

# Energia eolica

# Energia dal vento (eolica)

- Generalità
- Disponibilità di vento in Europa e in Italia
- Il vento e il suo contenuto energetico
- Aerogeneratori
- Impatto ambientale delle turbine eoliche

# In sintesi:

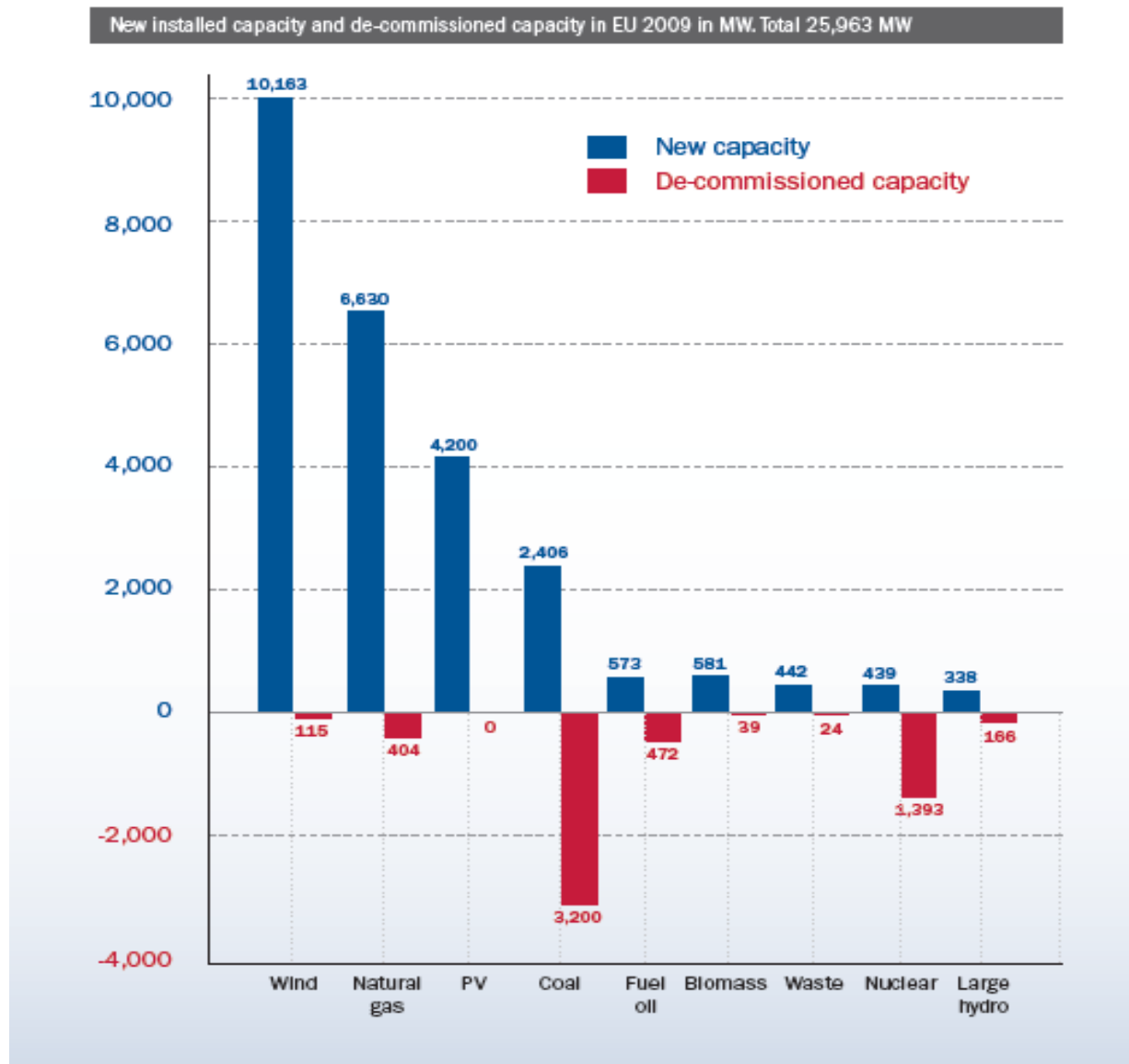
- Vantaggi:
  - Tecnologia matura
  - Costi relativamente bassi del kWh prodotto in zone ventose
- Svantaggi
  - Impatto ambientale (acustico, estetico)



# Lo sapevate?

- Gli impianti eolici installati in Europa nel 2009 hanno prodotto il 4.8% di tutta l'elettricità consumata.
- Nel 2009, per il secondo anno consecutivo, la potenza eolica installata ha superato quella di qualunque altra fonte, col 39% dei nuovi impianti
- Più di 10 GW di potenza sono stati installati nel 2009 - 23% più del 2008.
- Nel 2009 in Europa l'energia eolica ha consentito di
  - evitare emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 106 milioni di tonnellate, equivalenti all'eliminazione del 25% delle auto dalle strade europee
  - risparmiare 6 miliardi di euro di combustibili fossili.
  - Trovare occupazione per 192,000 persone

# La nuova capacità installata e dismessa nel 2009



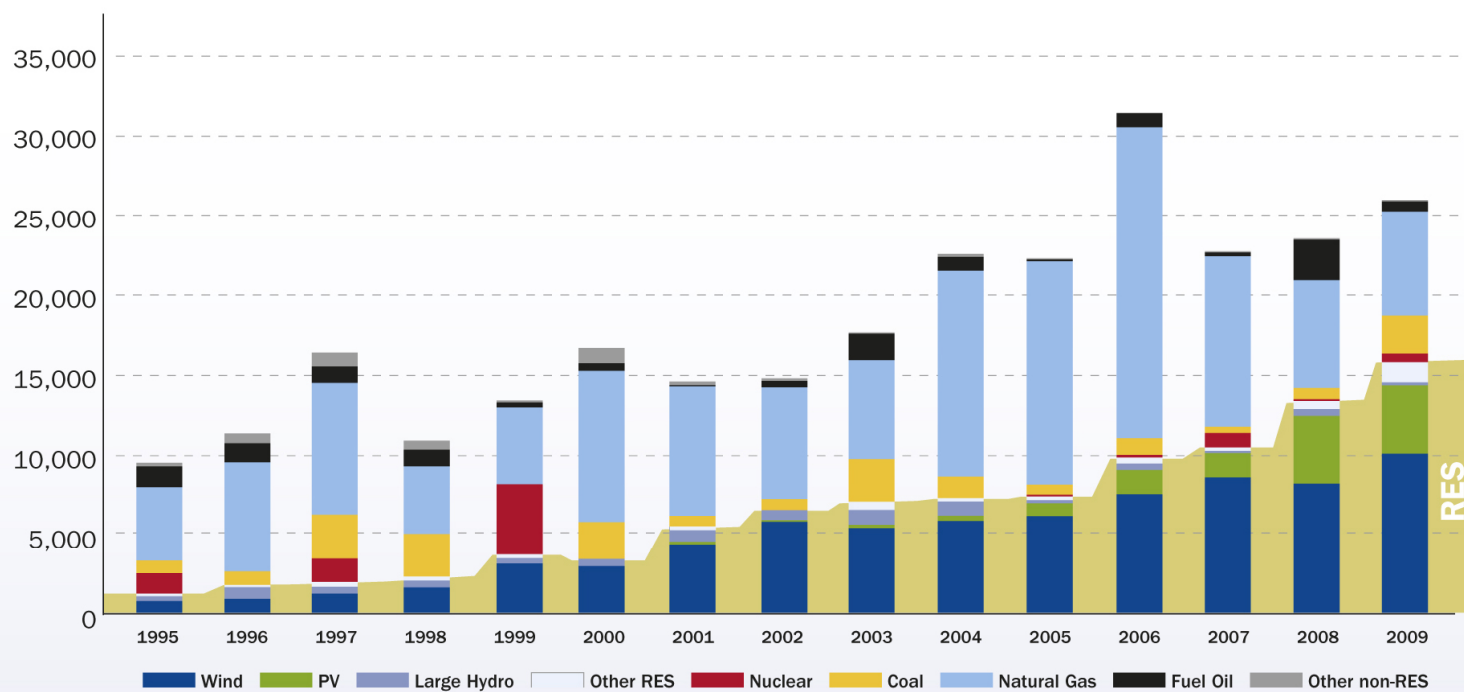
Fonti rinnovabili

G.V. Fracastoro

# La nuova capacità installata (1995-2009)

NEW INSTALLED CAPACITY PER YEAR IN MW

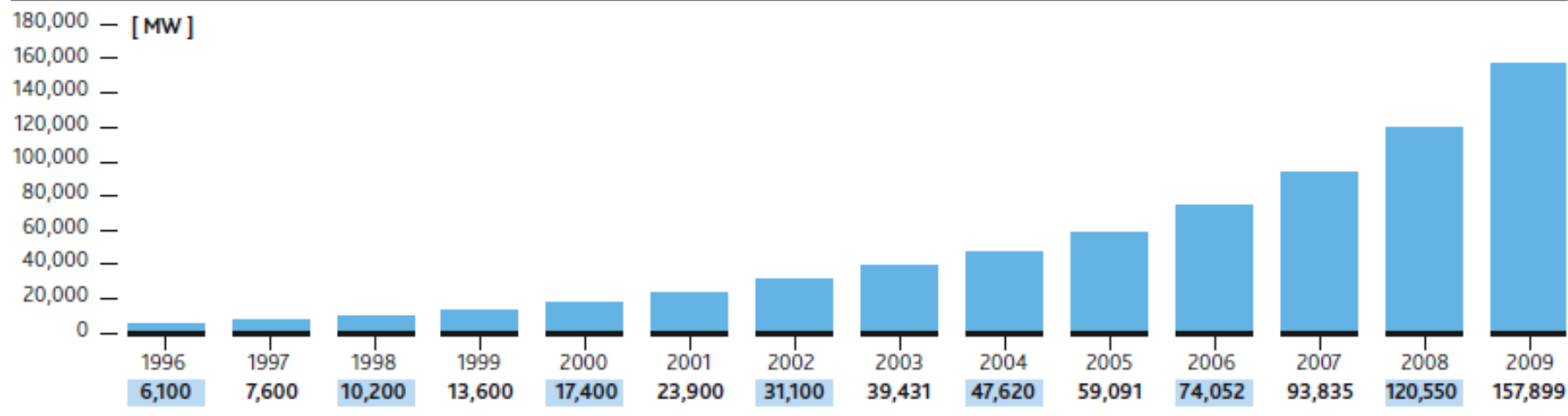
FIGURE 2.1



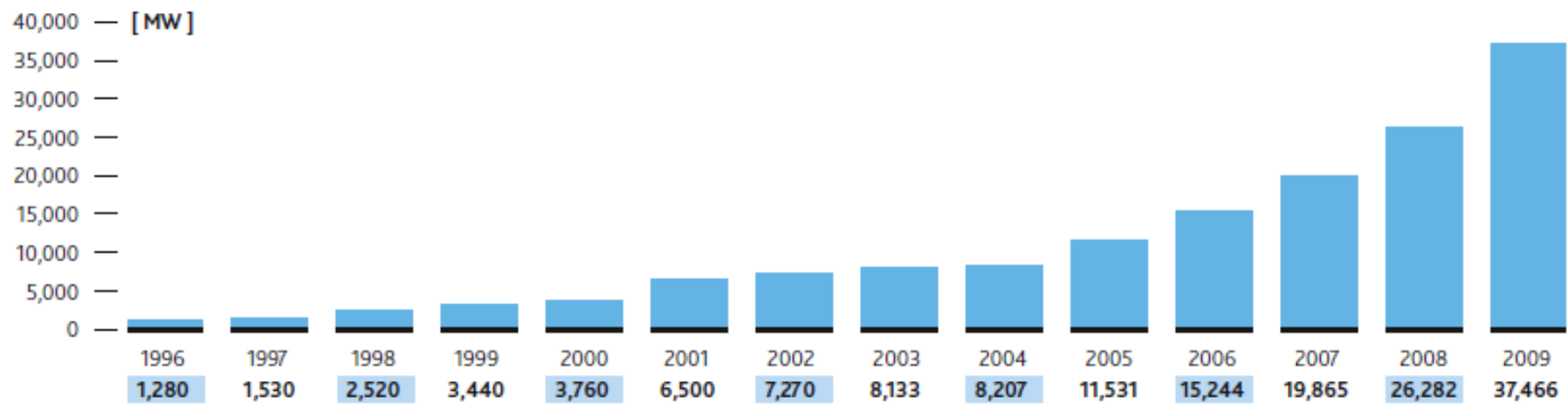
Source: EWEA, EPIA, ESTELA, EI-OEA, and Platts Powervision



### GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED WIND CAPACITY (1996-2009)

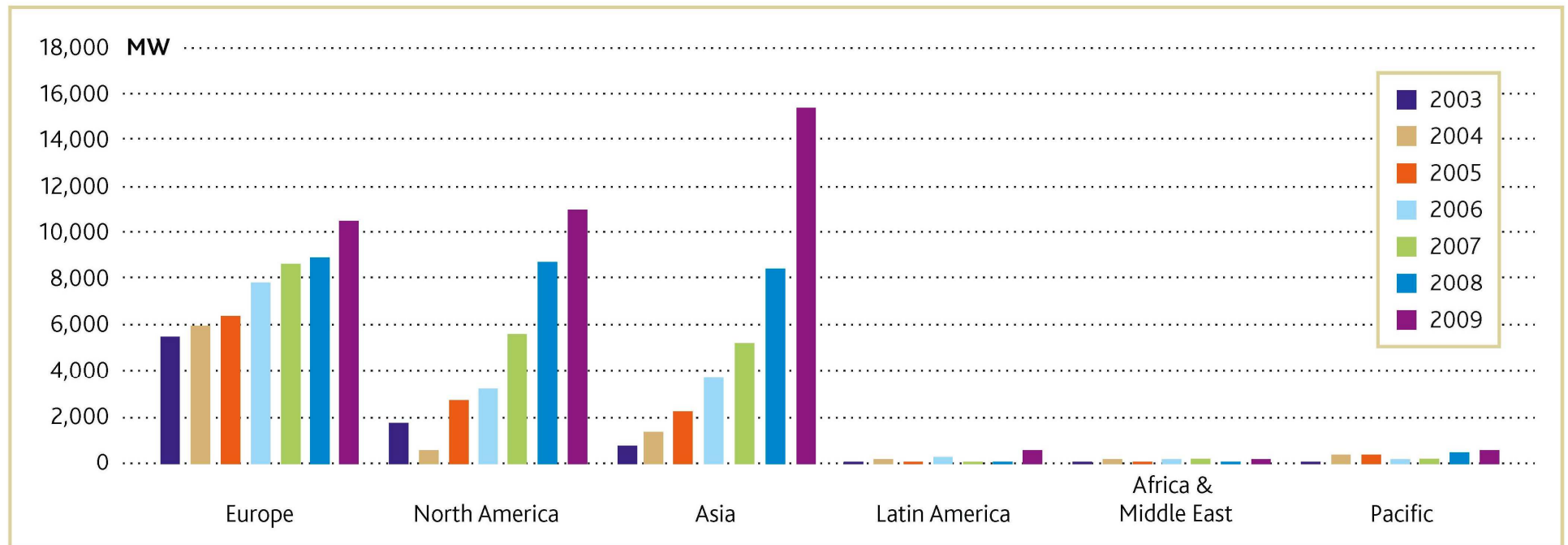


### GLOBAL ANNUAL INSTALLED WIND CAPACITY (1996-2009)



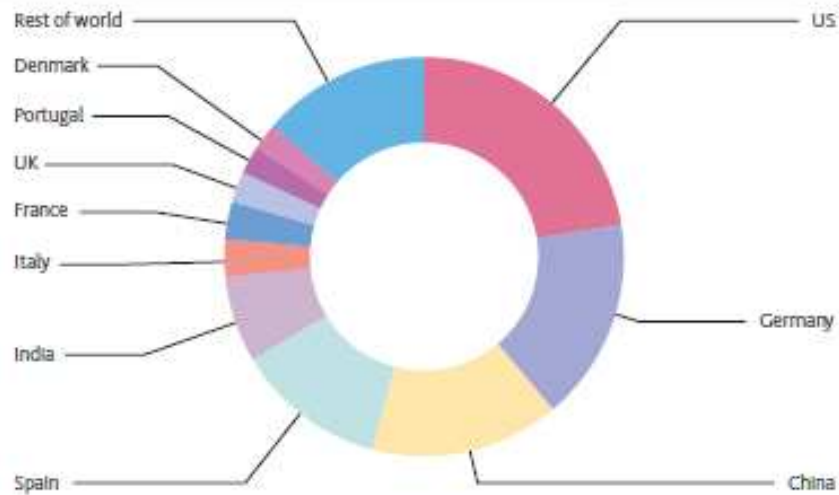
# Potenza annua installata

ANNUAL INSTALLED CAPACITY BY REGION 2003-2009





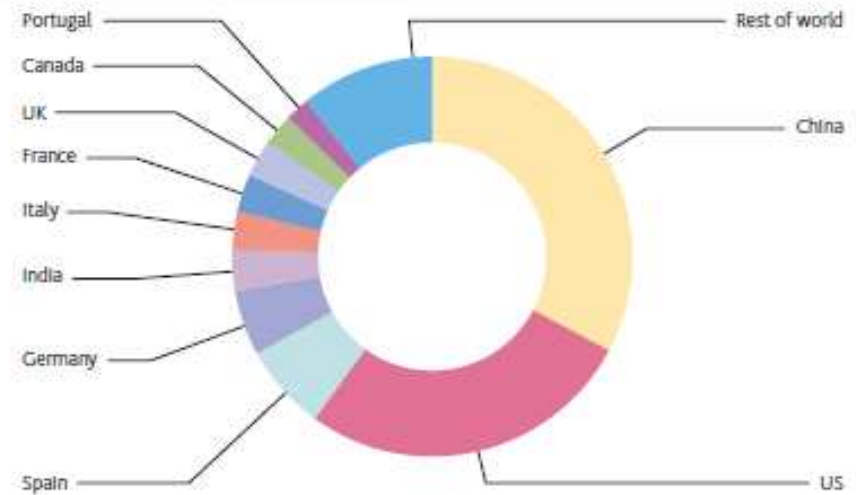
### TOP 10 CUMULATIVE CAPACITY DEC. 2009



	MW	%
US	35,159	22.3
Germany	25,777	16.3
China	25,104	15.9
Spain	19,149	12.1
India	10,926	6.9
Italy	4,850	3.1
France	4,492	2.8
UK	4,051	2.6
Portugal	3,535	2.2
Denmark	3,465	2.2
<b>Total top 10</b>	<b>136,508</b>	<b>86.5</b>
Rest of the world	21,391	13.5
<b>World total</b>	<b>157,899</b>	<b>100</b>

Fonti rinnovabili

### TOP 10 NEW INSTALLED CAPACITY JAN.-DEC. 2009



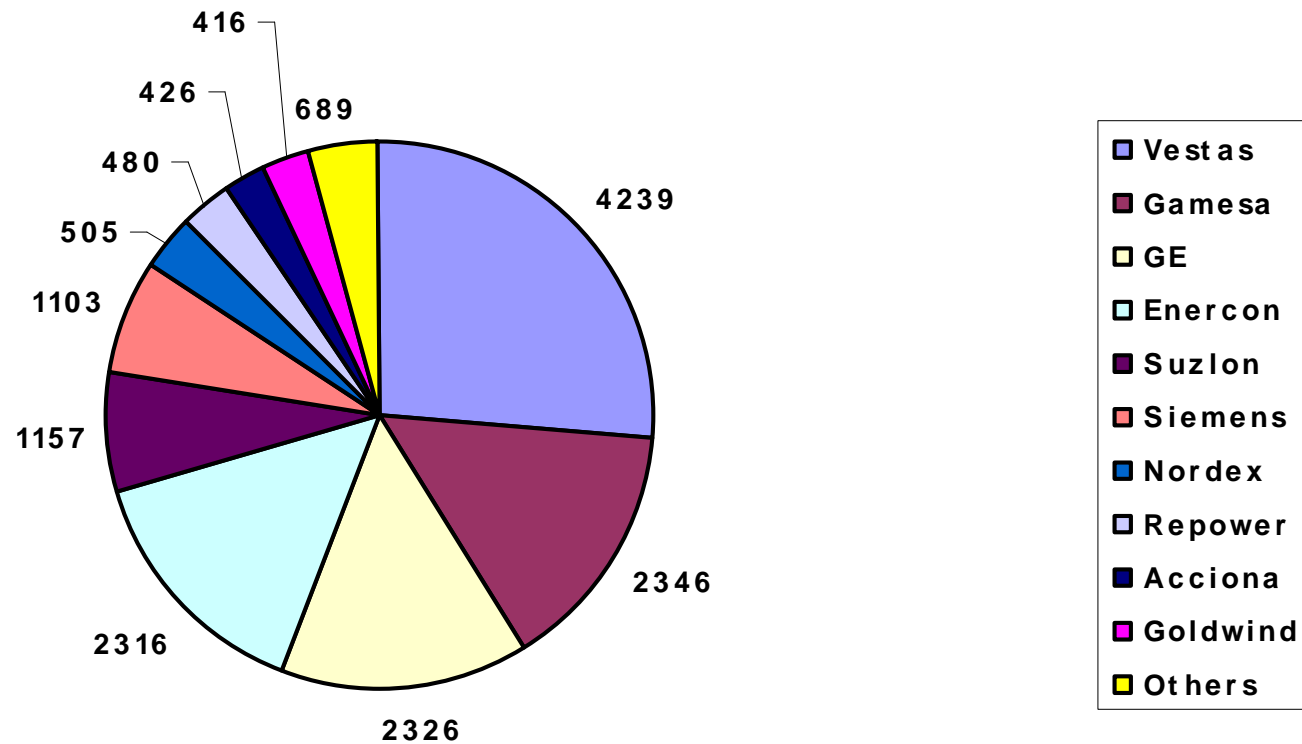
	MW	%
China	13,000	34.7
US	9,922	26.5
Spain	2,459	6.6
Germany	1,917	5.1
India	1,271	3.4
Italy	1,114	3.0
France	1,088	2.9
UK	1,077	2.9
Canada	950	2.5
Portugal	673	1.8
<b>Total top 10</b>	<b>33,471</b>	<b>89.3</b>
Rest of the world	3,994	10.7
<b>World total</b>	<b>37,466</b>	<b>100</b>

G.V. Fracastoro

Fonte: EWEA

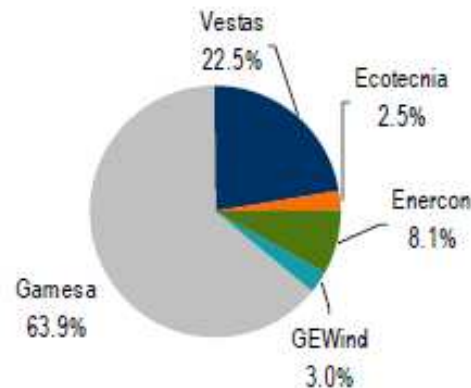
# Principali operatori nel settore turbine eoliche nel Mondo

Turbine eoliche vendute nel 2006



# Principali operatori in Italia

Chart 56: 2006 market share : Italy



Source: Merrill Lynch, BTM consult

## Italy

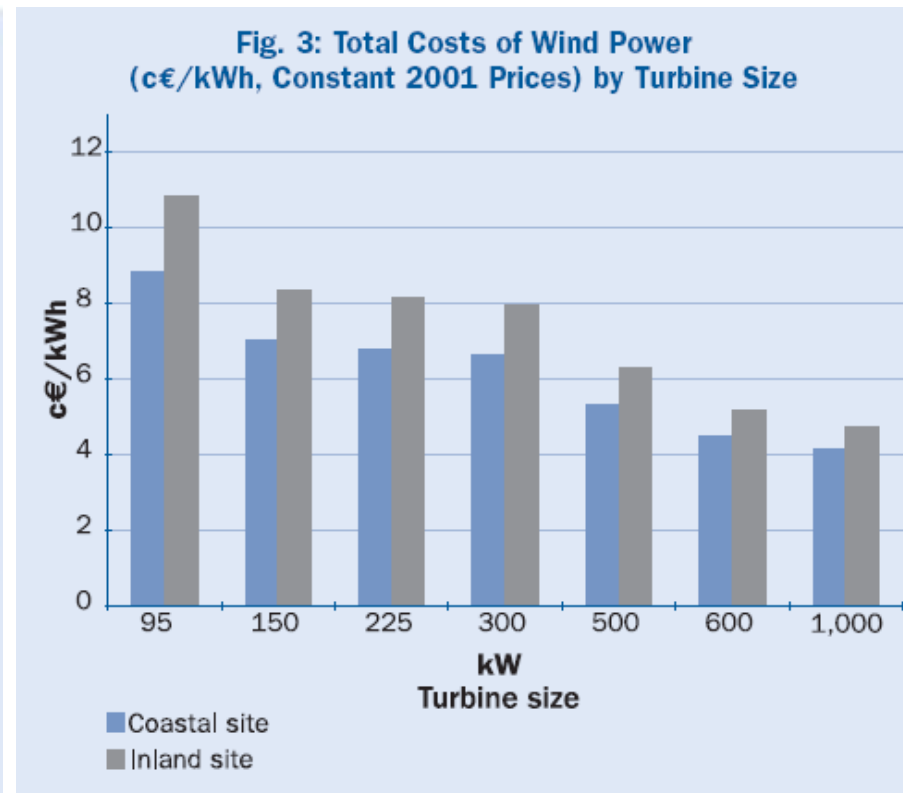
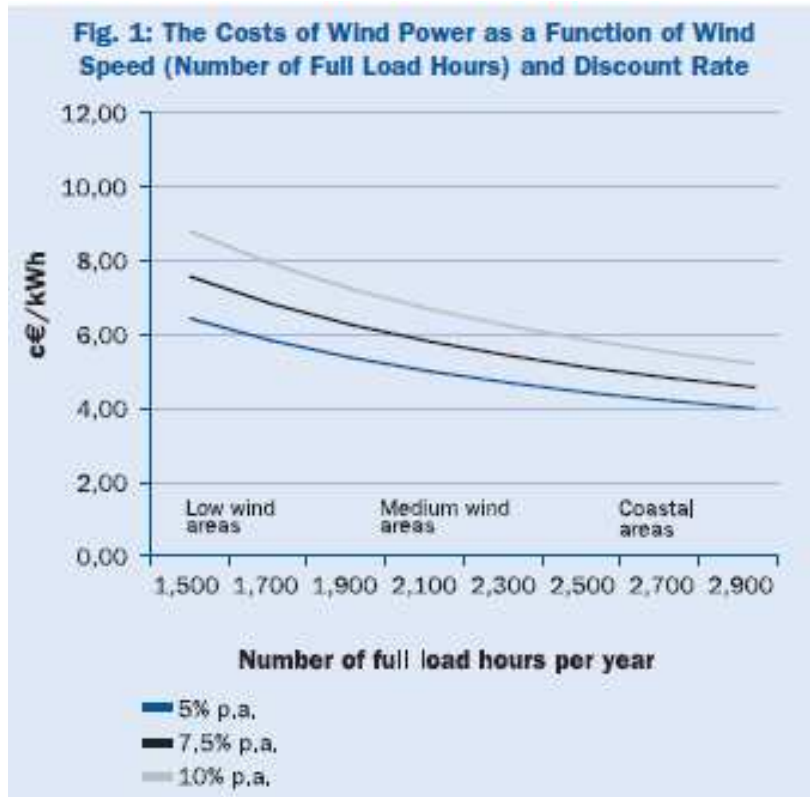
**Current and forecast capacity:** Italy is now the fourth largest market in Europe. Current capacity is just over 2,000MW. Market expectations are for an additional 4,800MW of new capacity by 2011, a run-rate of 960MW per annum, well ahead of installed capacity of just 417MW in 2006.

**Current market share:** Renewable energy currently accounts for 16.5% of electricity generation of which wind accounts for 12%.

**Regulatory framework:** The main incentive mechanism is the use of green certificates which are currently valued at an additional 12 EUR cents on the electricity price.

**Official target:** 25% market share target for renewable energy by 2010; which now looks unlikely to be achieved. The official target for wind by 2010 is 2,500MW but this looks likely to be surpassed this year.

# Alcuni dati economici



# La nuova frontiera: l'offshore



fiora

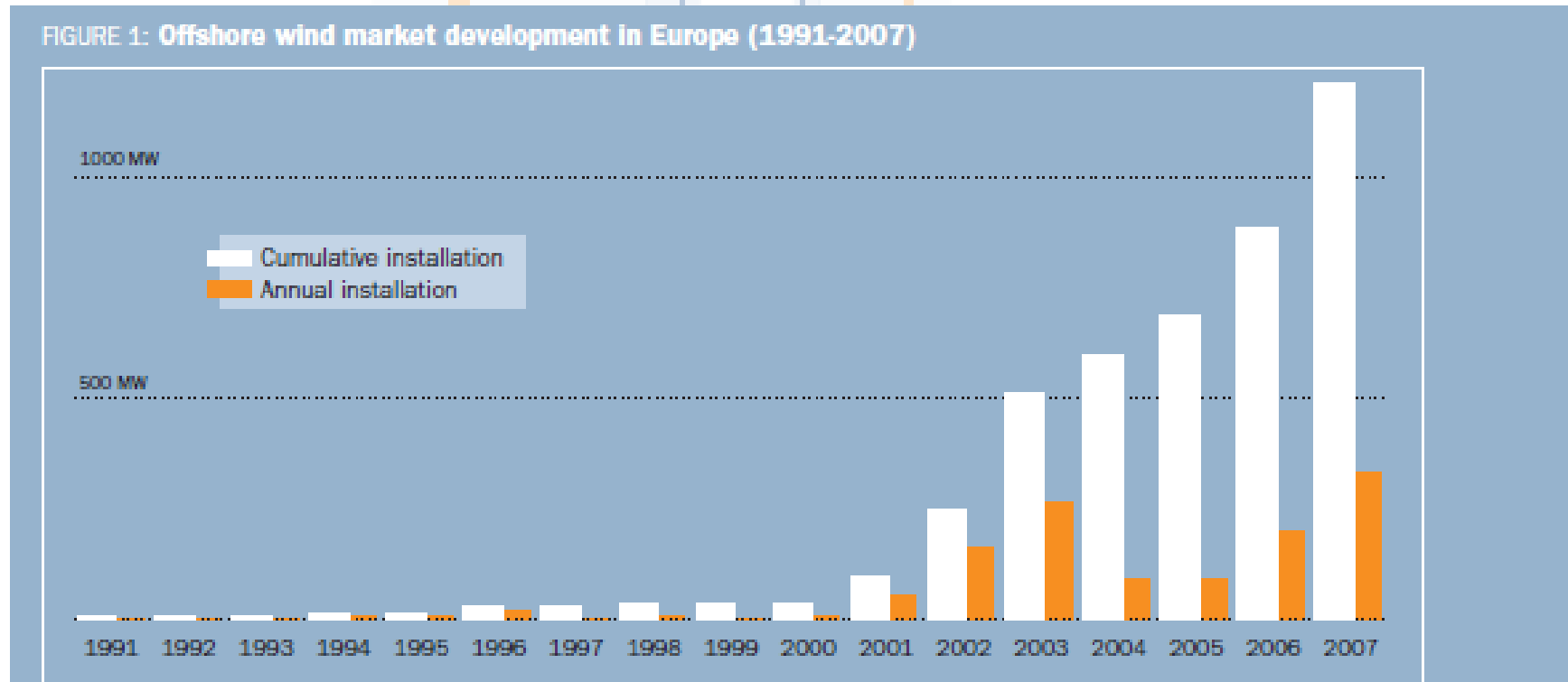
ella  
dia  
ra il

ebbe

# Parchi eolici offshore esistenti e in progetto

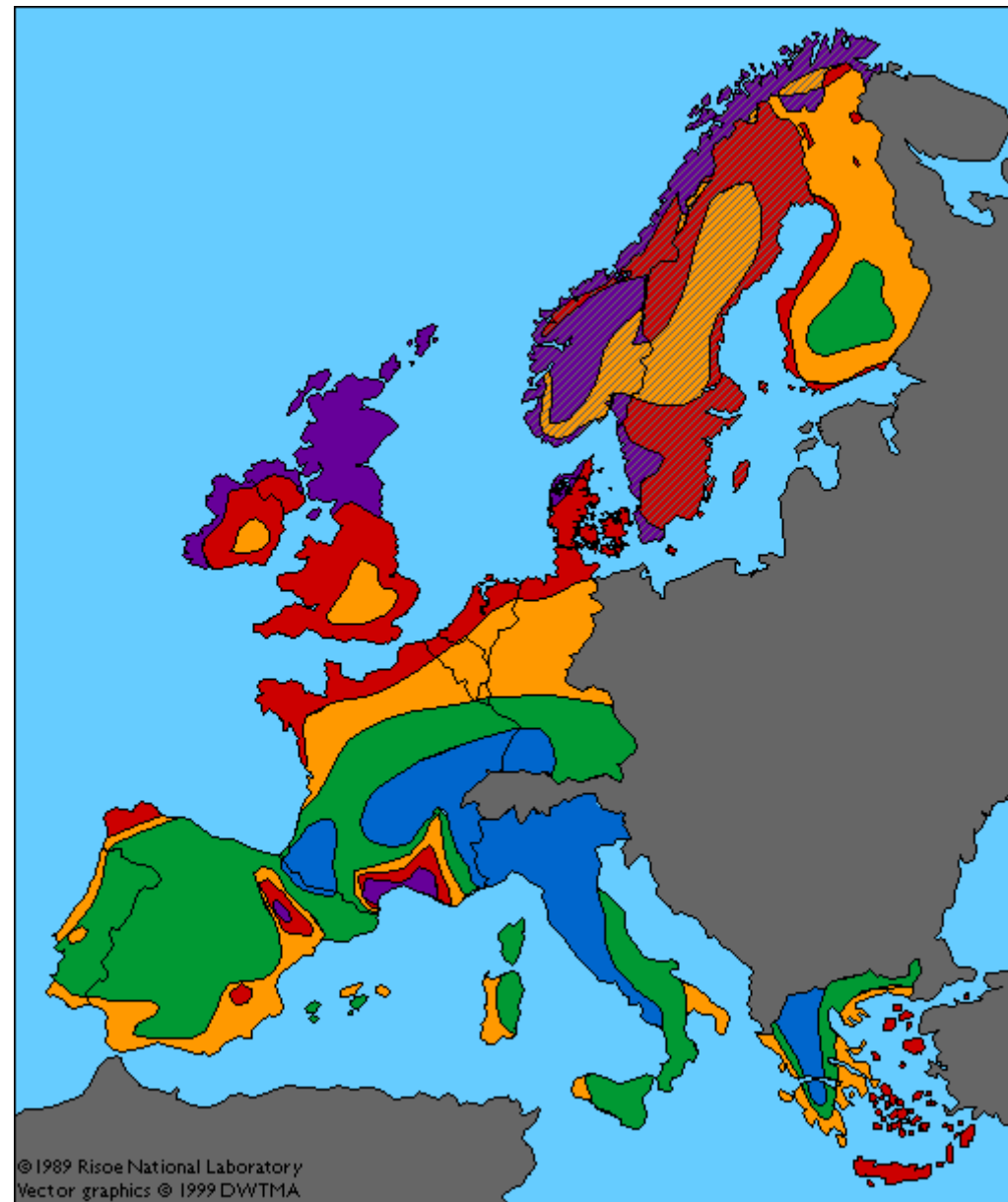


# Sviluppo dell'offshore in Eurpa (1991-2007)



# Mappa del vento Europea

[www.windpower.org](http://www.windpower.org)

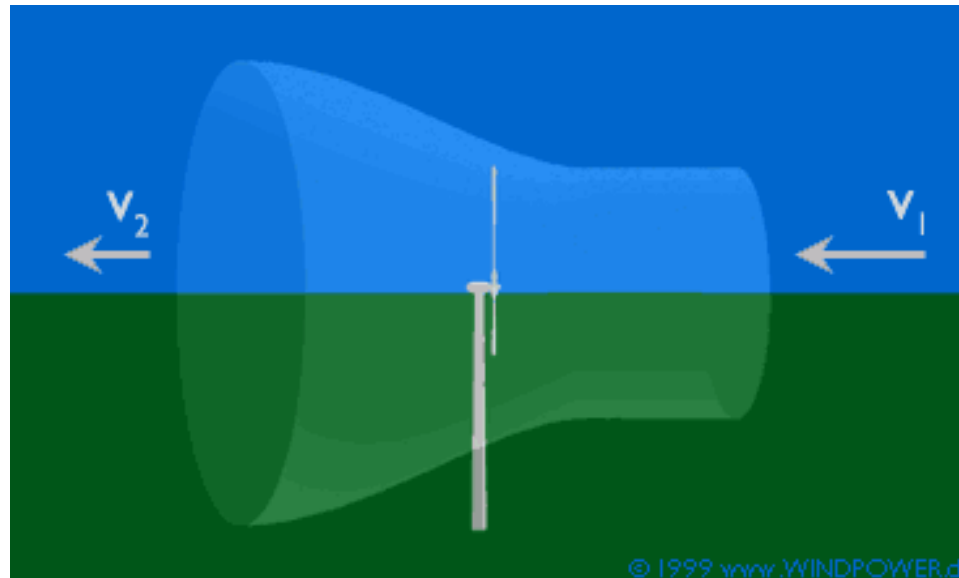


G.V. Fracastoro

Fonti rinnovabili

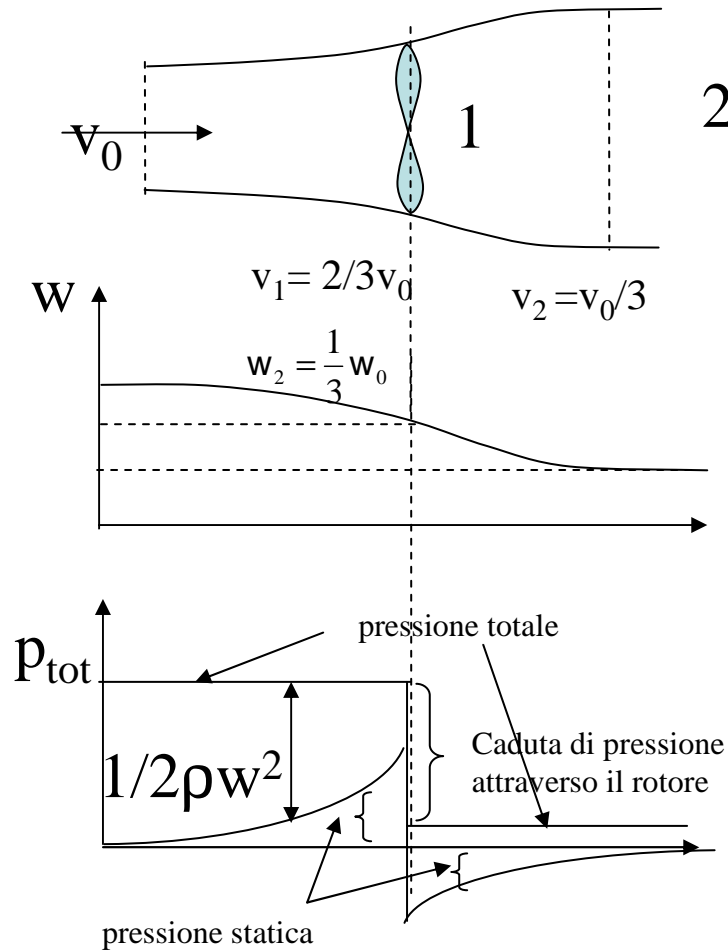


# Il contenuto energetico del vento



il diametro del tubo di flusso a monte è inferiore al diametro del rotore e superiore a quello a valle

# Il limite di Betz



La massima potenza estraibile da un "disco attuatore" si ha quando la velocità si riduce a  $2/3$  sull'attuatore e a  $1/3$  a valle di esso

$$W_{\max} = 0.593 \frac{1}{2} \rho A v_0^3$$

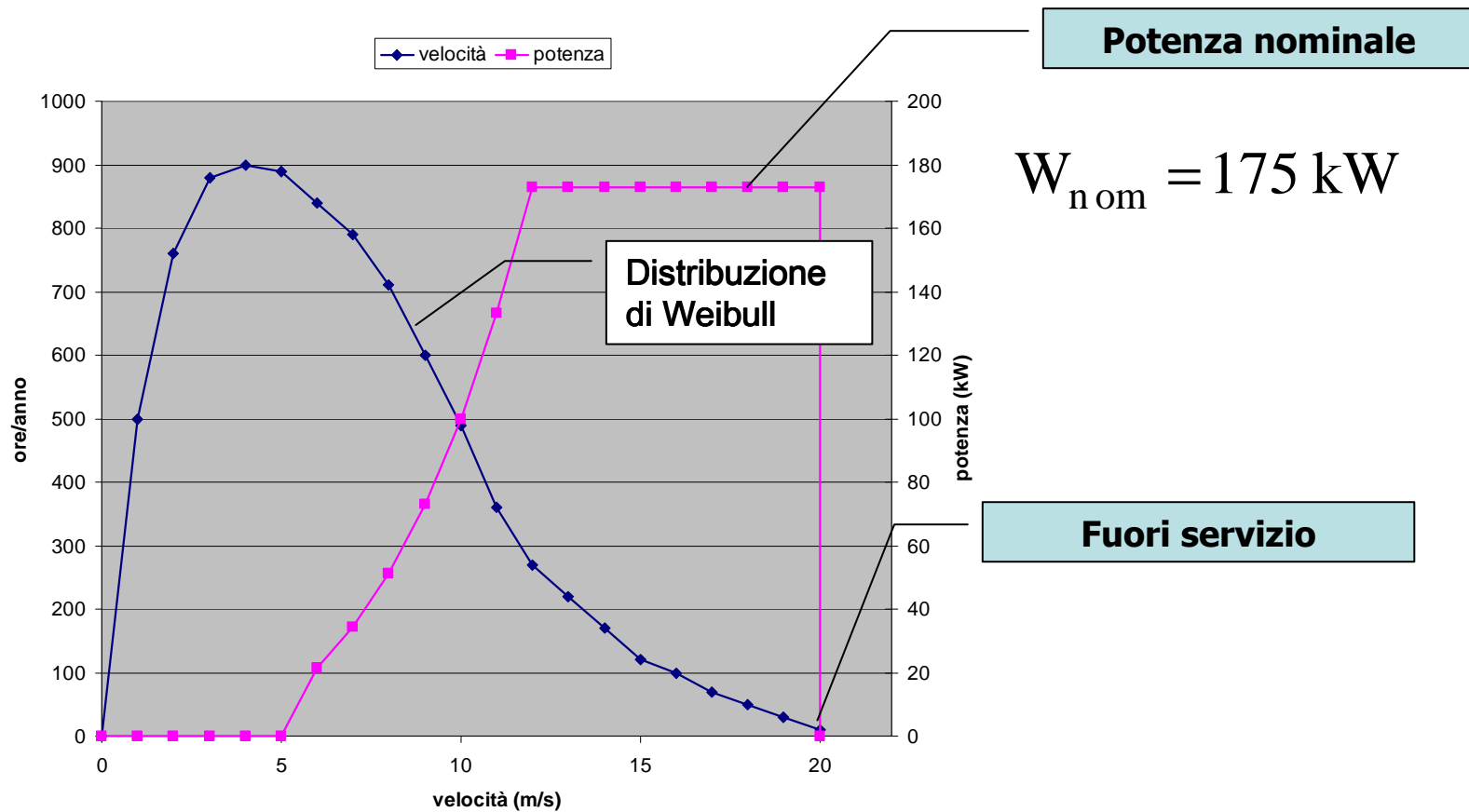
**Limite di Betz**

La potenza disponibile è data da

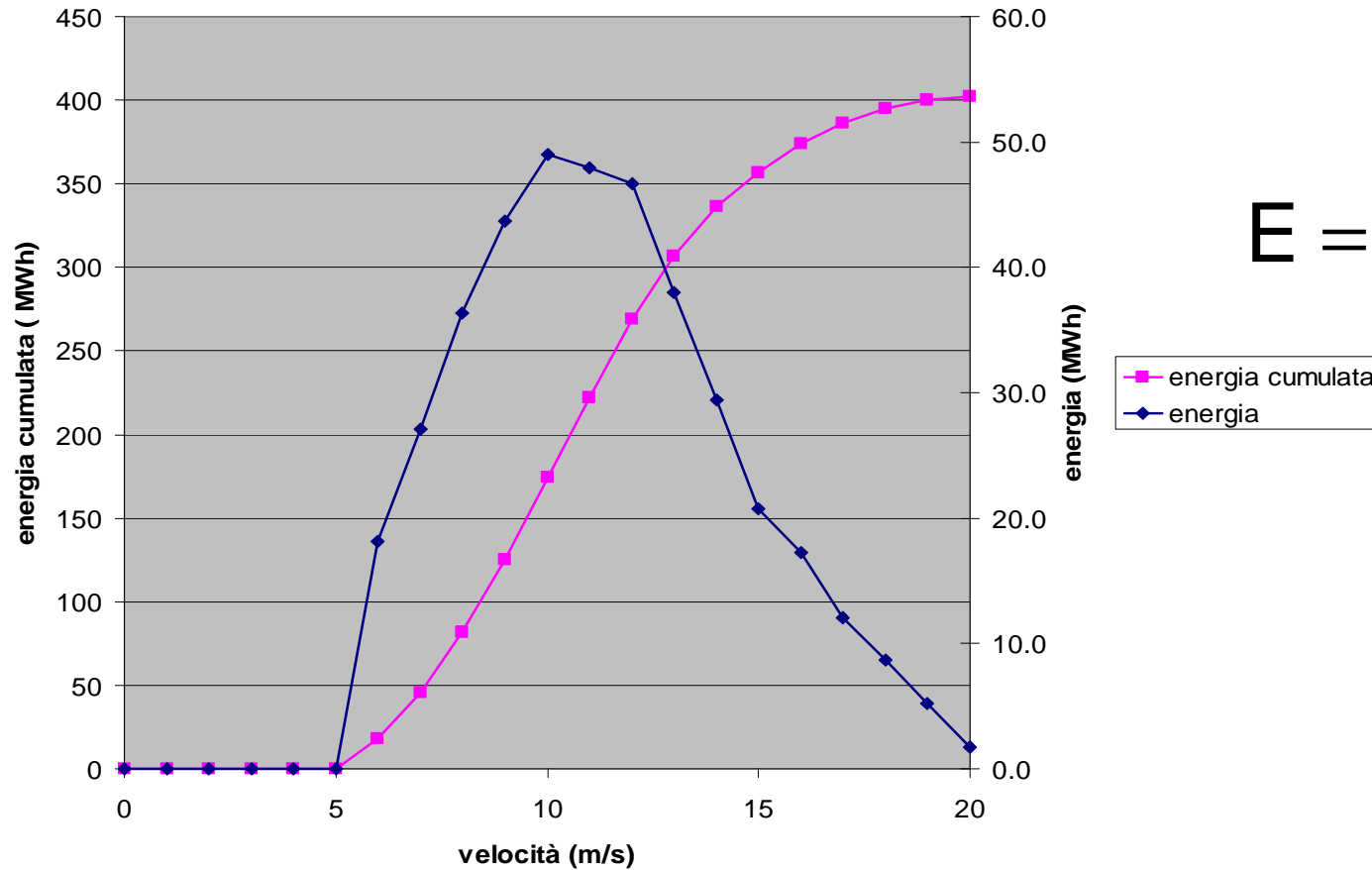
$$W = c_p \frac{1}{2} \rho A v_0^3$$

$c_p$  = coefficiente di potenza

# Distribuzione di frequenza del vento e potenza



# Energia prodotta



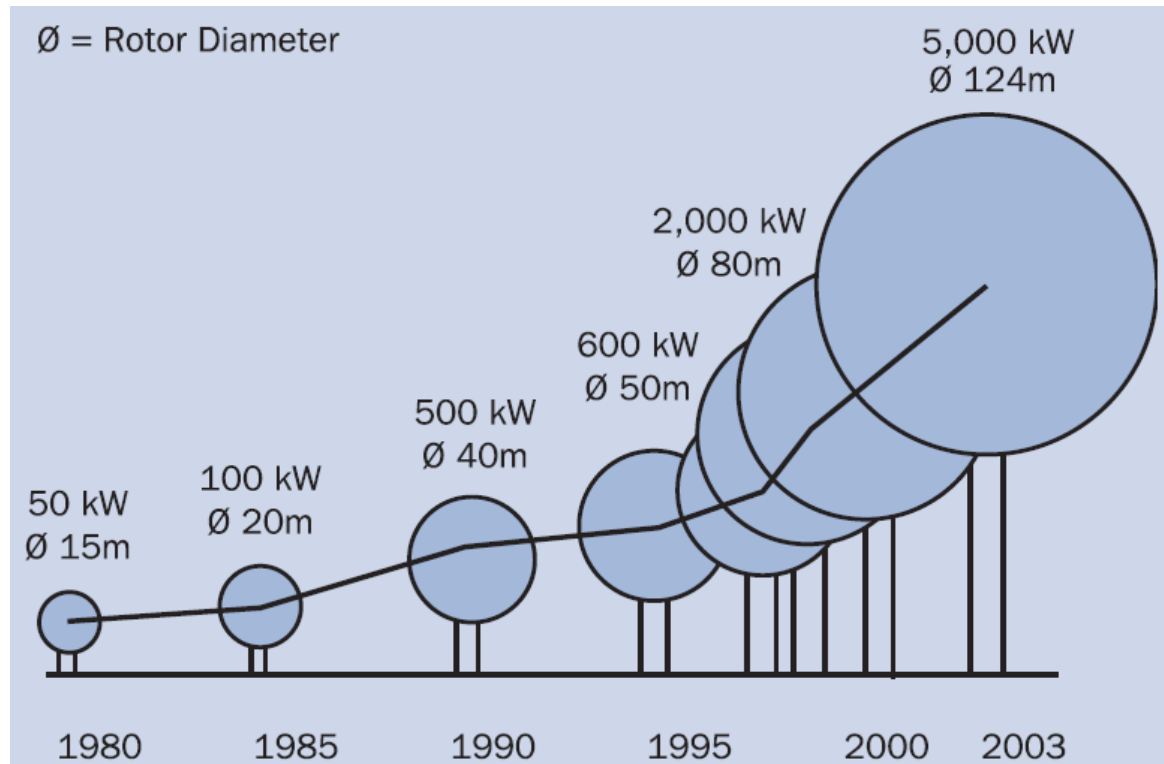
$$E = \sum W_j t_j$$

$$E / W_{nom} = 400 / 0.175 = 2400 \text{ kWh} / \text{kW}$$

# Taglia

- Piccola (< 100 kW): tecnologicamente mature, poco usate ma in recente ripresa
- Media (100 - 700 kW): sono le più diffuse
- Grande (> 700 kW): in fase avanzata di penetrazione nel mercato

# Dimensioni turbine e costi energia eolica



Nei suoi 20 anni di vita una turbina eolica restituisce 70-75 volte l'energia necessaria per costruirla

# Turbine ad asse orizzontale

- HAWT (mono-, bi-, multi-pala)
- Sono le più diffuse
- Usa lo stesso principio delle turbine idrauliche, in cui il flusso dell'acqua è parallelo all'asse di rotazione della turbina

# La turbina Repower 5M



Repower 5M ha una potenza installata di 5 MW, il diametro del rotore è 126 m e l'altezza del perno è 120 m

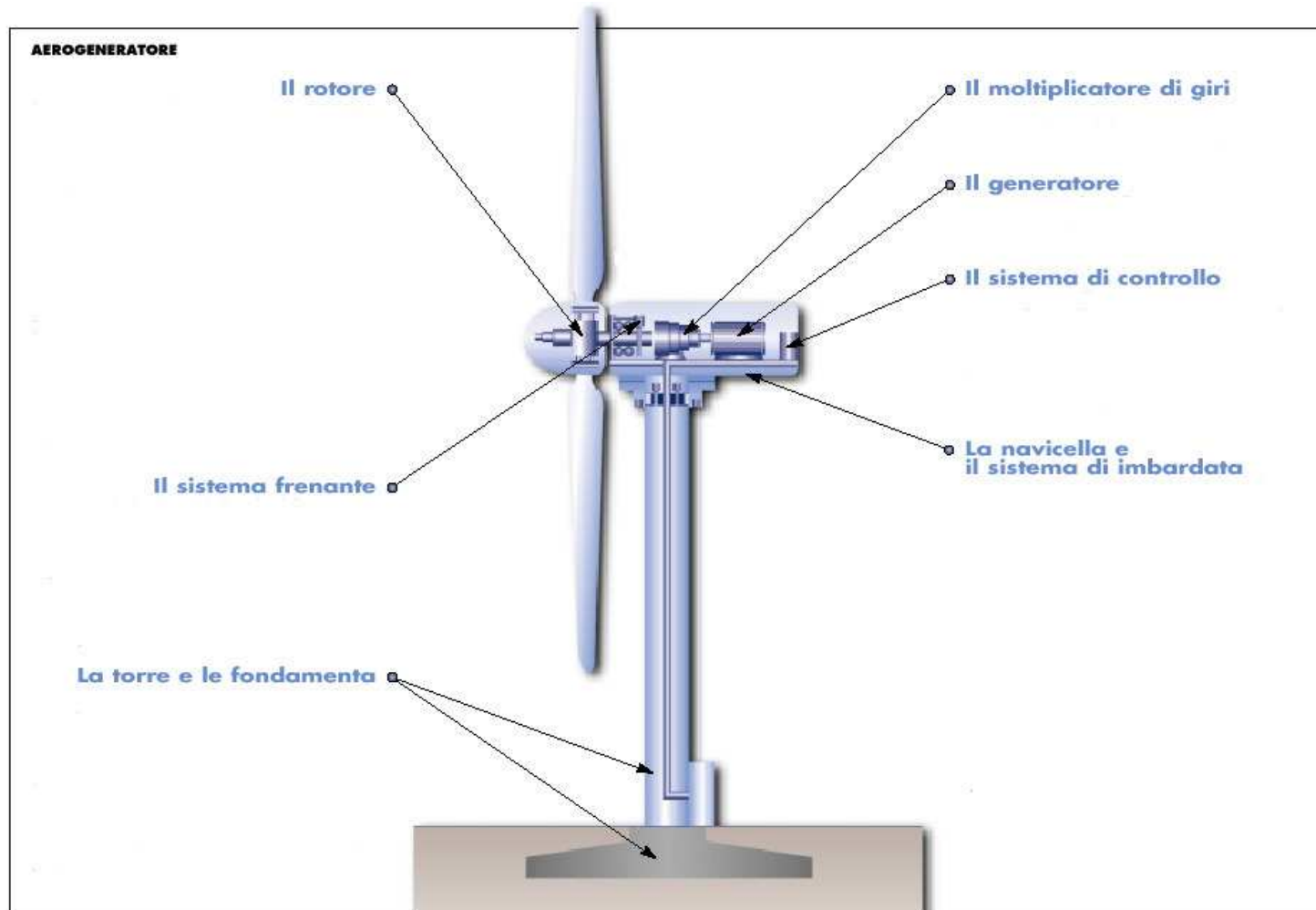




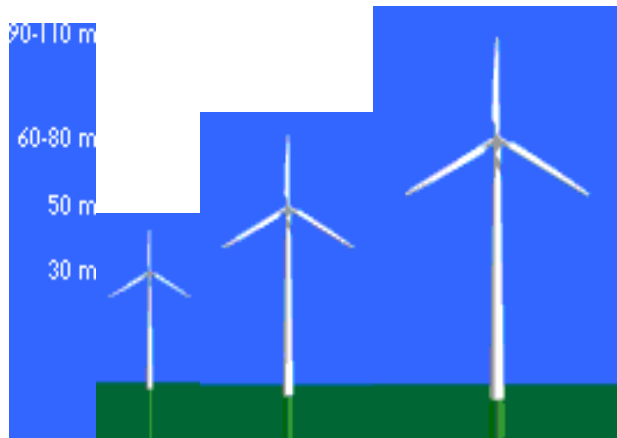
Fonti rinnovabili

G.V. Fracastoro

# L'aerogeneratore



# Dimensioni e potenza



Tre turbine da 225 kW, 600 kW e 1500 kW, con diametri dei rotori di 27, 43 e 60 m. Anche l'altezza cambia! Più è alta la torre più energia si raccoglie.

Qual è l'altezza ottimale? Dipende da:

- Il costo della torre (circa 1000€/m).
- Come varia la velocità con l'altezza da terra (maggiore è la rugosità maggiore l'altezza)
- Il prezzo del kWh

In genere  $h$  torre circa uguale al diametro.

# Turbine ad asse verticale

## Darrieus



- Potenze medio-basse
- Senza torre
- Insensibili alla direzione del vento
- Cavi di tesaggio



Fonti rinnovabili

G.V. Fracastoro

# Problemi provocati dagli impianti eolici 1/2

- **Occupazione del territorio:**  
In base alla distanza tra le macchine, la densità di potenza per unità di superficie è circa  $10 \text{ W/m}^2$ , ma le macchine eoliche e le opere di supporto (cabine elettriche, strade) occupano solamente il 2-3% del territorio per la costruzione di un impianto.
- **Impatto visivo:**  
Gli aerogeneratori, sono visibili in ogni contesto in cui vengono inseriti. E' possibile ridurre gli effetti visivi assicurando una debita distanza tra gli impianti e gli insediamenti abitativi e individuando particolari soluzioni costruttive e cromatiche per le torri: tubolari o a traliccio, con colori neutri (grigio verde, azzurro), adozioni di configurazioni geometriche regolari
- **Rumore:**  
Una distanza di poche centinaia di metri è sufficiente a ridurre il disturbo sonoro. In generale, la tecnologia attuale consente di ottenere, nei pressi di un aerogeneratore, livelli di rumore alquanto contenuti, tali da non modificare il rumore di fondo, che, a sua volta, è fortemente influenzato dal vento stesso, con il risultato di mascherare ancor più il contributo della macchina.

# Problemi provocati dagli impianti eolici 2/2

- **Effetti elettromagnetici sulle comunicazioni:**  
La macchina eolica può influenzare le caratteristiche di propagazione delle telecomunicazioni (come qualsiasi ostacolo), la qualità del collegamento in termini di segnale-disturbo e la forma del segnale ricevuto con eventuale alterazione dell'informazione.  
Il rischio di tali disturbi può considerarsi irrilevante per gli aerogeneratori che utilizzano pale in materiale non metallico ed antiriflettente.
- **Fauna:**  
Le possibili interferenze di qualche rilievo degli impianti eolici con la fauna riguardano solo l'impatto dei volatili con il rotore delle macchine. In particolare, le specie più influenzate sono quelle dei rapaci; gli uccelli migratori sembrano adattarsi alla presenza di questi ostacoli. In genere le collisioni sono molto contenute.