventerà inferiore se in futuro saranno presi in considerazione i costi reali associati all'uso di qualsiasi tipo di risorse. Tuttavia, esistono problemi irrisolti di immagazzinamento dell'energia in luoghi in cui spirano venti intermittenti, che probabilmente in molte regioni impediranno l'adozione del vento come fonte principale di generazione di energia elettrica.

In effetti, i gestori di molte reti elettriche si rifiutano di basarsi sul vento per più di una frazione della loro scorta di energia a causa della sua natura intermittente. Il continuo aumento di energia elettrica prodotta in eccesso da fonti eoliche e solari e di poter mantenere un'alimentazione costante della rete elettrica sarà preso in considerazione nei Paragrafi 8.22 e 8.23.

Alcuni edifici, come case troppo distanti dai centri abitati per poter essere connesse alle linee elettriche, generano la propria elettricità servendosi di turbine eoliche montate sui loro tetti. Quando tutta l'energia generata è più che sufficiente per alimentare gli apparecchi utilizzatori a 12 V di corrente diretta all'interno dell'edificio, l'energia in eccesso viene depositata in batterie da 12 V, per poter essere utilizzata nei momenti di livelli bassi o assenti di vento.



Eolico, 2017 anno dei record in Europa. Italia in controtendenza

Installati 15,7 GW. I dati WindEurope



13 febbraio 2018 17:26

Scrivi alla redazione

http://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/focus_energia/2018/02/13/eolico-2017-anno-dei-record-in-europa.-italia-in-controtendenza_6061413a-7af8-4d94-8a3f-9a10015b541f.html

Quotidiano Enegia - **Dopo aver superato il nucleare nel 2013, l'idroelettrico nel 2015 e il carbone nel 2016, l'eolico punta adesso a divenire la prima fonte di generazione europea.** I 28 membri Ue hanno infatti installato l'anno scorso aerogeneratori per 15,6 GW (+20% sull'anno precedente), nuovo record storico che porta il totale in funzione a 169 GW: appena 19 GW al di sotto dei 188 GW del gas.

In base ai dati diffusi oggi da WindEurope, nel 2017 l'eolico è stata la prima fonte nella Ue per potenza realizzata con un incremento netto di 15.040 MW (risultante di 15.680 MW realizzati e 640 MW dismessi), seguita dal fotovoltaico con 6.100 MW, dall'idro con 1.085 MW, dalle biomasse con 964 MW, dal gas con 356 MW (2.612 MW avviati e 2.256 MW dismessi) e dai rifiuti con 80 MW. E' invece negativo per 5.769 MW il bilancio del carbone (1.741 MW realizzati contro 7.510 MW dismessi) e per 2.197 MW (solo chiusure) quello dell'olio combustibile.

Le fonti rinnovabili hanno dunque rappresentato l'85% della capacità complessiva realizzata nel 2017 (23,9 GW su 28,3 GW), mentre il parco di generazione Ue è cresciuto di 15,6 GW netti a 933 GW.

Il 2017 è stato per l'Europa un anno record sia per l'eolico onshore (12.526 MW, +9%) che per quello offshore (3.154 MW, +101%) ma anche per la produzione, che con 336 TWh (296 TWh nel 2016) ha soddisfatto l'11,6% della domanda elettrica dei 28 (10,4% l'anno precedente).

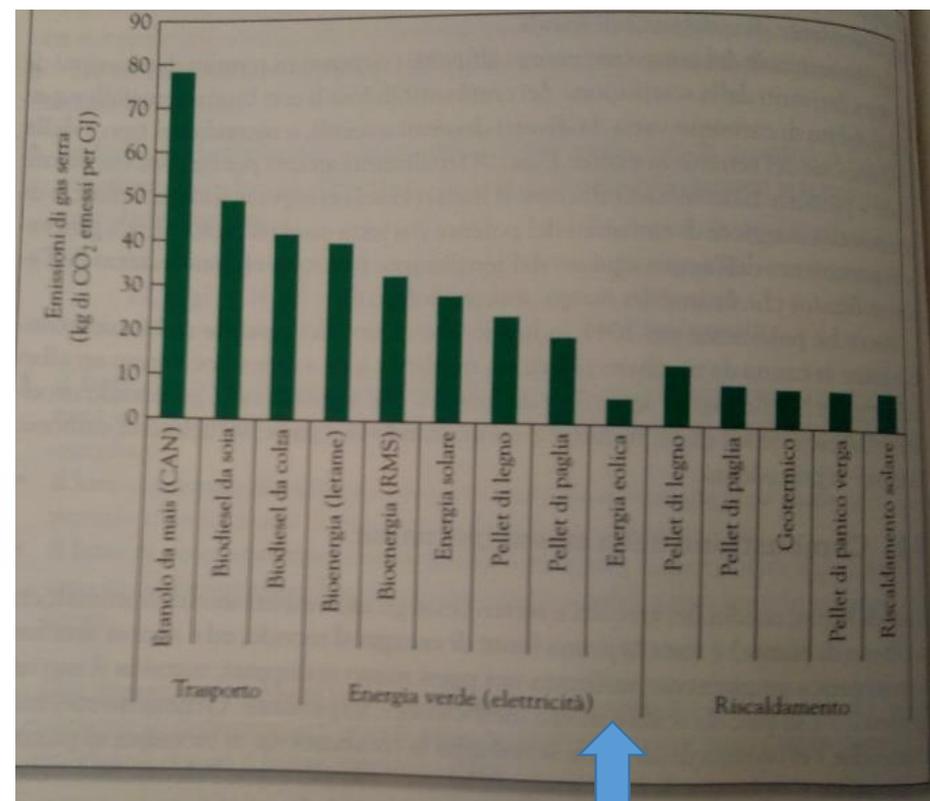
Tuttavia, sottolinea l'associazione, analizzando i dati a livello nazionale si notano marcate differenze. L'80% dell'installato eolico 2017 è riferibile infatti a soli tre Paesi: **Germania (6.600 MW), Regno Unito (4.300 MW) e Francia (1.700 MW)**. La classifica della capacità cumulata a fine anno vede di conseguenza il consolidamento in prima posizione della Germania (56.132 MW), seguita dalla Spagna (che cresce però di soli 96 MW a 23.170 MW), dal Regno Unito (18.872 MW) e dalla Francia (13.759 MW). L'Italia continua a perdere terreno nei confronti degli altri grandi Paesi europei, con un installato 2017 di 252 MW, in costante calo rispetto ai 283 MW del 2016 e ai 306 MW del 2015. La capacità cumulata si attesta perciò a 9.479 MW.

Problemi ambientali

tempi di tempo di ritorno energetico – cioè il tempo necessario perché l'unità
energia che era stata necessaria per la sua costruzione – quello per l'ener-
ca è di soli 3-4 mesi e ha un valore simile il tempo di ritorno delle emissioni
mentre è di circa un anno quello relativo agli inquinanti dell'aria emessi. La
di emissioni di biossido di carbonio legate all'uso dell'energia eolica è la mi-

nore fra tutte le fonti di energia elettrica, come mostrato nella Figura 7.1. Le em-
ni di CO₂ e di inquinanti dell'aria derivano principalmente dalla produzione di
nerali e altre materie prime utilizzati per ottenere l'acciaio e l'alluminio necessa-
le pale, il rame necessario per il generatore di elettricità e il trasformatore e il cemen-
to necessario per le fondamenta del mulino a vento. Se l'elettricità generata dalle
bine eoliche impiantate su larga scala sostituisse quella prodotta dalla combustione
dai combustibili fossili, nel corso del periodo di funzionamento del mulino a vento
verificherebbe una rilevante riduzione netta delle emissioni di biossido di carbonio.

Spesso l'opinione pubblica si oppone all'installazione delle turbine eoliche su
aree urbane che rurali per il negativo impatto visivo, sebbene molte persone consi-
rino i mulini a vento piacevoli, nonché un segno della crescente presenza dell'energia
rinnovabile. Per essere efficienti, le pale delle turbine eoliche devono essere enor-
mente lunghe, e in questo senso costituiscono una presenza artificiale nel paesag-
gio difficile da ignorare. Alcune persone sono disturbate dalla loro presenza in paesag-
gi altrimenti naturali, specialmente quando ciò accade in luoghi di particolare fascino
come la riva del mare o le cime delle montagne.



Paradossalmente, molti di questi luoghi paesaggisticamente attraenti sono situati sia perché vi spirano venti intensi sia per la relativa vicinanza ad aree che consumano sostanziali quantità di elettricità. In questo senso, le turbine eoliche sono un classico esempio del fenomeno NIMBY (*not in my backyard*, letteralmente “non nel cortile”), in cui piccole comunità di persone – in questo caso, quelle che vivono o che frequentano il luogo dove è stata proposta l’installazione di una turbina eolica – si oppongono alla costruzione di un’infrastruttura perché sono costrette a scegliere gli “svantaggi” collegati a un cambiamento che porta la società a ottenere un piccolo ma significativo miglioramento complessivo, quale sarebbe in questo caso una limitata riduzione dell’inquinamento dell’aria e del rischio di cambiamento climatico.

I luoghi su cui è più difficile che si creino obiezioni su basi estetiche sono quelli lontani dagli itinerari turistici, come grandi fattorie (dove le uniche persone che vedrebbero le turbine sarebbero i contadini che hanno interessi economici legati alla loro presenza), o a largo delle coste in vasti bacini acquosi come i mari e i Grandi Laghi. Per questa ragione, installare turbine su terreni agricoli o a largo è diventata una scelta frequente. In effetti, molti contadini arrotondano il loro reddito affittando appezzamenti di terreno per l’installazione di turbine. Una volta installate, le singole turbine occupano uno spazio relativamente piccolo, permettendo che il resto del terreno intorno possa essere utilizzato per attività agricole o il pascolo del bestiame.

Un rendering di come sarebbe il paesaggio nei dintorni di Orvieto se venisse costruito l'impianto in questione



Tuttavia l'uso di terreni che non siano stati già utilizzati in precedenza richiede la costruzione di nuove strade e nuove linee elettriche, nonché spesso l'eliminazione di alberi. Una nuova enorme fattoria eolica da 1000 MW, con più di 300 turbine, è stata proposta per il Labrador centrale, nel Canada orientale. Un vantaggio di questo progetto è il fatto di essere situato in un'area remota, a centinaia di chilometri da qualsiasi centro abitato, cosicché qualsiasi elemento sgradevole collegato alla produzione dei mulini non costituirebbe un problema. I mulini a vento nelle regioni che possono avere temperature molto fredde devono essere protetti dalla formazione di ghiaccio sulle pale delle turbine con l'uso di riscaldatori interni, con consumo di una piccola frazione dell'energia prodotta.

I pro e i contro più spesso menzionati associati alla produzione dell'energia eolica sono riassunti nella Tabella 8.1. L'aspetto più controverso di molte aree è quello del rumore a bassa frequenza associato alla rotazione delle pale dei mulini. Specialmente quando la fattoria del vento si trova in un'area rurale – dove i livelli di rumore ambiente sono molto bassi – alcune persone hanno riportato disturbi del sonno.



Eolico. Se le turbine fanno rumore possono essere fermate

Lo stabilisce una sentenza del Tar Basilicata. Ma i sindaci e le altre autorità non l'hanno letta

di Redazione - 18 aprile 2018 - 13:42

 Commenta  Stampa  Invia notizia

Più informazioni su  eolico selvaggio  tar basilicata. inquinamento acustico  basilicata

Argomenti contro l'energia eolica

Molti siti – fra cui quelli a largo dalle coste – sono lontani dai centri di consumo, il che richiede la costruzione di lunghe linee di trasporto.

L'energia eolica ha bisogno di alcuni incentivi fiscali per competere con le forme tradizionali di produzione di elettricità.

La costruzione di mulini a vento in alcuni siti remoti richiede strade, disboscamento e altre infrastrutture distruttive.

I mulini a vento uccidono animali selvatici, specialmente pipistrelli e uccelli rapaci.

Per costruire un numero di mulini sufficienti a fornire un contributo sostanziale alle riserve di elettricità sono necessarie enormi aree di terreno, e quindi di habitat.

Il moto continuo delle pale produce nelle vicinanze un inquinamento acustico di basso grado.

Le fattorie del vento sulla terraferma sono una forma di "inquinamento visivo".

L'energia eolica di solito è intermittente, con un fattore di carico annuale inferiore, e richiede infrastrutture di riserva che utilizzino risorse tradizionali per mantenere costante l'offerta.

Argomenti a favore dell'energia eolica

Questo è vero anche per molti potenziali nuovi progetti idroelettrici.

Le centrali elettriche convenzionali e nucleari ricevono sussidi molto maggiori, anche se indiretti.

Alcuni studi mostrano che sono pochi gli uccelli uccisi dalle turbine, specialmente in rapporto al numero di volatili uccisi da automobili, gatti, ecc.

Il livello di rumore è comparabile a quello del traffico.

Si possono usare siti lontani dalle aree più densamente popolate.

L'energia eolica in eccesso può essere conservata meccanicamente pompando acqua in infrastrutture di stoccaggio più in alto o in batterie, per poi essere utilizzata quando serve per produrre elettricità.

Solo piccole quantità di emissioni di gas serra sono associate all'energia eolica rispetto alla combustione di combustibili fossili. Non vi sono scorie nucleari da stoccare o potenziali problemi di radiazioni, così come invece si verifica con l'energia nucleare.

Energia marina: le onde e l'energia delle maree

Energia delle onde e delle maree, a volte collettivamente chiamata energia marina, può essere ottenuta in molte regioni costiere del mondo e in mercati di nicchia economicamente competitiva. Si stima che ogni anno si possano potenzialmente generare dalle onde e dalle maree circa 20 EJ di energia.

La fonte dell'energia delle maree è l'influenza gravitazionale del Sole e della Luna sulle masse d'acqua. In alcune zone, le correnti costiere generate dalle maree possono essere sfruttate per far girare turbine sottomarine montate su tubature inserite in fori praticati sul fondale. Poiché l'acqua è tanto più densa dell'aria, correnti lente – anche a circa 10 km/h sono le migliori – che facciano girare questi “mulini ad acqua sottomarini” in modo efficiente generano elettricità. Velocità molto inferiori, come

quelle dei fondali oceanici dove nell'insieme si trova la maggior parte dell'energia delle maree, sono troppo lente per essere economicamente praticabili. Le zone migliori per sfruttare l'energia delle maree sono i mari poco profondi che circondano i perimetri degli oceani.

Le maree fanno sì che grandi masse d'acqua si innalzino e si abbassino due volte al giorno. Se le maree in un bacino costiero sono generalmente alte, nel bacino stesso si può costruire un cancello che possa essere aperto o chiuso. Quando la marea si sta alzando, il cancello viene lasciato aperto in modo che l'acqua al di là di esso si alzi. Una volta che l'alta marea è completa, il cancello viene chiuso. L'acqua così separata che lascia il bacino fa girare una turbina, generando elettricità.

Attualmente esistono centrali elettriche di questo tipo in Francia, Nuova Scozia, Cina, Norvegia, Irlanda del Nord e Russia. Queste installazioni hanno richiesto l'investimento di notevoli capitali e possono operare solo due volte al giorno. Sebbene l'energia prodotta sia rinnovabile e libera da inquinamento, al di là dei cancelli della diga spesso si verifica una sedimentazione, cosicché le strisce di terra che rimangono scoperte con la bassa marea vengono spesso alterate da questo tipo di operazione.

MAREE

È anche possibile sfruttare l'**energia delle onde** presenti sulla superficie del mare. Le macchine il cui funzionamento si basa su di una **colonna d'acqua oscillante** consistono di una camera situata appena al di sopra della superficie dell'acqua che contiene aria intrappolata. L'energia delle onde viene generata utilizzando il moto verticale dell'acqua prodotto dalle onde, che essendo causate dai venti a loro volta rappresentano una forma indiretta di energia solare. Ogni onda che si innalza comprime l'aria intrappolata nella camera; l'aria ad alta pressione, rilasciata attraverso una valvola, fa girare una turbina che produce elettricità. Quando l'onda recede, l'aria rientra nella camera attraverso un'altra valvola, che fa ancora girare la turbina. Attualmente esistono migliaia di boe di segnalazione le cui lampadine a 60 W sono alimentate con questo meccanismo.

Impianti in grado di sfruttare l'energia delle onde su larga scala sono ancora in fase di sviluppo. I luoghi più adatti sono considerati le coste orientate a ovest poste alle medie latitudini, specialmente in Europa, Nord America, Australia e Sud Africa. La prima **fattoria delle onde** al mondo è entrata in attività nel 2008 a largo della costa del Portogallo, ma da allora ha chiuso per ragioni tecniche e finanziarie. Alcune centrali sono attualmente in costruzione a largo della costa della Scozia.

<http://www.enea.it/it/Stampa/news/dal-mare-della-sardegna-il-giacimento-green-piu-grande-del-mediterraneo/>



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

HOME

ENEA ▾

RICERCA&SVILUPPO ▾

ATTIVITÀ INTERNAZIONALI ▾

OPPORTUNITÀ ▾

SERVIZI A IMPRESE E PA ▾



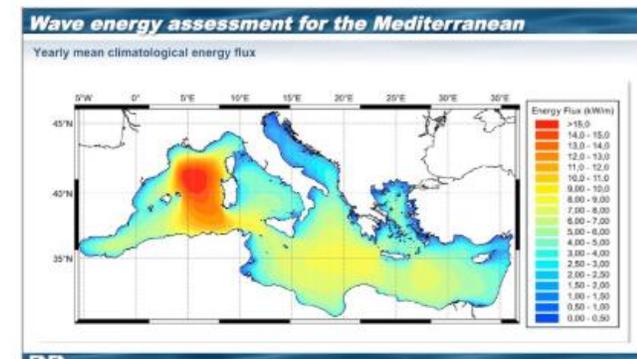
Tu sei qui: Home / ENEA per la Stampa / News / Dal mare della Sardegna il "giacimento" green più grande del Mediterraneo

Dal mare della Sardegna il "giacimento" green più grande del Mediterraneo

25/05/2017

La Sardegna è l'area dell'inetto Mediterraneo che potrebbe produrre più energia dal mare, con un potenziale di 13 kW per metro di costa, un valore molto simile a Stati Ue più all'avanguardia nello sviluppo di questa fonte rinnovabile come la Danimarca. Il primato nell'isola spetta soprattutto all'area nord occidentale nei pressi di Alghero e a quella a sud-ovest. È quanto emerge da un'analisi dell'ENEA presentata a Cagliari in occasione della "Giornata Europea del Mare", che si celebra il 20 maggio di ogni anno.

"La Sardegna dispone di un enorme giacimento di energia rinnovabile, tutto ancora da sfruttare", sottolinea il ricercatore ENEA



L'energia geotermica

8.9 Introduzione

L'energia geotermica, sebbene non si basi su quella solare, è un'altra forma di energia rinnovabile. Essa si è dimostrata particolarmente utile nei paesi che non hanno riserve di combustibili fossili, e attualmente costituisce poco meno dello 0,1% delle riserve energetiche mondiali.

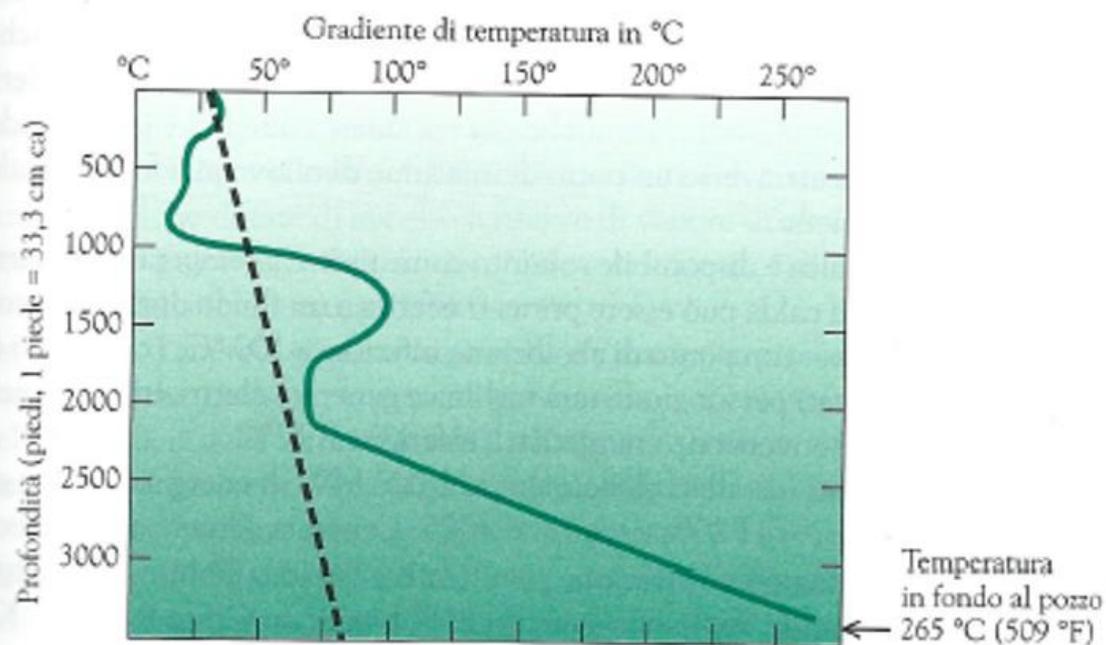
L'energia geotermica è data dal calore che emana da sotto la superficie della Terra, ed è il risultato del decadimento radioattivo degli elementi e della conduzione di questo calore dal nucleo fuso ($>5000\text{ }^{\circ}\text{C}$) della Terra. Per effetto del movimento delle placche tettoniche, esistono zone vulcaniche in cui questo calore viene portato più vicino del normale alla superficie. Un esempio del gradiente di calore con l'aumento di profondità caratteristico di una zona geotermica rispetto a quello relativo a un'area non geotermica è mostrato nella Figura 8.4. Quando l'acqua sotterranea

profonda circola all'interno di una zona geotermica, essa viene riscaldata dal contatto con le rocce calde, e a volte evapora. Se questi liquidi caldi vengono intrappolati in rocce porose al di sotto di uno strato di roccia impermeabile, si può formare una riserva geotermica, a cui si può potenzialmente attingere.

L'energia geotermica è disponibile in queste riserve sotto forma di vapore e/o di acqua calda a temperature che variano dai 50 ai $350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il fluido di solito deve essere trasportato da una profondità di $200/3000\text{ m}$ verso la superficie per poter essere utilizzato, sebbene in certe zone esso sia presente spontaneamente a livello del terreno sotto forma di "acque termali". La produzione di fluidi caldi generalmente diminuisce nel corso del tempo man mano che una riserva viene sfruttata.

L'energia geotermica ed altri combustibili (1998)

FIGURA 8.4 Gradienti di temperatura sotterranei in un'area normale (linea tratteggiata) e in una dotata di potenziale geotermico (curva continua verde). [Fonte: Geothermal Education Office, su <http://geothermal.marin.org>.]



L'energia geotermica *ad alta temperatura* ($>180\text{ }^{\circ}\text{C}$) sotto forma di vapore o acqua surriscaldata si trova di solito soltanto in regioni vulcaniche e in arcipelaghi, dove viene usata per generare energia elettrica. L'energia geotermica sotto forma di acqua moderatamente calda ($50\text{-}150\text{ }^{\circ}\text{C}$) è più spesso utilizzata direttamente per il riscaldamento di edifici, comprese serre, installazioni per l'acquacoltura e per le terme. L'acqua calda di temperatura intermedia fra le due è usata sia a fini di riscaldamento sia per generare elettricità.

⇒ Talvolta per descrivere questi tre tipi di energia geotermica sono utilizzate le espressioni "ad alta, media e bassa entalpia".

<http://www.nanotech.units.it/Sesto/2014/Della%20Vedova%20Geotermia.pdf>

BDV

Potenzialità della Geotermia in Italia: Risorse, Prospettive e Applicazioni

*Energia per il futuro dal
2014 al 2020... e oltre!*

Sesto, Val Pusteria
23-27 Giu. 2014

*Bruno Della Vedova, DIA UniTs
e Unione Geotermica Italiana*

<http://www.unionegeotermica.it/>



1931:Soffionissimo





valutazione ambientale, autorizzazioni e contributi

home / ambiente territorio / valutazione ambientale, autorizzazioni e contributi / utilizzo: geotermia

VALUTAZIONE AMBIENTALE, AUTORIZZAZIONI E CONTRIBUTI

PROCEDURE

SERVIZI ON LINE

PROCEDURE AUTORIZZATIVE
AMBIENTALI

CONCESSIONI DEMANIALI,
SDEMANIALIZZAZIONI E REPRESSIONE
DELL'ABUSIVISMO SU AREE DEMANIALI

ALTRE CONCESSIONI

> Derivazioni

> Geotermia

> Acque minerali e termali

autorizzazioni e concessioni



altre concessioni

GEOTERMIA

La Regione cura l'istruttoria tecnica per il rilascio dei permessi di ricerca e delle concessioni minerarie per le risorse geotermiche.

Geotermia

La Regione cura l'istruttoria tecnica per il rilascio dei permessi di ricerca, delle concessioni minerarie e delle autorizzazioni alla derivazione di risorse geotermiche.

CONTATTI

Struttura stabile ufficio per le attività minerarie e le risorse geotermiche

coordinatore

Fabio Svaghi

indirizzo

TRIESTE - Via Sant'Anastasio, 3

telefono

0403774832

110 La produzione di elettricità

L'elettricità viene generata a partire da risorse geotermiche ad alta temperatura tramite turbine alimentate dal vapore che fuoriesce a livello del terreno. In alcune zone esiste un gas sotterraneo, un "vapore secco" che esce dalla riserva senza essere accompagnato da acqua. Se, al contrario, la riserva sotterranea consiste principalmente di acqua surriscaldata, quando essa raggiunge le condizioni di minore pressione presenti in un serbatoio vicino alla superficie, per la maggior parte passa istantaneamente a vapore. In entrambi i casi, il vapore viene utilizzato per far girare una turbina e quindi produrre elettricità. **L'elettricità geotermica rispetto a quella solare, eolica e marina, è disponibile il 100% del tempo a un tasso costante; in questo modo può essere utilizzata come fonte costante di alimentazione e non necessita di stoccaggio.**

<http://www.greenreport.it/news/energia/grazie-alla-geotermia-la-toscana-punta-produrre-elettricit-solo-rinnovabili-entro-2050/>

Ciuffo: «Maggiore condivisione dei benefici col territorio per evitare l'effetto Nimby»

Grazie alla geotermia la Toscana «punta a produrre elettricità solo da rinnovabili entro il 2050»

Chiacchella (CoSviG): «Occorre agire in maniera sinergica per sviluppare ulteriormente, in maniera condivisa con i territori, una fonte energetica potenzialmente pulita e contestualmente riducendone gli inevitabili impatti attraverso l'utilizzo della miglior tecnologia disponibile»

[15 settembre 2017]