



Il mini-eolico e il mini-solare termodinamico.

Francesco Strassoldo

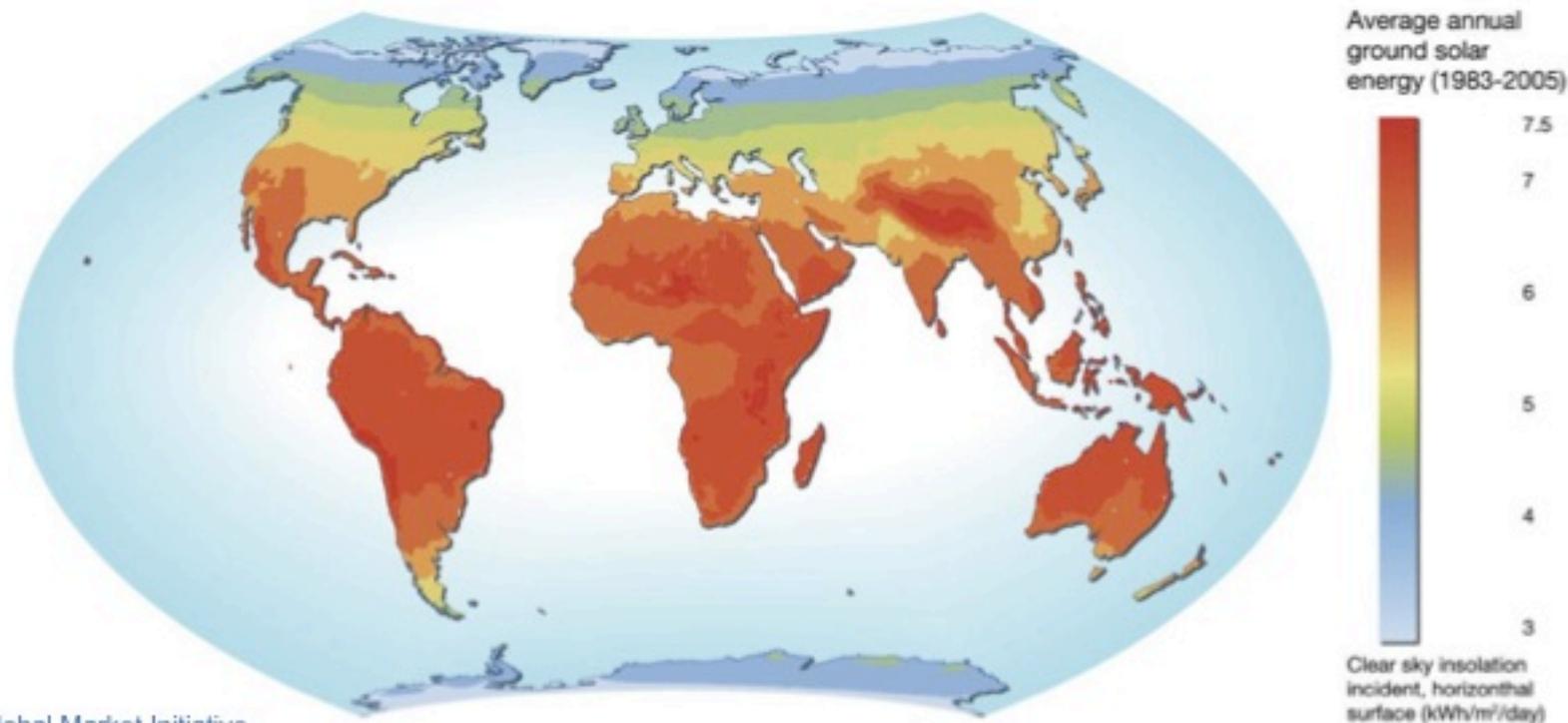
Milano 20 giugno 2011



Il solare termodinamico a concentrazione.

Il mini-solare termodinamico

Radiazione solare giornaliera media annua su una superficie orizzontale



CSP Global Market Initiative

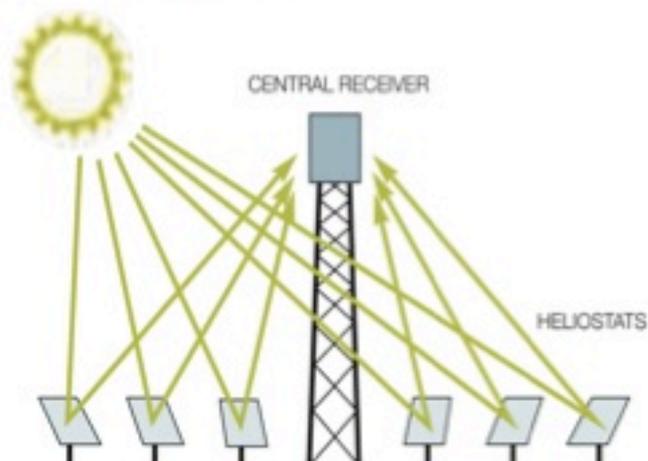


Source: NASA 2008

Per i grandi impianti CSP sono particolarmente favorite le zone
piane desertiche con ridotta diffusione atmosferica

Tipologie dei sistemi a concentrazione solare: centrali solari a torre con eliostati

CENTRAL RECEIVER



Rapporto di concentrazione 400-600

Temperature di esercizio 300-550 °C
(in futuro 800°C)

Rendimento medio di conversione 12-22%

Inseguimento con rotazione su due assi

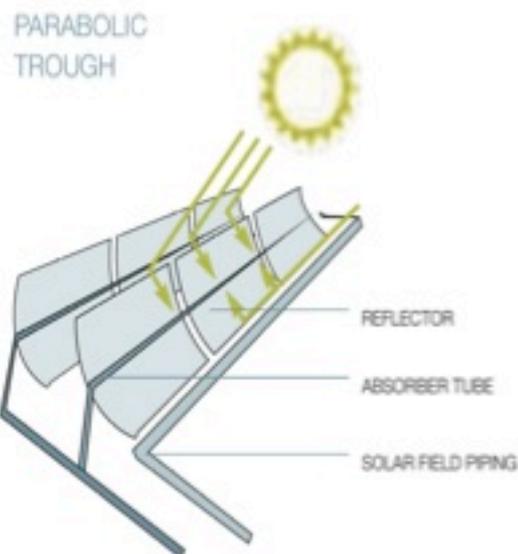
1-20 MWe (impianti in esercizio)

Tecnologia matura con prospettive di evoluzione

La centrale solare utilizza un campo di specchi (eliostati) che seguono il sole e riflettono l'energia solare su un ricevitore collocato in cima alla torre. L'energia solare, convertita in energia termica, viene ceduta ad un fluido di lavoro che genera vapore destinato ad una turbina convenzionale.

L'impianto è composto da: eliostati e relativo sistema di tracking, circuito con fluido di lavoro (sali fusi, vapore, aria), accumulo termico e sistema di controllo

Tipologie dei sistemi a concentrazione solare: sistemi a collettori parabolici lineari



Rapporto di concentrazione 70-100

Temperature di esercizio 350-550°C

Rendimento medio di conversione 11-15%

Tracking con rotazione su un asse

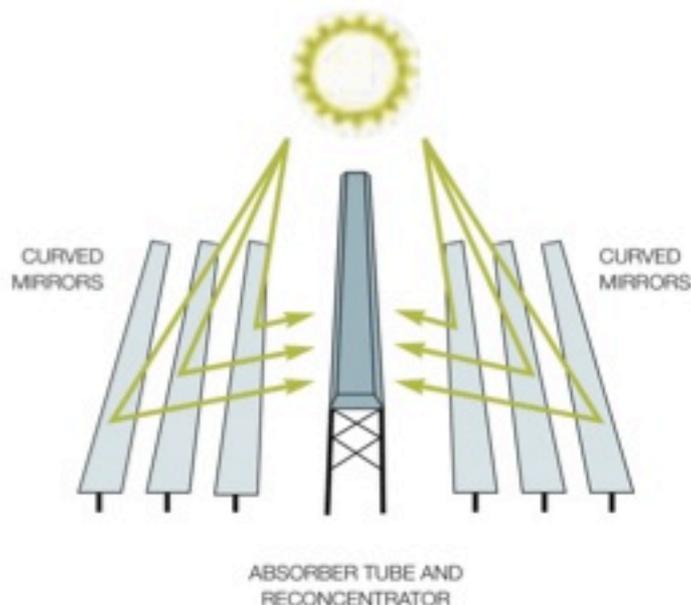
1-80 MWe (impianti in esercizio)

Tecnologia consolidata –sviluppi sui fluidi termovettori e sui costi dei componenti

I collettori lineari sono formati da una superficie riflettente con curvatura che approssima una parabola. Un tubo di metallo nero contenuto in un tubo coassiale trasparente che riduce le dispersioni termiche si trova sulla linea focale della parabola. Il fluido termovettore circolante (oli diatermici, sali fusi) trasferisce l'energia termica alla turbina.

Tipologie dei sistemi a concentrazione solare: sistemi a riflettori lineari Fresnel

LINEAR FRESNEL REFLECTOR (LFR)



Rapporto di concentrazione 25-100

Temperature esercizio 250-320°C

Rendimento medio 9-11%

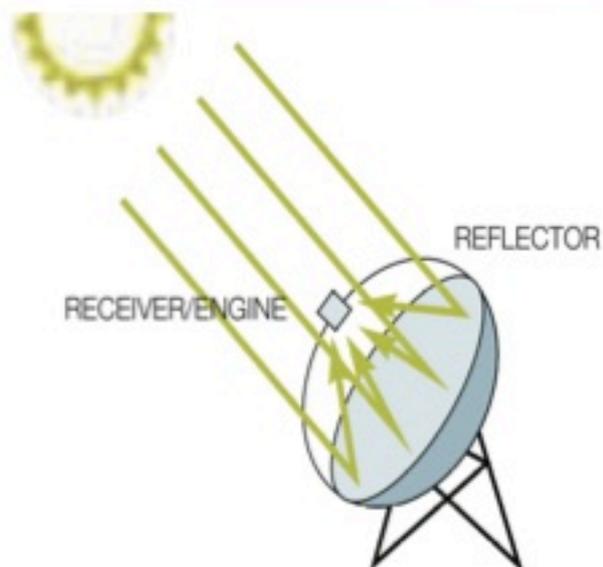
Tracking con rotazione su un asse

1-5 MWe (impianti in esercizio)

Impianti pilota, tecnologia "nuova"

Il sistema è composto da riflettori lineari che focalizzano la radiazione solare su un ricevitore stazionario in posizione sopraelevata, dotato di un concentratore secondario. Le prestazioni ottiche e termiche sono ridotte rispetto ai sistemi a parabole lineari.

Tipologie dei sistemi a concentrazione solare: sistemi a disco parabolico e motore Stirling (mini solare termodinamico)



Rapporto di concentrazione 600-2500

Temperature di esercizio 500-900 °C

Rendimenti medi 20-27% (massimo conseguito 31%)

Tracking su due assi

Primi prodotti commerciali

1-25 kWe (impianti in esercizio e sperimentali)

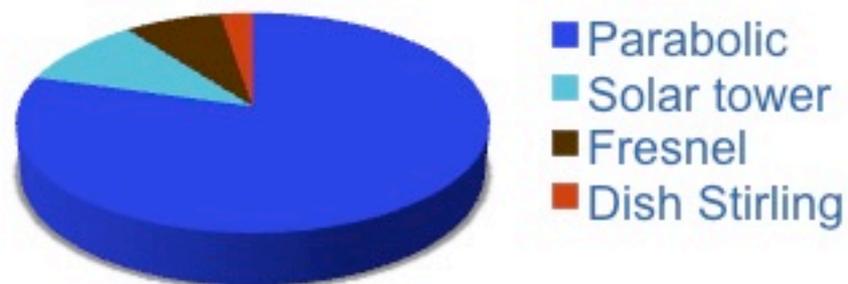
Buone potenzialità di riduzione dei costi su larga scala

Il riflettore a disco parabolico segue il sole muovendosi su due assi e concentra la radiazione sul suo punto focale. Nel ricevitore è collocato un motore Stirling che, accoppiato ad un generatore, trasforma l'energia termica in meccanica e successivamente in elettrica

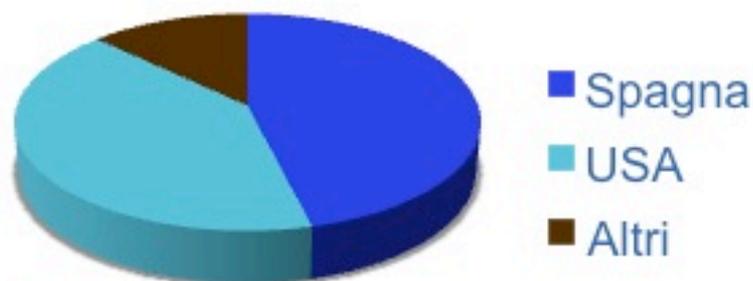
Impianti solari termodinamici commerciali in esercizio

(ad aprile 2011, potenza superiore a 1 MW)

38 impianti



Ubicazione



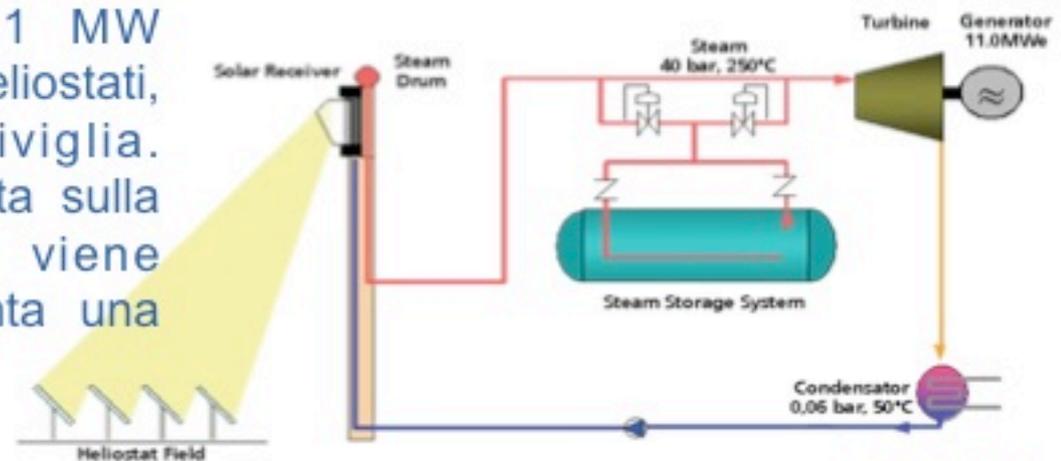
Anno avvio



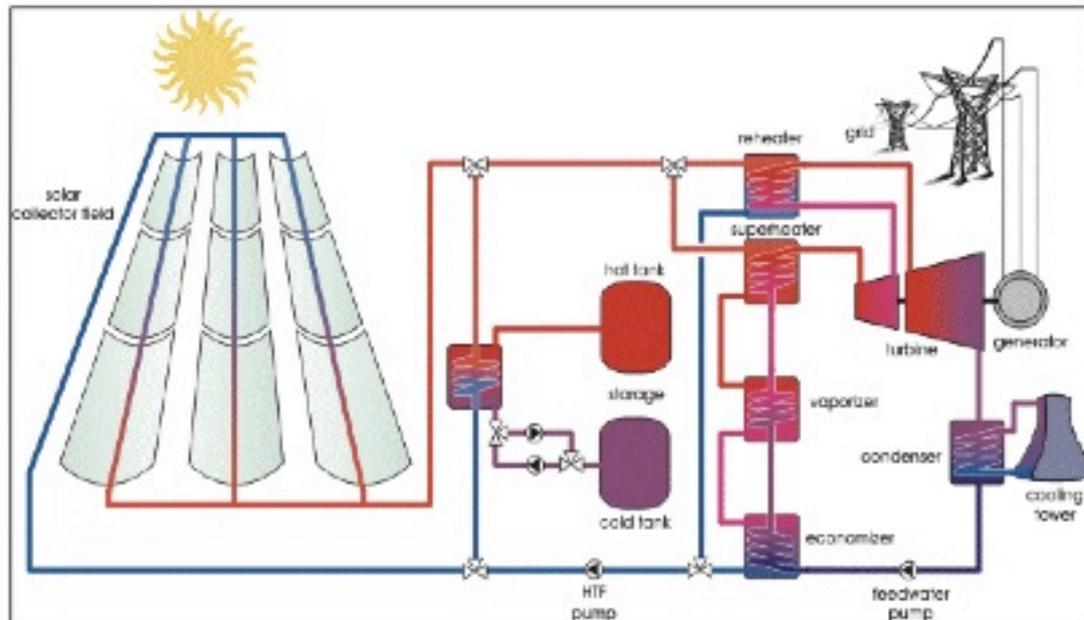
Centrali a torre – Planta Solar 10 e 20 (PS 10- PS 20)



2 centrali gemelle da 11 MW ciascuna con più di 600 eliostati, ubicate nei pressi di Siviglia. L'energia solare è concentrata sulla caldaia della torre dove viene generato vapore che alimenta una turbina Rankine



Centrale a specchi parabolici Andasol 1



In prossimità di Granada, tre impianti da 50MW , più di 500.000 metri quadri di riflettori ciascuna, ciclo vapore Rankine e storage di più di 28000 tons di sali fusi in due serbatoi

Impianto solare Archimede di Priolo (Siracusa) Progetto e realizzazione ENEA-ENEL

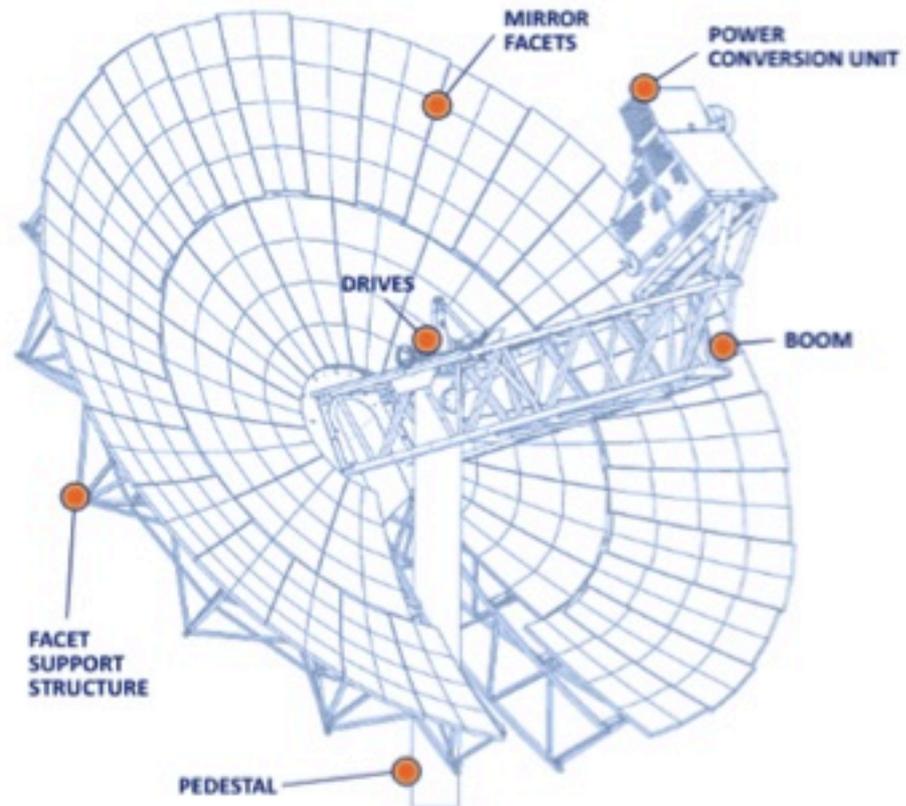


Entrata in funzione nel 2010. 5 MW, 32000 mq superficie riflettente, circuito primario a sali fusi. Produzione di vapore per integrazione di impianto a ciclo combinato alimentato a gas



SES Stirling Energy Systems

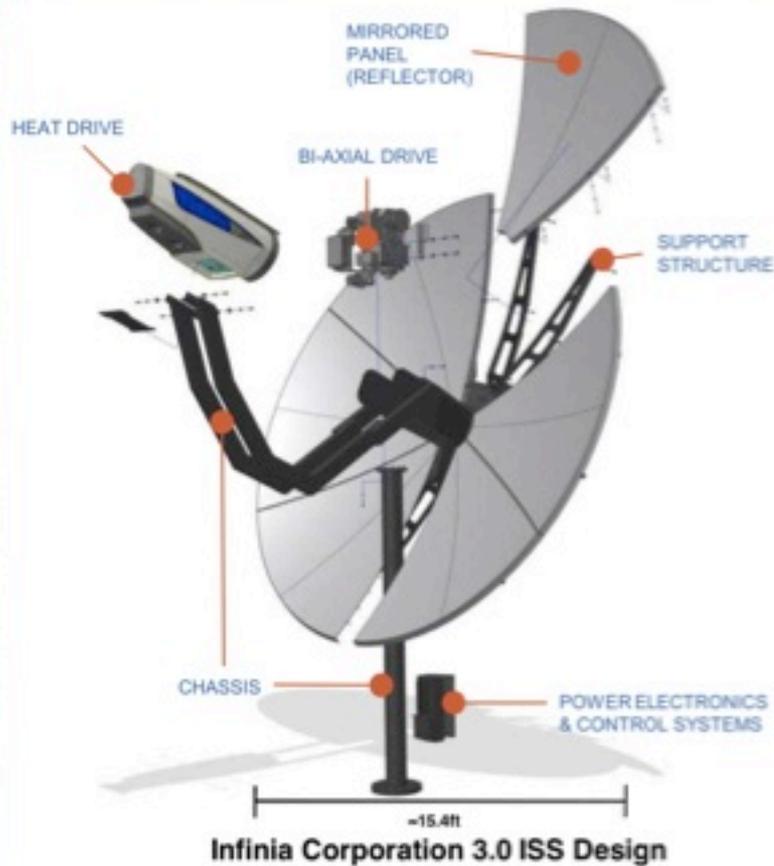
Generatore SunCatcher da 25 kWe



25 kW per unità, motore Stirling 4 cilindri, idrogeno come fluido di lavoro nel circuito di scambio termico del motore

Stirling Energy Systems, Inc.

INFINIA 3.0 ISS (3 kWe - 5 metri diametro)



Dotato di motore Stirling monocilindrico a pistone libero

Prototipo del generatore EuroDish presso RSE



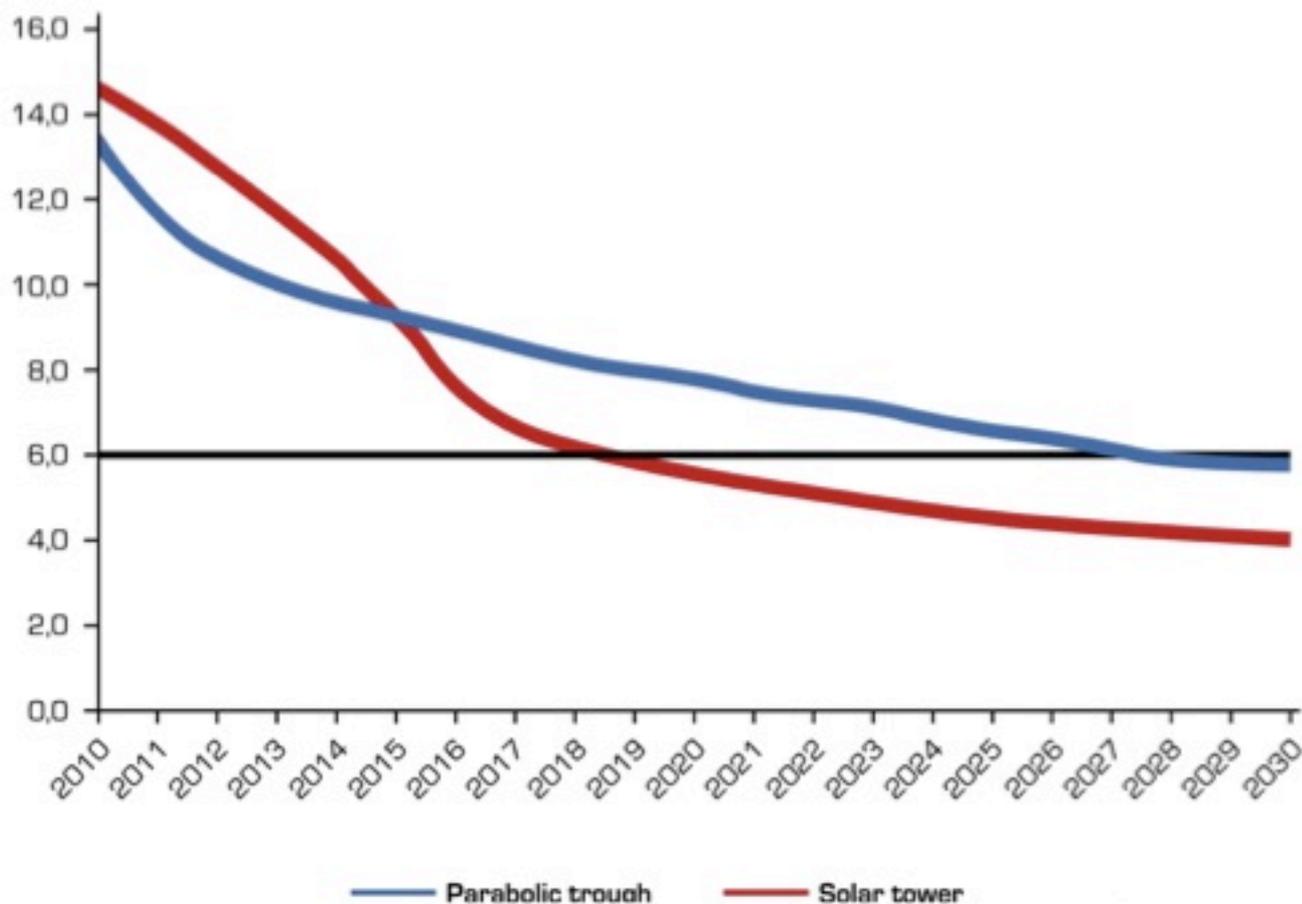
Il generatore, con un paraboloide del diametro di 8,5 m., è incorporato in una struttura che consente la rotazione su due assi. Il motore Stirling SOLO 161, potenza nominale di 10 kW, è installato al vertice, con lo scambiatore caldo sul piano focale del concentratore.

E' ubicato a Milano presso i laboratori RSE (Ricerca sul Sistema Energetico) del gruppo GSE (Gestore Servizi Energetici)

Miglioramento delle tecnologie e incremento dell'efficienza dei sistemi CSP

- Aumentare l'**efficienza** globale di produzione dell'energia elettrica (temperatura di esercizio più elevata, maggiore efficienza dei concentratori e dei ricevitori, migliore rendimento delle turbine, motori Stirling ottimizzati per la specifica applicazione solare)
- Ottimizzare i diversi **componenti** (supporti, parabole e eliostati, concentratori, fluidi termovettori, sistemi di inseguimento, sistemi intelligenti per il controllo) con nuove soluzioni progettuali e nuovi materiali
- Migliorare l'**affidabilità** dei sistemi, riducendo contemporaneamente costi di produzione, di assemblaggio e frequenza degli interventi manutentivi programmati
- Ridurre i **consumi energetici** e idrici necessari per la gestione dell'impianto

Evoluzione costi produzione energia elettrica (c€/kWh) per solare termodinamico



La filiera italiana del CSP





Produzione distribuita di energia elettrica
da generatori eolici.

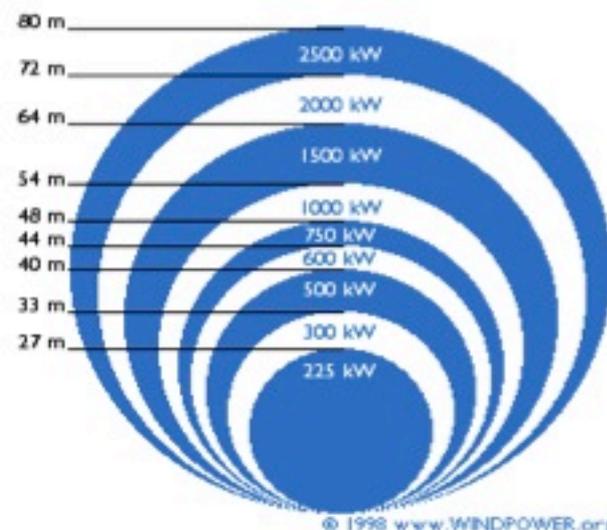
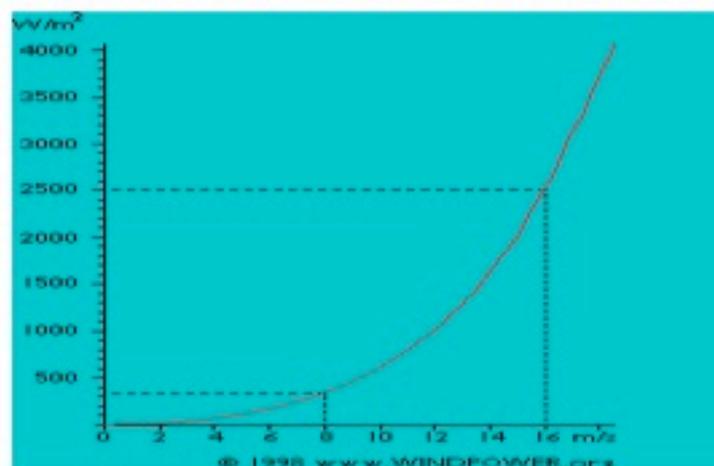
Il “mini- eolico”

Principi di funzionamento

L'energia resa disponibile dal vento corrisponde all'energia cinetica della massa d'aria ($M=Av\rho$) che interagisce con il rotore nell'unità di tempo

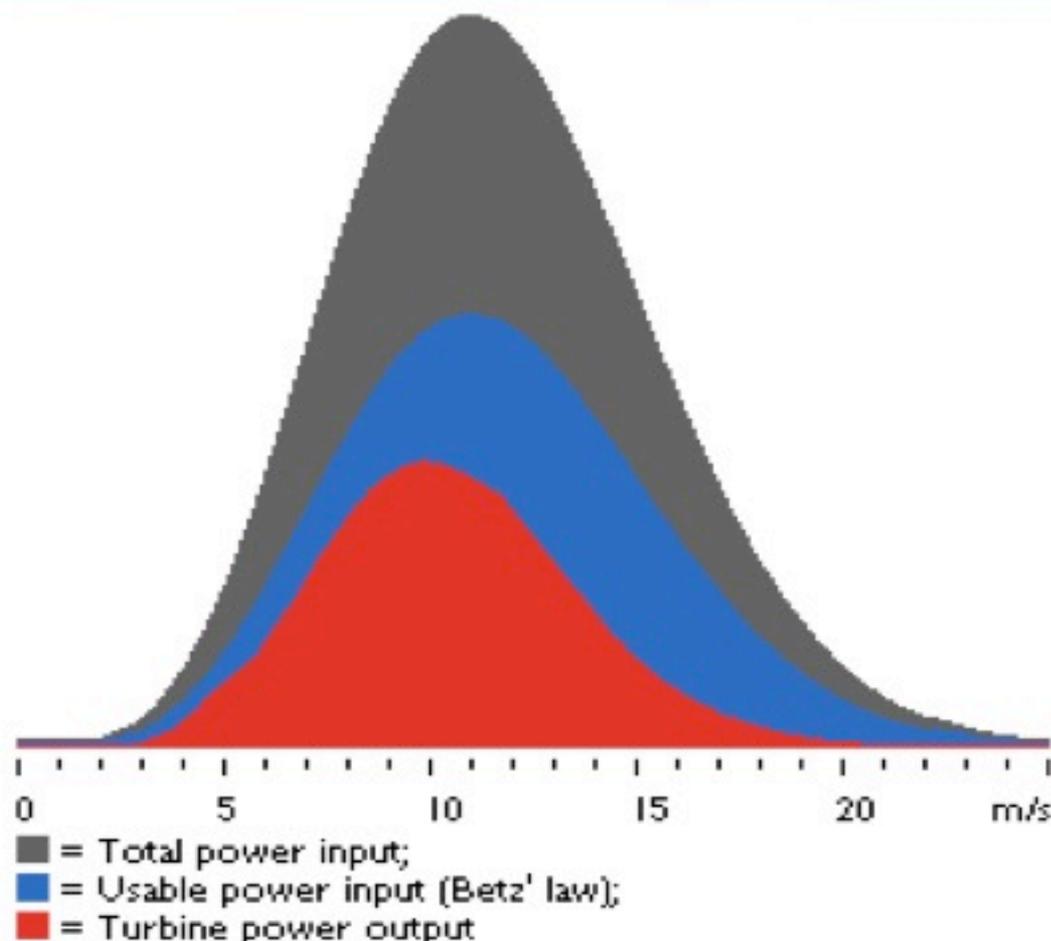
$$P_0 = e_c \cdot M = \left(\frac{1}{2}v^2\right) \cdot (Av\rho) = \frac{1}{2}A\rho v^3$$

L'energia varia quindi con il cubo della velocità del vento ed il quadrato del diametro del rotore



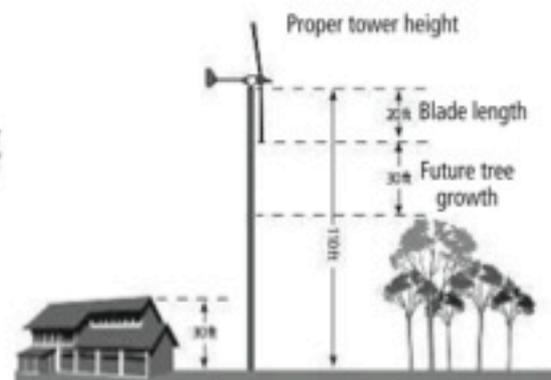
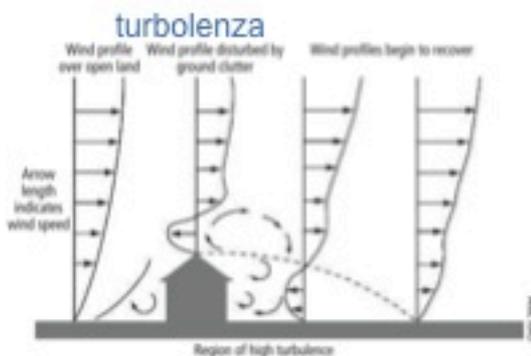
Principi di funzionamento

In una situazione reale non è possibile usufruire di tutta l'energia cinetica del vento: la massima frazione utilizzabile, in accordo con la legge di Betz è pari a circa il 59%. Entra poi in gioco il rendimento globale del generatore eolico .

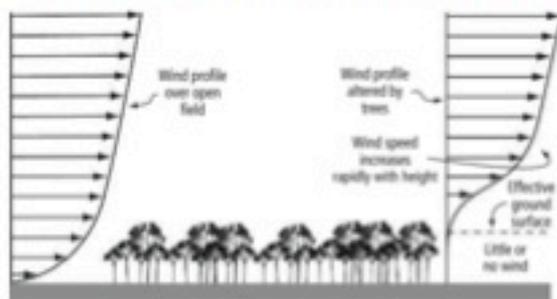


Posizionamento del generatore eolico

Importanza del sito e dell'altezza del generatore eolico



Velocità del vento su aree con diverse caratteristiche

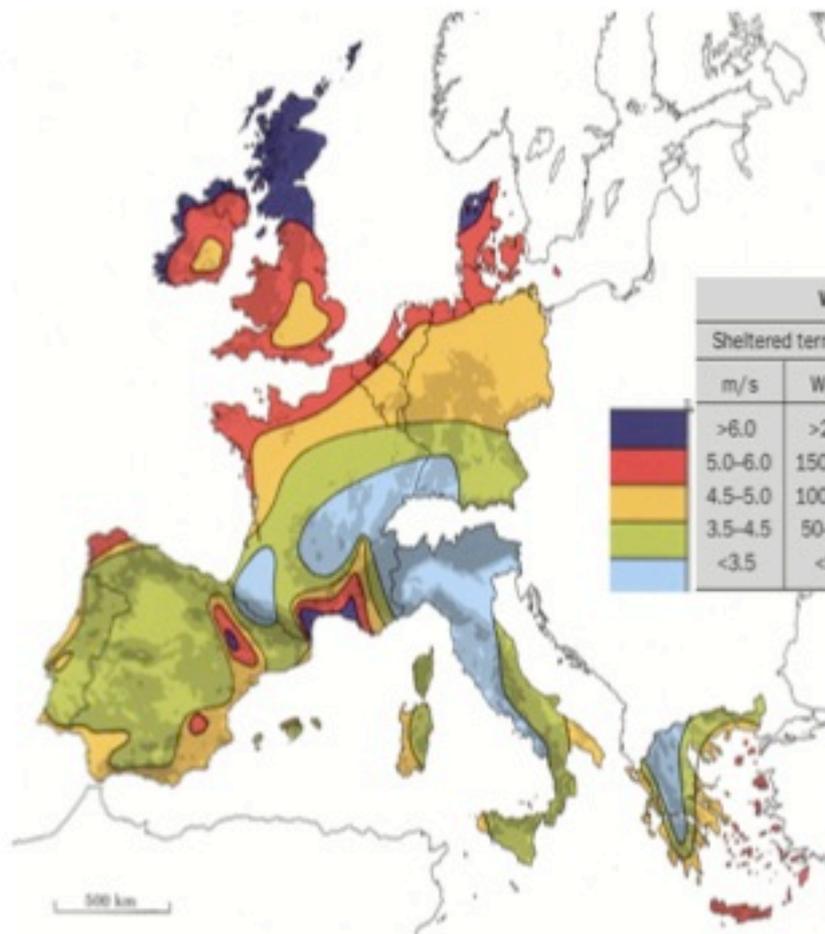


Bolla di turbolenza



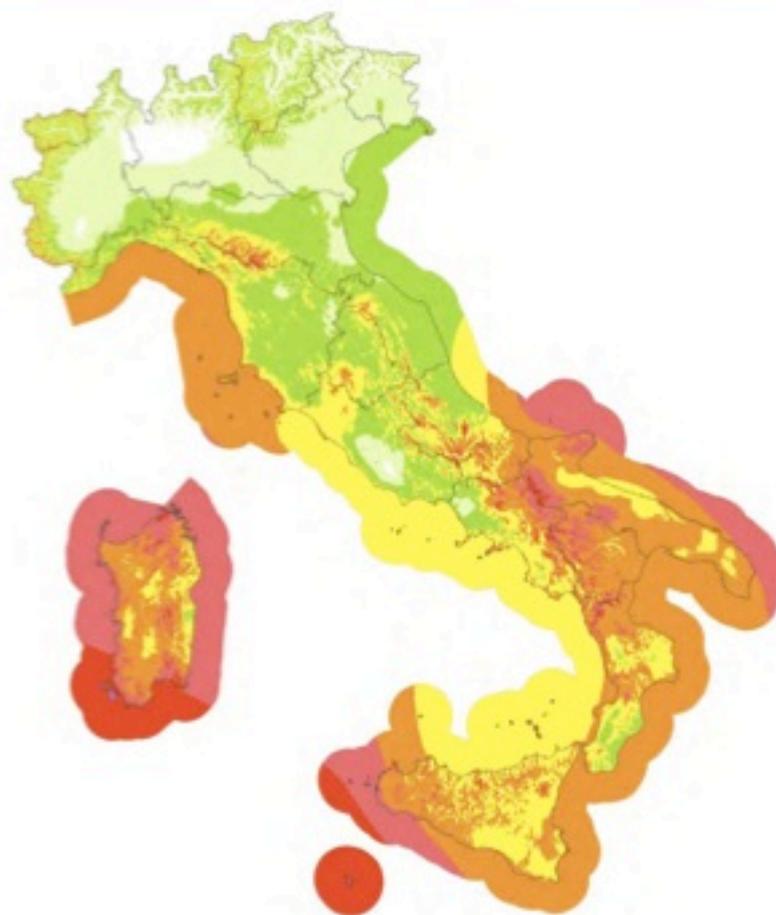
Da "Wind power basics" – D.Chiras

European Onshore Wind Atlas



Wind resources at 50 metres above ground level for five different topographic conditions									
Sheltered terrain		Open terrain		At a sea coast		Open sea		Hills and ridges	
m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²
>6.0	>250	>7.5	>500	>8.5	>700	>9.0	>800	>11.5	>1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
<3.5	<50	<4.5	<100	<5.0	<150	<5.5	<200	<7.0	<400

Ventosità media annua (75 m. livello del mare)



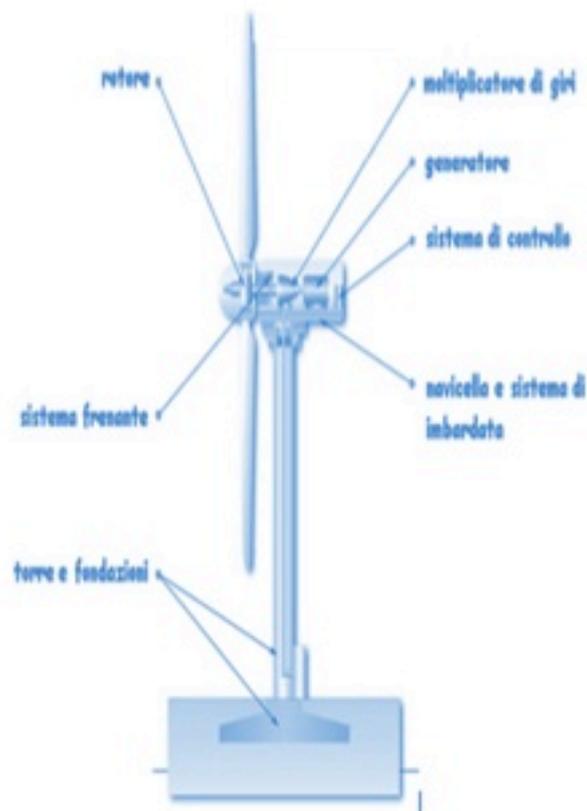
Velocità del vento

m/s



Fonte RSE -GSE

Generatore ad asse orizzontale (horizontal axis wind turbine HAWT)



Schema documentazione ENEA

Il rotore è costituito da pale (solitamente 2-3) attaccate ad un mozzo. Le pale possono avere un orientamento fisso o mobile.

Il rotore è collegato, attraverso un moltiplicatore di giri, ad un alternatore che trasforma l'energia meccanica in elettrica.

Un sistema di controllo e di arresto gestisce il funzionamento del generatore nelle diverse condizioni di vento.

La navicella viene orientata in modo tale che l'asse del rotore risulti allineato con la direzione del vento.

Generatore ad asse verticale (Darrieus) (Vertical Axis Wind Turbine VAWT)



Vantaggi:

- Può essere installato direttamente sul terreno
- Può catturare il vento da ogni direzione

Svantaggi:

- Non usufruisce della velocità ottimale del vento
- Ha rendimenti non elevati;

Mini generatori eolici commerciali

4 kW Field 3
Vertical Wind Energy



3 kW Deltatronic



1 kW KGE



Caratteristiche di massima

1 kW – diametro rotore m.2-2,5, 3 pale, asse orizzontale, torre m.10-20, cut-in 3 m/s
10-20 kW – diametro rotore m.5-8, 3 pale, asse orizzontale, torre m.20-40, cut-in 3-4 m/s

Ostacoli* allo sviluppo dell'energia eolica

- Impatto visivo
- Occupazione del territorio
- Rumorosità
- Interferenze elettromagnetiche
- Effetti sulla fauna

* Superabili con opportuni accorgimenti

Aspetti favorevoli all'energia eolica

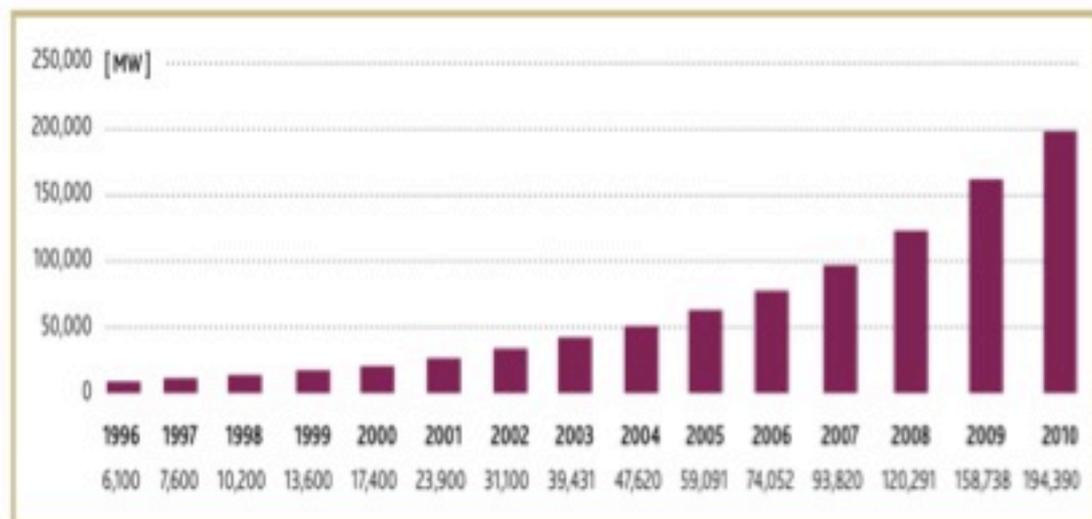
- Assenza di emissioni nocive e climalteranti
- Tecnologia matura con ulteriori prospettive di sviluppo
- Competitività economica e continua riduzione dei costi
- Impianti affidabili (scarsa manutenzione, lunga vita)
- Potenzialità di sviluppo di una filiera produttiva nazionale

Prossimi sviluppi tecnologici dell'eolico

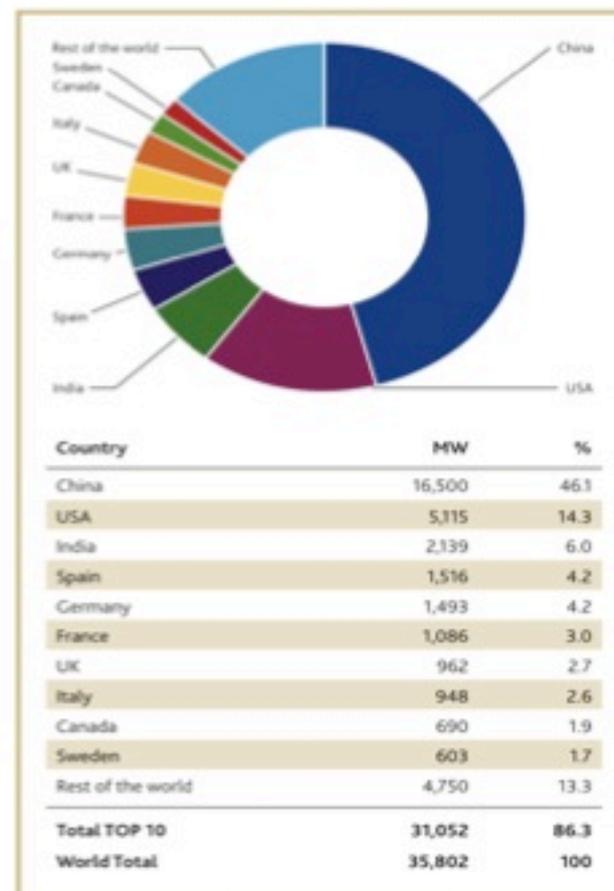
- Maggiore economicità e semplicità di installazione e gestione negli impianti "mini"
- Maggiore durata dei componenti (es. resistenza alla corrosione in ambiente marino)
- Estensione dei limiti di cut-in (mini-eolico) e cut-off del rotore
- Maggiore flessibilità di connessione ed integrazione alla rete elettrica (smart grid)
- Sistemi di accumulo dell'energia disponibile in eccesso
- Negli impianti di grossa taglia, incremento della potenza (e delle dimensioni) degli aerogeneratori onshore e offshore
- Sviluppo delle tecnologie offshore

Potenza eolica globale installata (MW) a fine 2010

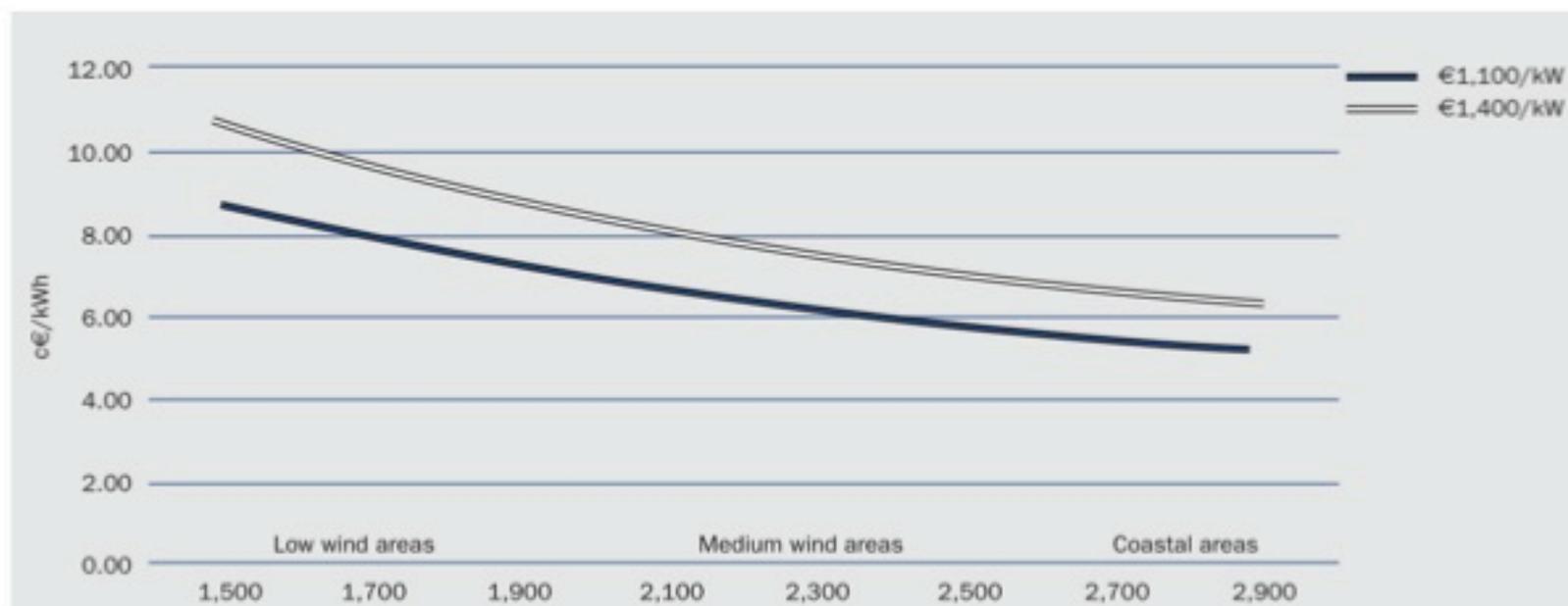
GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED WIND CAPACITY 1996-2010



TOP 10 NEW INSTALLED CAPACITY JAN-DEC 2010



Costo dell'energia elettrica (c€/kWh) da fonte eolica in funzione del sito e del costo di investimento



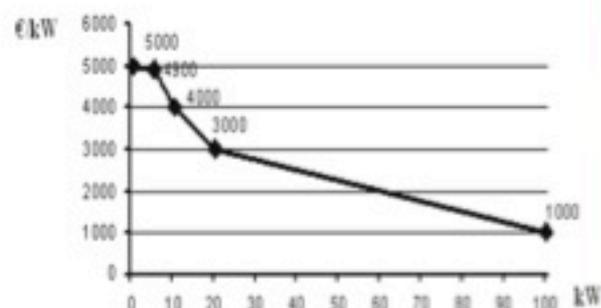
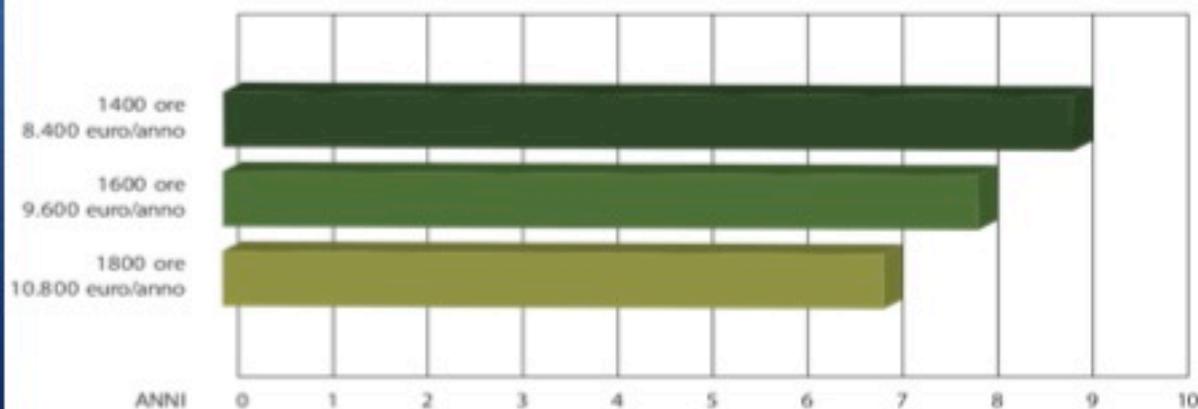
Ore/anno a piena potenza

Costi ed incentivi per un impianto minieolico in Italia

-Il D.M. del 18/12/2008 prevede un incentivo per gli impianti mini eolici connessi alla rete elettrica con potenza compresa tra 1 e 200 kW . L' incentivo, di € 0,30 per ogni kWh immesso in rete ha la durata di 15 anni ed è erogato dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE).

-un sistema mini eolico, con potenza compresa fra 5 kW e 20 kW, ha un costo previsto (rif. ENEL) compreso fra 5.000 e 3.000 Euro per kW installato, IVA esclusa

Tempo di ritorno (non attualizzato)



Operatori del settore eolico in Italia

Fonte ANEV , Associazione nazionale Energia del Vento

