

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2006)

**Heft:** 5-6

**Artikel:** Ecobilancio dell'energia eolica in Svizzera

**Autor:** Vollenweider, Jakob

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-133501>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ecobilancio dell'energia eolica in Svizzera

Jakob Vollenweider\*

## Immagine dell'energia eolica

Le centrali eoliche sfruttano la fonte energetica inesauribile vento e di conseguenza a priori possono essere definite rispettose dell'ambiente. Questa immagine è sicuramente meritata, ma sarebbe comunque interessante scoprire come quantificare il rispetto dell'ambiente delle centrali eoliche e se l'esercizio di centrali eoliche non è associato anche a ripercussioni ambientali negative. Il presente studio cerca di rispondere a questi due interrogativi.

## Analisi del ciclo di vita

Di norma, la compatibilità ambientale delle centrali è quantificata in base a un'analisi del ciclo di vita, in cui si cerca di determinare l'energia totale necessaria per la fabbricazione, l'installazione e infine lo smontaggio dell'impianto. È così possibile calcolare il periodo di ammortamento energetico, e cioè il tempo necessario affinché l'impianto produca una quantità di energia pari a quella consumata dall'impianto stesso durante l'intero ciclo di vita.

In merito all'analisi del ciclo di vita delle turbine eoliche sono disponibili ampi studi. Particolarmente fornita è la banca dati per le turbine eoliche utilizzate dalla JUVENT sul Mont-Crosin nel Giura bernese: il corrispondente studio dell'associazione dell'industria eolica danese<sup>1</sup> si basa su un cosiddetto modello input-output, che tiene conto del flusso di 25 materie prime e vettori energetici differenti tra 117 settori dell'economia nazionale danese. Per ogni categoria di prodotti è così possibile determinare un indice economico-energetico (energia per unità monetaria) e successivamente l'energia grigia che si nasconde in un determinato prodotto. Il vantaggio principale di questo metodo rispetto ad altri tipi di calcolo (ad esempio l'analisi della catena di processo secondo la norma ISO 14040) sta nell'assenza di dubbi sulla delimitazione del sistema, dal momento che la base di calcolo è rappresentata da un valore complessivo esatto per il consumo energetico e il valore aggiunto generato di un'economia na-



La forza del vento e degli animali nel Giura

zionale. Il modello input-output presuppone tuttavia dati statistici purtroppo praticamente inesistenti nella forma in cui sono invece disponibili in Danimarca.

I consumi energetici calcolati in<sup>1</sup> per le singole fasi di vita di una turbina eolica da 600 kWel (con una durata di vita presunta di 20 anni) sono i seguenti:

fabbricazione:	527'000 kWh (64%)
installazione:	137'000 kWh (17%)
esercizio e manutenzione:	215'000 kWh (26%)
smontaggio:	-59'000 kWh (-7%)
totale:	820'000 kWh (100%)

Oltre al vero e proprio montaggio della turbina, l'installazione comprende anche il suo allacciamento alla rete elettrica e l'accesso. Il saldo del bilancio energetico per lo smontaggio della turbina è positivo, dato che buona parte delle componenti è riciclabile e di conseguenza la sua energia può essere recuperata.

Nella media pluriennale, la centrale eolica della JUVENT ha raggiunto circa l'100 ore a pieno carico (produzione annua divisa per la potenza nominale dell'impianto), il che per una turbina da 600 kW corrisponde a una produzione annua di 660'000 kWhel. Il periodo di ammortamento energetico può così essere stimato a circa 15 mesi. Questo valore è da tre a quattro volte superiore a quello degli impianti che vantano il maggior rendimento a livello mondiale. Ciò è dovuto principalmente al fatto che, per via della posizione al centro del continente, nel nostro paese la velocità



media del vento è nettamente più bassa che lungo le coste. La topografia determina inoltre spesso forti turbolenze fino a 100 m sopra il livello del suolo, a cui è impossibile sottrarsi con pali più alti per motivi di protezione del paesaggio.

Un periodo di ammortamento energetico di 15 mesi è nettamente più breve rispetto a quello degli impianti fotovoltaici in Svizzera, ma nettamente più lungo rispetto a quello delle centrali idroelettriche indigene. Il periodo di ammortamento energetico non può però essere utilizzato per valutare le centrali eoliche in modo definitivo o per paragonarle ad altri tipi di centrale. Vi sono infatti alcuni aspetti ecologici essenziali, come l'impatto delle turbine eoliche sull'immagine del paesaggio, che non possono essere rilevati con un'analisi del ciclo di vita. Queste limitazioni metodologiche devono essere prese in considerazione nell'interpretazione degli ecobilanci e i risultati numerici dovrebbero essere utilizzati unicamente come uno di tutta una serie di criteri ecologici.

#### Altri aspetti ecologici dell'energia eolica

##### *Emissioni sonore*

I rumori principali di una turbina eolica sono prodotti da sorgenti sonore aerodinamiche, e cioè da turbolenze atmosferiche sul lato sottovento delle pale del rotore. Ciononostante, nella maggior parte dei casi il leggero ronzio generato (una specie di «swisch») non è critico per i seguenti motivi:

- Il livello sonoro diminuisce rapidamente man mano che ci si allontana dalla turbina: a una distanza di 300 m dalla centrale della JUVENT raggiunge valori inferiori a 42 dBA (con una velocità del vento di 4 m/s). Inoltre, a velocità del vento superiori il livello sonoro aumenta solo moderatamente (con un gradiente di circa 0,5 dBA per m/s a una distanza di 300 m dalla turbina).
- A una velocità del vento di 4 m/s, i rumori del vento provocati dalla vegetazione raggiungono un'intensità di circa 42 dBA su terreni aperti e di circa 49 dBA nelle aree boschive. Inoltre, con l'aumentare della velocità del vento, i rumori di sottofondo aumentano sensibilmente, con circa 2 dBA per m/s<sup>2</sup>, e di conseguenza spesso coprono i rumori della turbina.
- Il timbro del rumore della turbina non è percepito come veramente fastidioso dalla maggior parte delle persone, trattandosi di un rumore «bianco» casuale, paragonabile al rumore del mare, considerato gradevole da molte persone. La musica del vicino, ad esempio, ha invece un contenuto sistematico, che a partire da un certo

volume il nostro cervello cerca continuamente di analizzare, di norma affaticandosi.

- Il valore limite d'immissione valido per le centrali eoliche ai sensi dell'ordinanza federale contro l'inquinamento fonico è di 50 dBA (grado di sensibilità III), di modo che mantenendo una distanza di circa 300 m dalle case più vicine non dovrebbero sorgere difficoltà anche sul lato sottovento dell'impianto e in condizioni di riflessione sonora sfavorevoli a causa del terreno.

##### *Uccelli e impianti eolici*

Anche questo tema è stato oggetto di tutta una serie di studi, che dimostrano che nella maggior parte dei casi le turbine eoliche non mettono in pericolo il mondo degli uccelli. Gli uccelli nidificanti conoscono perfettamente il loro ambiente, comprese le eventuali turbine. Questa conoscenza delle condizioni locali è meno spiccata negli uccelli migratori, per natura. Normalmente, però, anch'essi riconoscono come un pericolo le turbine eoliche con i loro rotori che ruotano relativamente piano e di conseguenza stanno alla larga dalle macchine. A ciò si aggiunge il fatto che, secondo gli studi di Benoit<sup>3</sup>, il Mont-Crosin non si trova lungo una delle principali rotte migratorie. Le indagini teoriche coincidono con la realtà decennale della JUVENT: finora, infatti, non è mai stato trovato nessun uccello danneggiato dalla centrale eolica nel Giura bernese.

##### *Ombreggiamento*

Quando splende il sole, gli impianti eolici creano inevitabilmente un'ombra attorno a loro. Per chi risiede nelle immediate vicinanze di un impianto può essere fastidioso il fatto che il rotore che ruota crea continuamente un'ombra intermittente. Una pianificazione accurata e l'utilizzazione di opportuni software di progettazione possono tuttavia risolvere questo problema, permettendo di scegliere l'ubicazione della turbina in modo da risparmiare questo disagio ai vicini.

##### *Impatto sull'immagine del paesaggio*

L'aspetto sicuramente discusso più spesso e in modo più controverso riguarda l'impatto degli impianti eolici sull'immagine del paesaggio, presumibilmente anche perché si tratta del punto meno quantificabile. Si possono unicamente constatare i parametri che influenzano la valutazione generale:

- numero di pale del rotore: i rotori a tre pale si sono imposti non solo perché presentano il maggior grado di rendimento, ma anche per motivi estetici. Da un lato per la stessa potenza i rotori

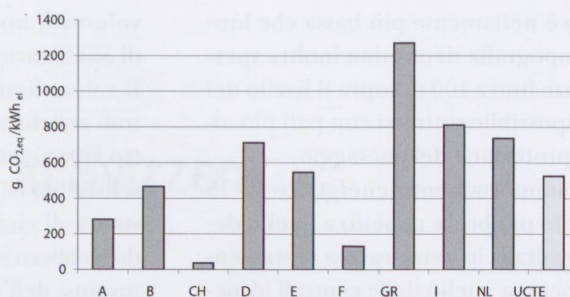


a tre pale hanno bisogno di un numero di giri inferiore rispetto ai rotori a una o due pale e dall'altro di fronte a un rotore a tre pale l'occhio umano si concentra sul mozzo del rotore, mentre di fronte a un rotore a una o due pale è tentato di seguire la traiettoria di una pala. I rotori a tre pale lasciano così un'impressione molto più calma rispetto alle strutture con meno pale.

- Altezza della torre: una grande altezza della torre aumenta la produttività dell'impianto, ma anche la sua visibilità. La maggior sfida nel processo di progettazione è rappresentata probabilmente dalla determinazione dell'altezza della torre, dal momento che bisogna trovare una soluzione tra vari fattori, che tenga conto sia delle esigenze dell'economia energetica che di quelle della protezione del paesaggio.
- Colore: in base alle esperienze della JUVENT, in generale il bianco utilizzato per i propri impianti è ben accettato, tra l'altro ben di più dei «colori mimetici», che in molte condizioni di tempo e luce hanno un effetto mimetico limitato e spesso lasciano un'impressione impura e inestetica. Il colore bianco, invece, ha sempre un aspetto puro e fresco e dal punto di vista del tono soggettivo si armonizza bene con il carattere innovativo delle turbine eoliche.
- Disposizione delle turbine: di norma, le condizioni di spazio in Svizzera non consentono grandi parchi eolici. In ogni caso, però, in generale un raggruppamento sparso delle turbine, che tenga conto del carattere del paesaggio, è percepito come più bello che non se si installano le turbine secondo un rigido schema geometrico.
- Topografia: l'impatto sull'immagine del paesaggio dipende anche dalla topografia: nelle pianure, soprattutto nei fondovalle come in Vallese, l'immagine del paesaggio è meno influenzata da pali alti che non sulla cresta delle montagne.
- Tipo di utilizzazione: una turbina eolica in una regione incontaminata influenza sicuramente l'immagine del paesaggio più che in una regione in cui esistono già impianti industriali, come linee dell'alta tensione, ferrovie di montagna, ecc.

#### Contesto economico-energetico

I vantaggi ecologici dell'energia eolica sono relativizzati dalle condizioni specifiche che contraddistinguono l'economia energetica del nostro paese. Nel 2005, il consumo totale di energia finale della Svizzera è stato di circa 247'000 GWh. Di questi, circa 57'000 GWh o il 23% sono stati utilizzati sotto forma di elettricità. Sempre nel 2005, la produzione indigena di elettricità di origine eolica è stata di circa 9 GWh, pari allo 0,02% del consumo



Emissione specifica di CO<sub>2</sub> in g CO<sub>2,eq</sub>/kWh<sub>el</sub>

totale di elettricità o allo 0,004% del consumo totale di energia in Svizzera.

Anche nelle regioni più favorevoli allo sfruttamento dell'energia eolica in Svizzera, i costi di produzione dell'energia eolica sono circa il doppio della media del parco centrali svizzero. Tenendo presente che all'energia eolica, soggetta a fluttuazioni naturali, devono essere computati anche i costi del mantenimento di riserve di elettricità per i periodi di vento scarso, le condizioni a livello di costi sono ancora più sfavorevoli.

Oggi la domanda indigena di elettricità è soddisfatta quasi integralmente senza emissioni di CO<sub>2</sub>. Nel nostro paese quindi – a differenza che nei paesi con un'elevata produzione di elettricità di origine fossile – l'uso dell'energia eolica non può rappresentare un'opzione fondamentale della strategia di riduzione del CO<sub>2</sub>.

#### Elettricità di origine eolica: un'energia complementare

Dalle considerazioni illustrate sopra si può concludere che l'energia eolica in Svizzera – pur con i suoi vantaggi ecologici – non può sostituire le grandi centrali elettriche. In Svizzera, l'elettricità di origine eolica rappresenta un'energia complementare (all'energia di banda e di punta) e contribuisce a permettere al consumatore di comporsi un mix elettrico personalizzato in base alle sue preferenze. Questa libertà di scelta costituisce un importante elemento sul mercato dell'elettricità liberalizzato. Anche per questo motivo l'elettricità di origine eolica merita un riconoscimento e uno spazio nel mix elettrico svizzero.

#### Bibliografia

1. Danish Wind Turbine Manufacturers Association, *The Energy Balance of Modern Wind Turbines*, Copenhagen, December 1997.
2. Hau E., *Windkraftanlagen*, Springer-Verlag, Berlin, 2003.
3. Benoit F., *Observation de la migration des oiseaux dans le haut-val-de-St-Imier*, Revue Intervalles, 1994.

\* Direttore JUVENT SA c/o BKW FMB Energie SA, Berna