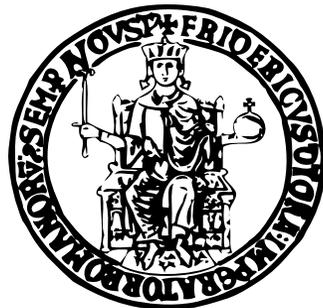


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



**Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER
L'AMBIENTE E TERRITORIO**

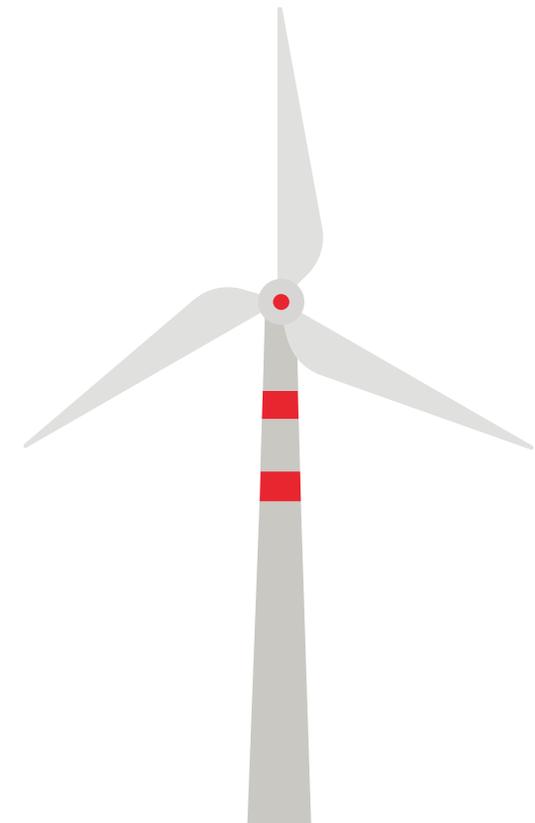
**ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI:
IL MICROEOLICO**

**Relatore:
Prof. Calise Francesco**

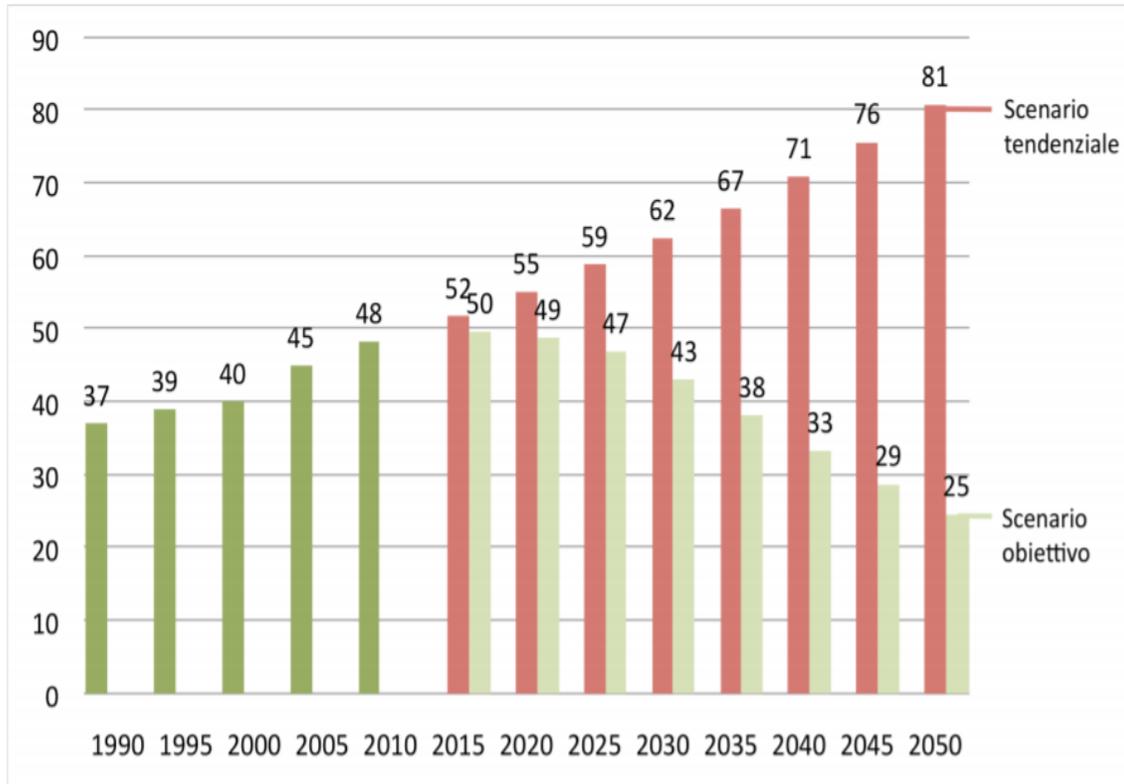
**Candidato:
Matilde Doddato N49000612**



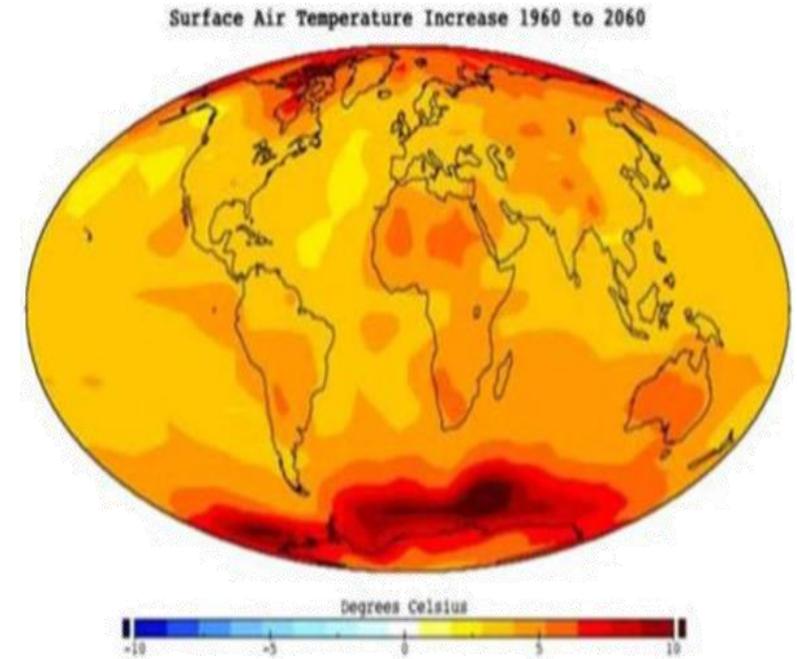
- **I cambiamenti climatici e FER, Fonti Energetiche Rinnovabili**
- **Analisi di Betz**
- **Classificazione e componenti delle turbine**
- **Mini e micro eolico**
- **Caso studio – LCA**
- **Conclusioni**



Emissioni di CO_{2eq}



Incremento di temperatura nel 2060



Sole

- **Fotovoltaico**
- **Biomasse**
- **Eolico**
- **Termico**
- **Idroelettrico**



Acqua

- **Energia marina**

**Fluidi
geotermici**

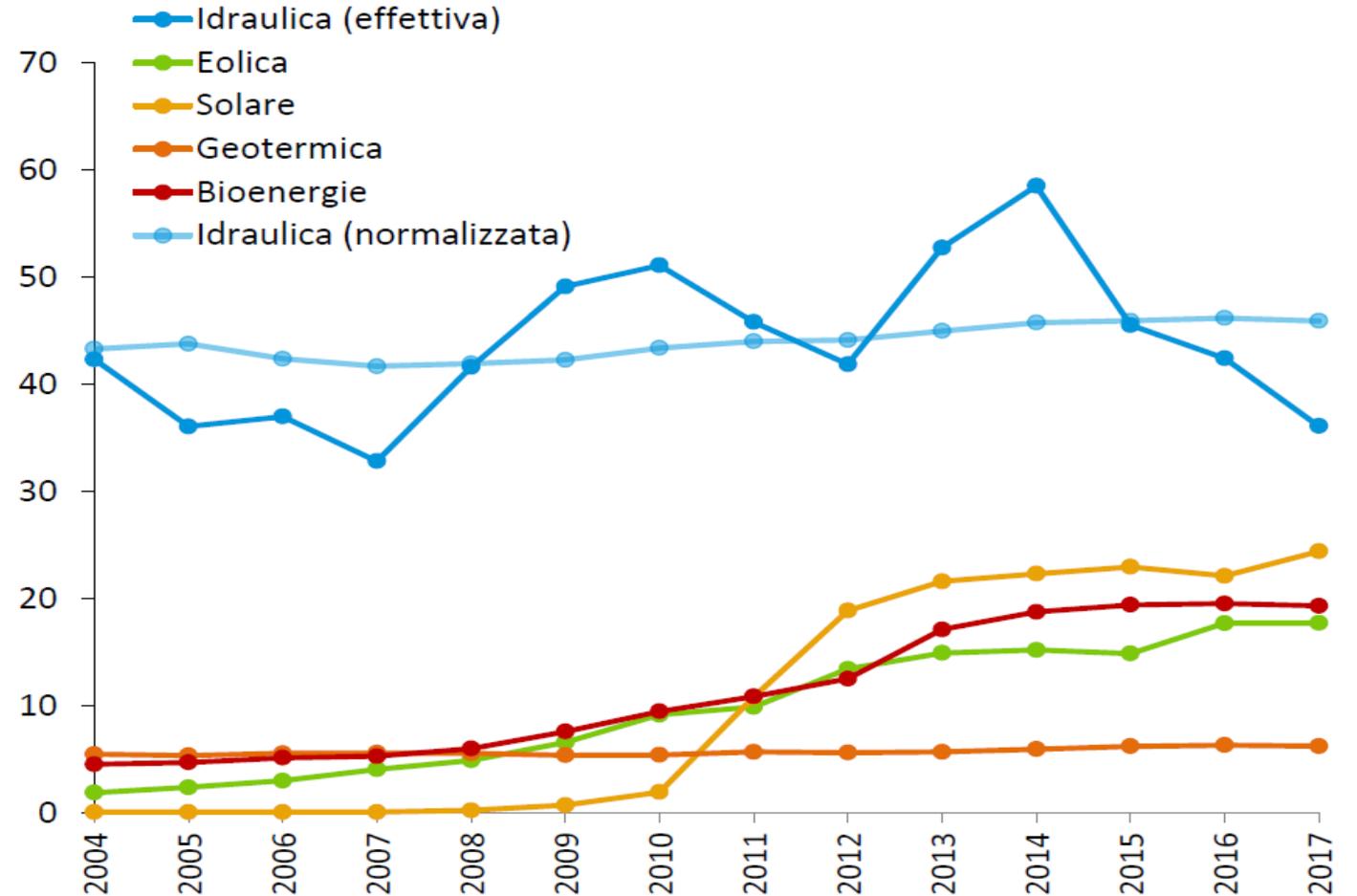
- **Geotermia**



Vantaggi:

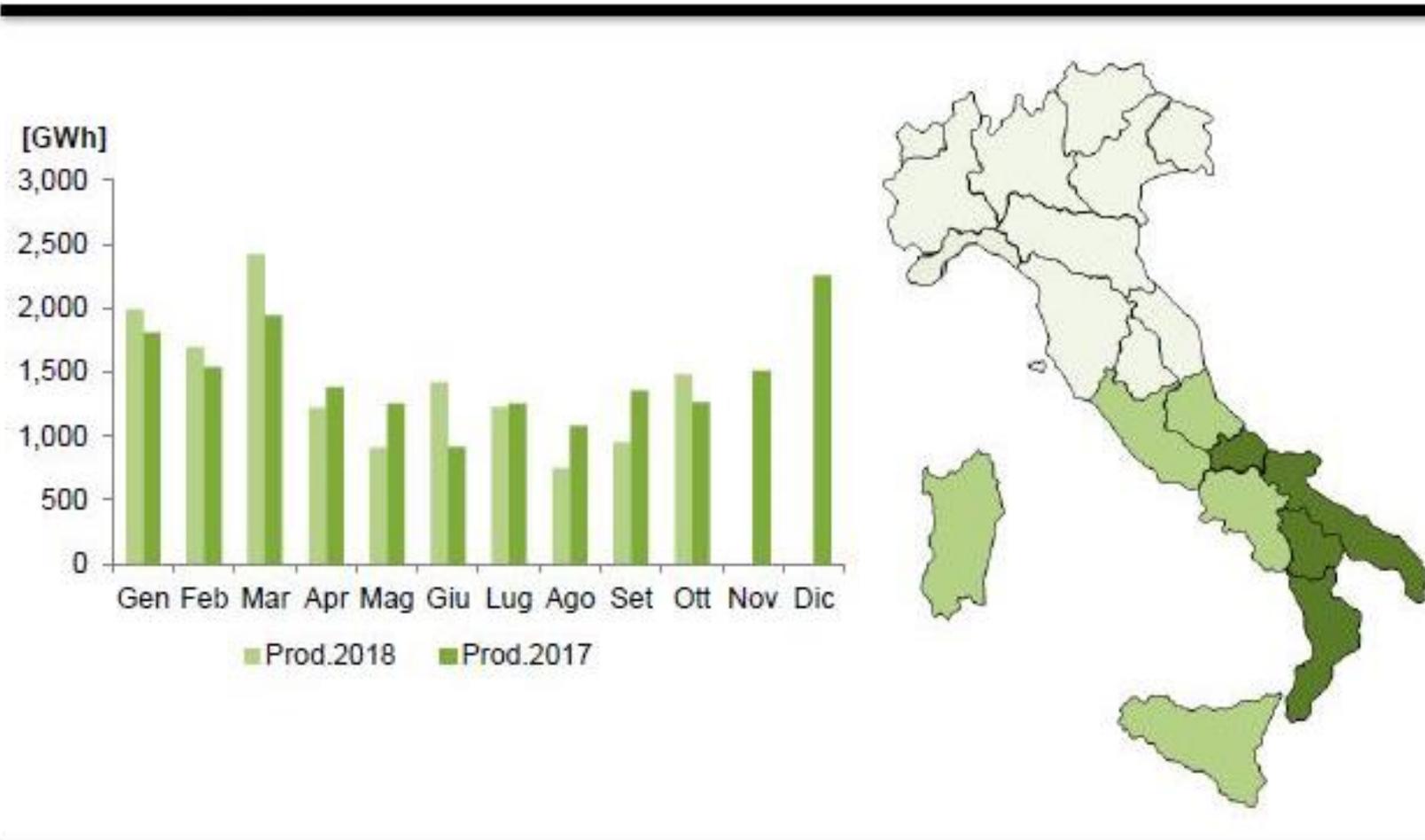
- assenza di immissioni inquinanti nell'atmosfera ;
- tasso di rinnovamento in tempi maggiori o uguali al tasso di consumo/utilizzo, sono considerate pressoché inesauribili.

Produzione lorda di energia elettrica da FER in Italia (TWh)



Dati 2017 preliminari

Produzione eolica in Italia 2017 - 2018

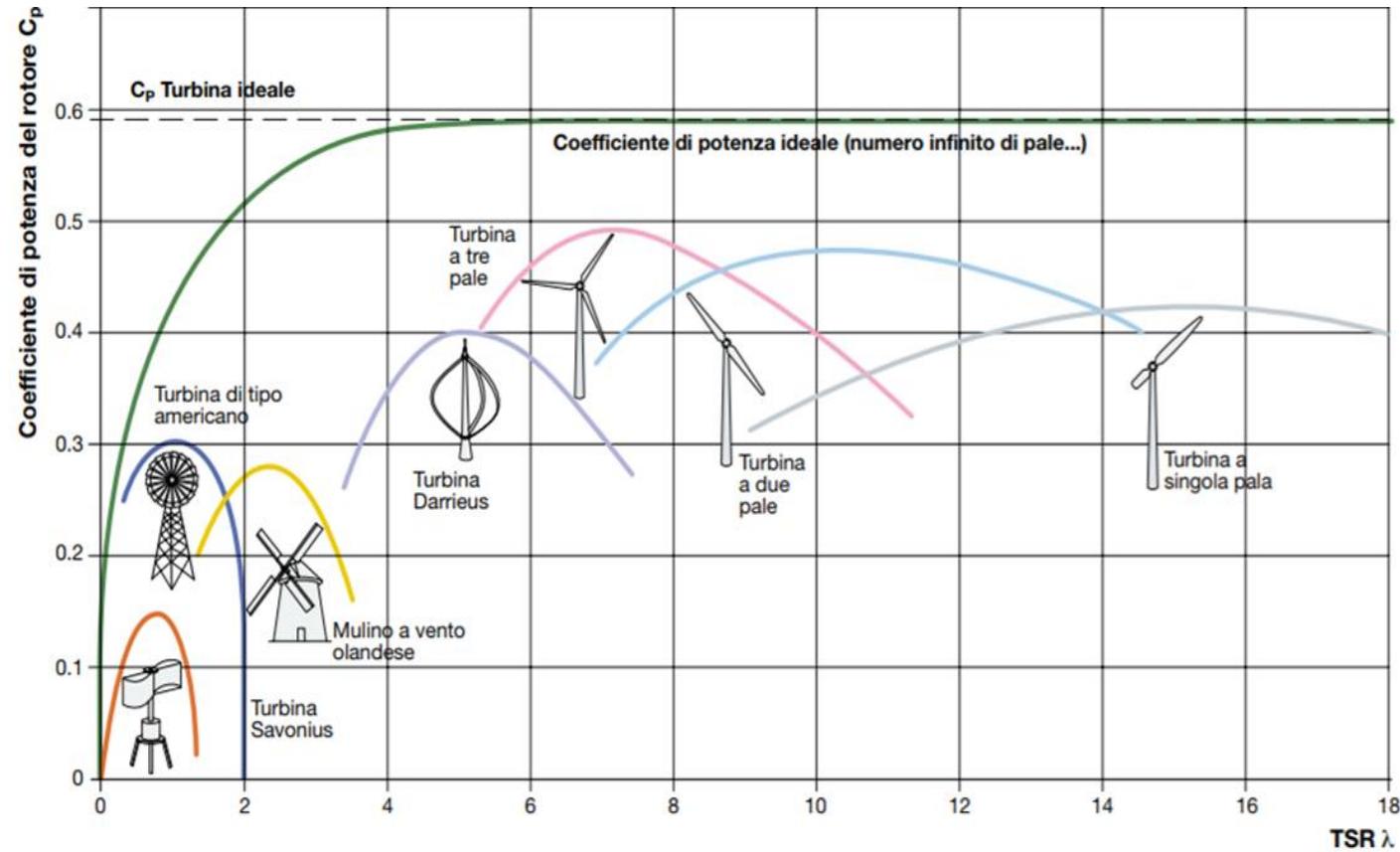
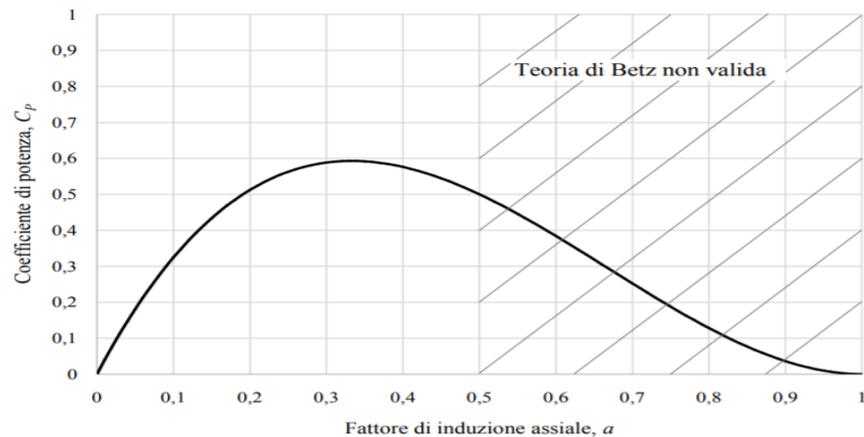


$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

- $C_p = 4a(1 - a)^2$

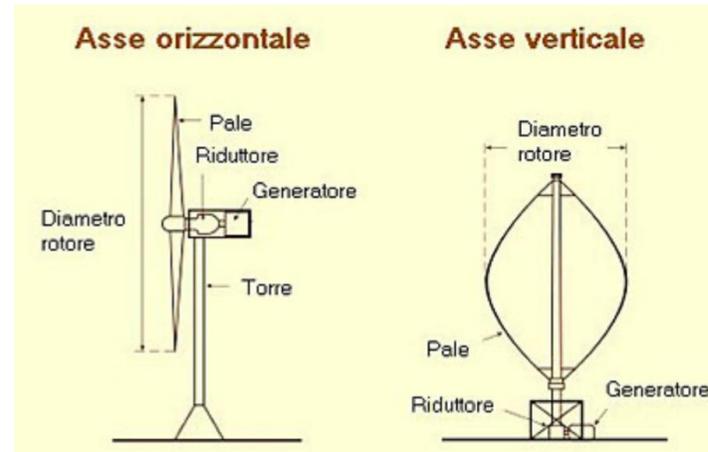
- $A = \frac{\pi D^2}{4}$

Cp in funzione di a



Turbine eoliche

Turbine ad asse orizzontale



Turbine ad asse verticale

Sottovento

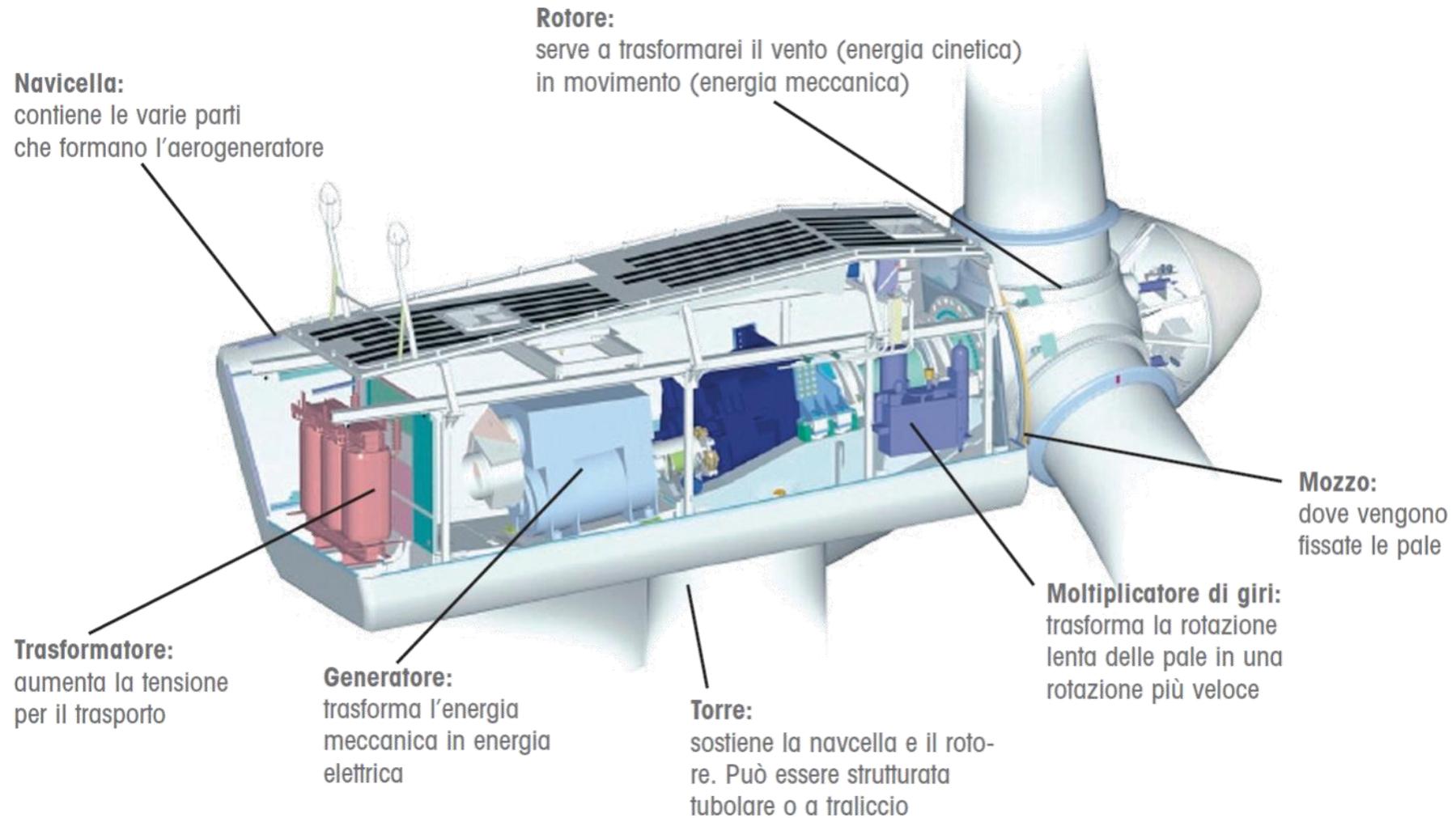
Sopravento

Darreius

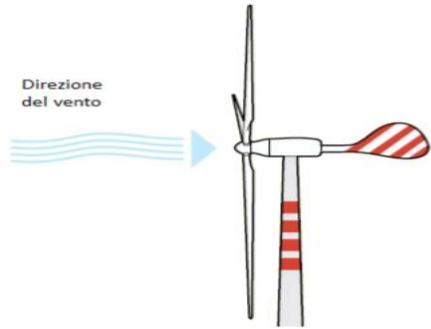
Savonius

Gorlov

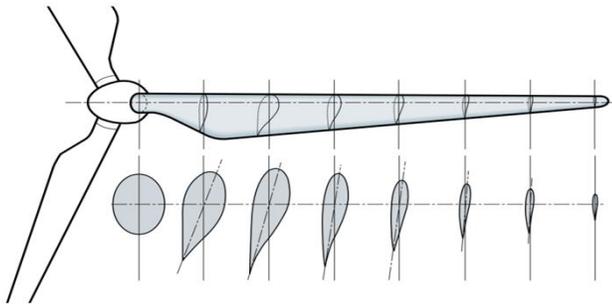
Componenti



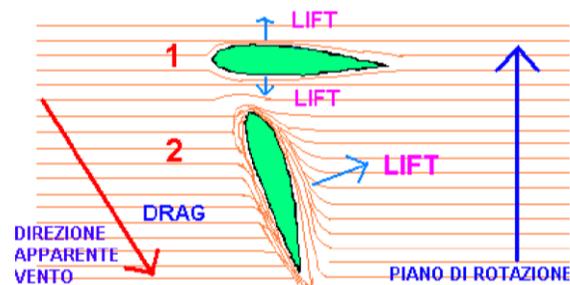
- Controllo dell'imbardata



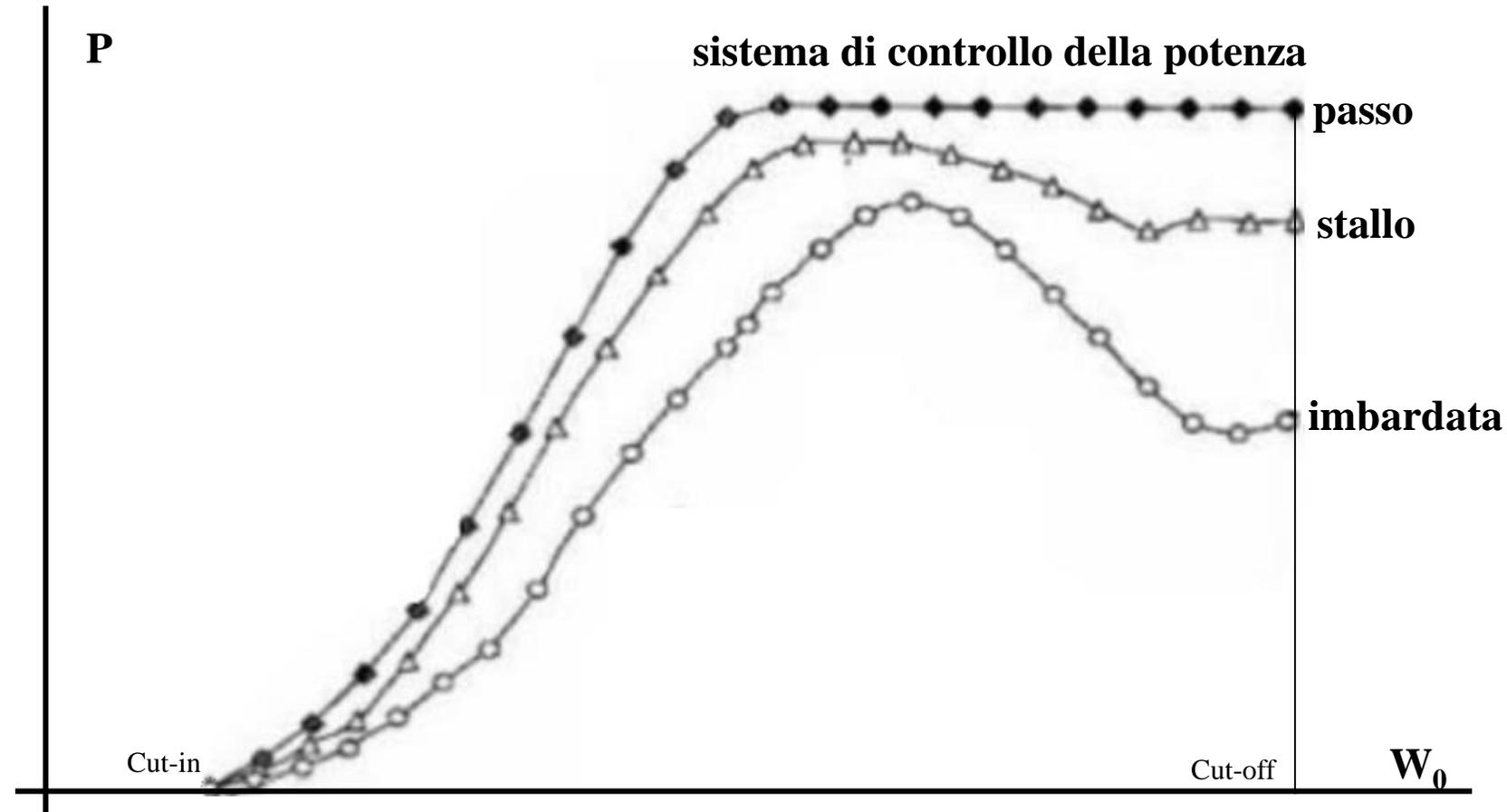
- Controllo dello stallo



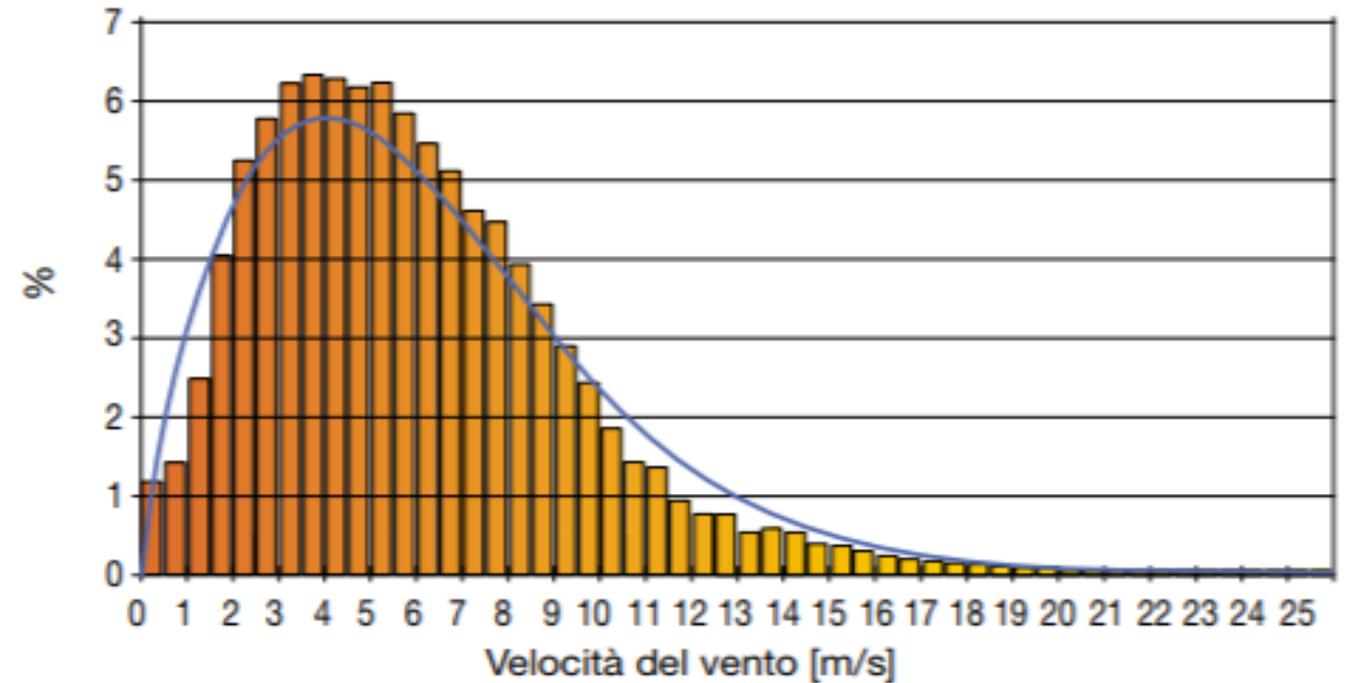
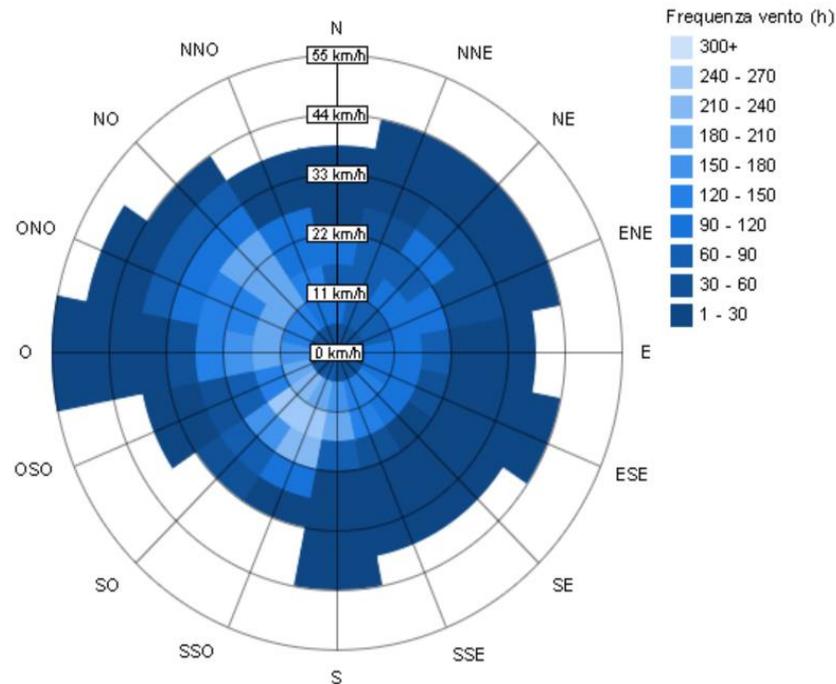
- Pitch control



Confronto tra i tre sistemi di controllo



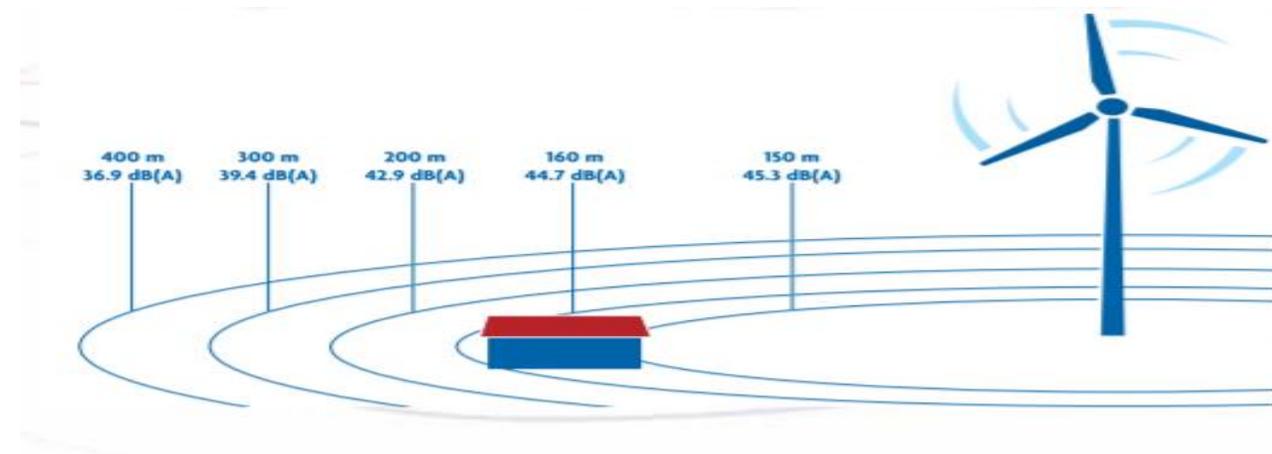
$$E = \sum f(v_0) P(v_0) 8760$$



- **Impatto visivo:**



- **Impatto acustico:**

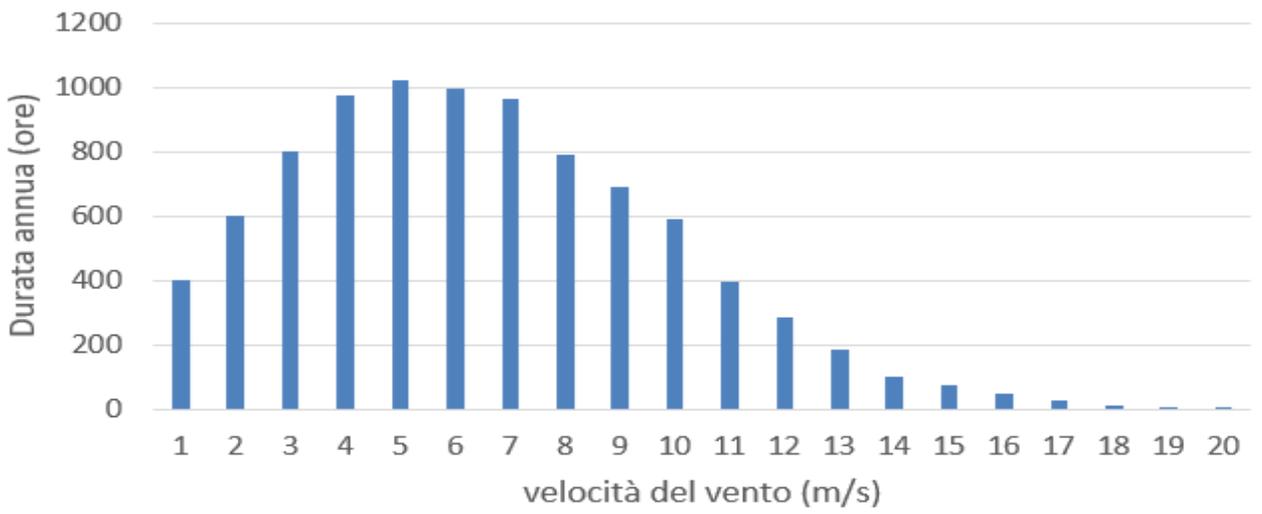


CLASSE	Definizione informale	Area spazzata [m ²]	Diametro equivalente (HAWT) [m]
Microturbine	Turbine domestiche (Home WT)	$A \leq 2$	1,6
Miniturbine	Turbine per usi residenziali, rurali e artigianali (Community WT)	$2 < A \leq 200$	$1,6 < D < 16$
Medie/Grandi turbine	Turbine di media e grande potenza e parchi eolici (Wind Parks)	$A > 200$	$D > 16$



WT 2500

ore (h)	w (m/s)	Preale (W)	Preale (kW)	EE (kWh)
800	3	65	0.065	52
975	4	170	0.170	166
1025	5	340	0.340	349
1000	6	540	0.540	540
965	7	790	0.790	762
790	8	1080	1.080	853
690	9	1460	1.460	1007
590	10	1860	1.860	1097
395	11	2170	2.170	857
285	12	2450	2.450	698
185	13	2700	2.700	500
100	14	2800	2.800	280
75	15	2860	2.860	215
50	16	2800	2.800	140
25	17	2740	2.740	69
10	18	2740	2.740	27
5	19	2740	2.740	14
5	20	2740	2.740	14



Whisper 500

ore (h)	w (m/s)	Preale (W)	Preale (kW)	EE (kWh)
800	3	0	0.000	0
975	4	230	0.230	224
1025	5	500	0.500	513
1000	6	820	0.820	820
965	7	1200	1.200	1158
790	8	1600	1.600	1264
690	9	2120	2.120	1463
590	10	2580	2.580	1522
395	11	3000	3.000	1185
285	12	3250	3.250	926
185	13	3300	3.300	611
100	14	3250	3.250	325
75	15	3150	3.150	236
50	16	2950	2.950	148
25	17	2750	2.750	69
10	18	2550	2.550	26
5	19	2551	2.551	13
5	20	2552	2.552	13

$$Heq = \frac{EE}{Pn}$$

Turbina WT2500		Turbina Whisper500	
EE anno	7639.3	EE anno	10514.02
Pnom	2.5	Pnom	3
Heq	3055.72	Heq	3504.67

WT 2500

ore (h)	w (m/s)	Preale (W)	Preale (kW)	EE (kWh)
800	3	65	0.065	52
975	4	170	0.170	166
1025	5	340	0.340	349
1000	6	540	0.540	540
965	7	790	0.790	762
790	8	1080	1.080	853
690	9	1460	1.460	1007
590	10	1860	1.860	1097
395	11	2170	2.170	857
285	12	2450	2.450	698
185	13	2700	2.700	500
100	14	2800	2.800	280
75	15	2860	2.860	215
50	16	2800	2.800	140
25	17	2740	2.740	69
10	18	2740	2.740	27
5	19	2740	2.740	14
5	20	2740	2.740	14

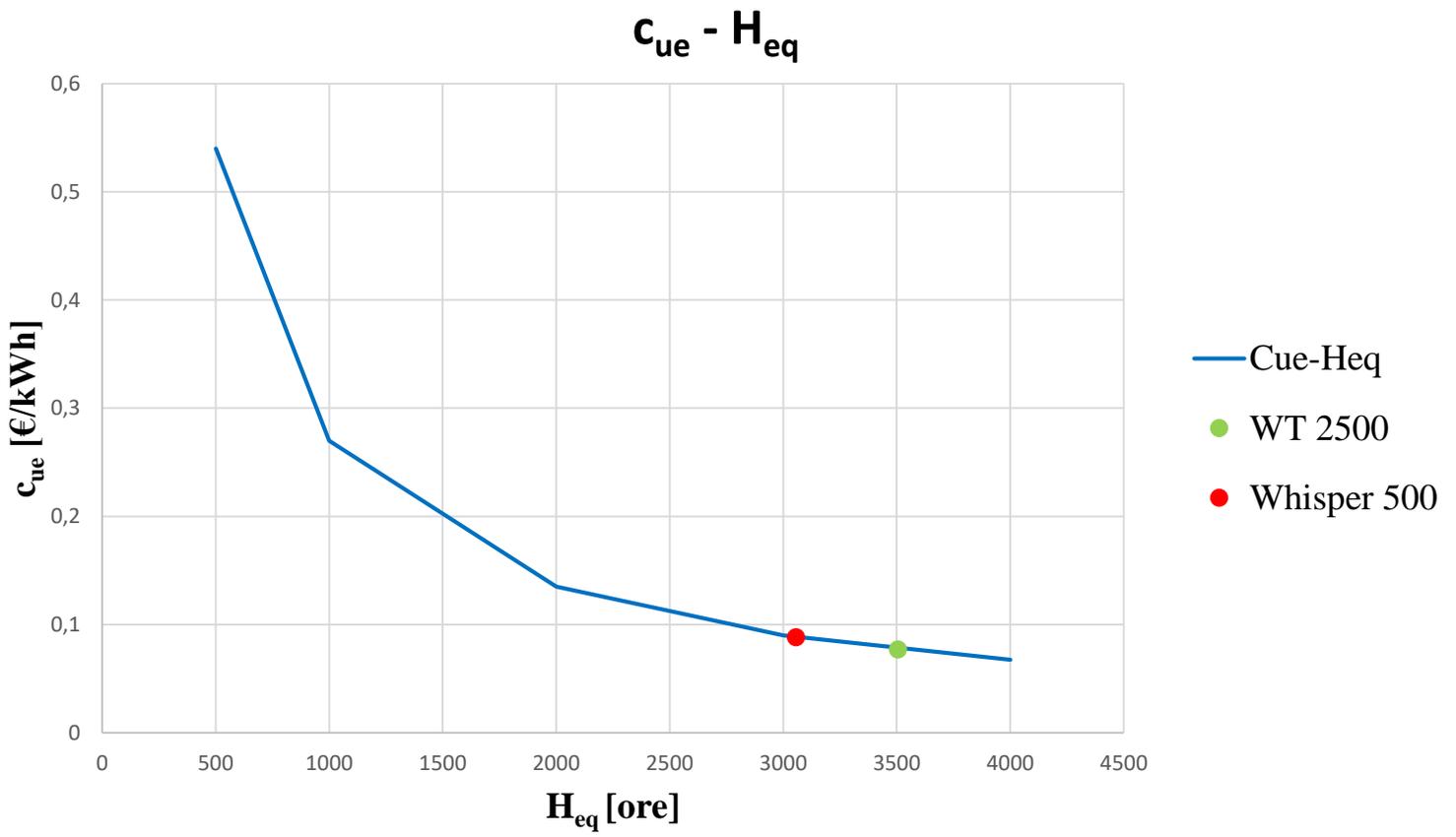
Whisper 500

ore (h)	w (m/s)	Preale (W)	Preale (kW)	EE (kWh)
800	3	0	0.000	0
975	4	230	0.230	224
1025	5	500	0.500	513
1000	6	820	0.820	820
965	7	1200	1.200	1158
790	8	1600	1.600	1264
690	9	2120	2.120	1463
590	10	2580	2.580	1522
395	11	3000	3.000	1185
285	12	3250	3.250	926
185	13	3300	3.300	611
100	14	3250	3.250	325
75	15	3150	3.150	236
50	16	2950	2.950	148
25	17	2750	2.750	69
10	18	2550	2.550	26
5	19	2551	2.551	13
5	20	2552	2.552	13

Analisi economica

$$C_{ue} = \frac{I}{FAx E_E} + \frac{M}{E_E} = \frac{I/P_e}{FAx H_{eq}} + \frac{M/P_e}{H_{eq}}$$

EE anno Whisper 500	10514.0	kWh
Pnom	3.0	kW
I0	9000.0	€
DC	961.4	€/a
SPB	9.4	a
VAN	3017.5	€
IP	0.3	
Cue	0.077	€/kWh
EE anno WT2500	7639.3	kWh
Pnom	2.5	kW
I0	7500.0	€
DC	688.9	€/a
SPB	10.9	a
VAN	1111.6	€
IP	0.1	
Cue	0.088	€/kWh



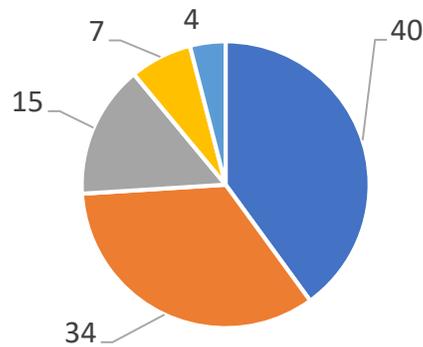
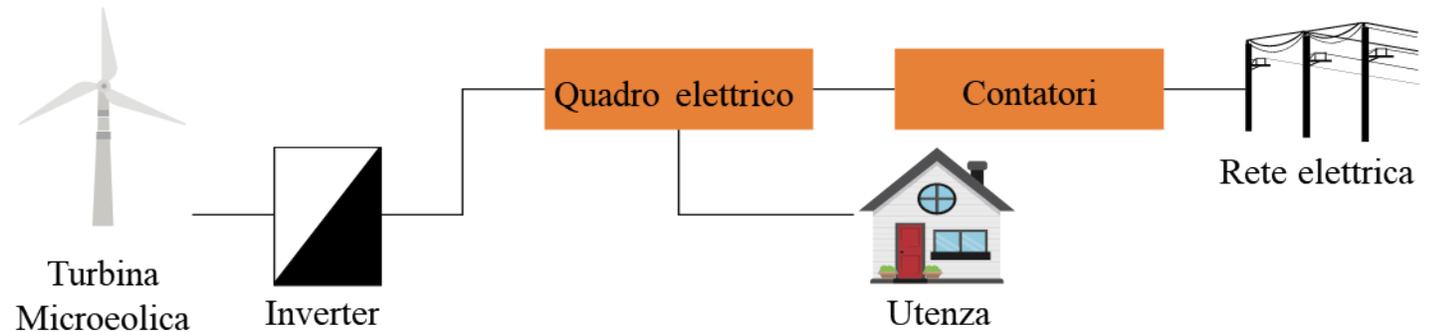
Life Cycle Assessment del microeolico:

- produzione ed installazione ;
- uso e manutenzione ;
- dismissione dell'impianto ;
- costi dei trasporti relativi a ciascuna fase.

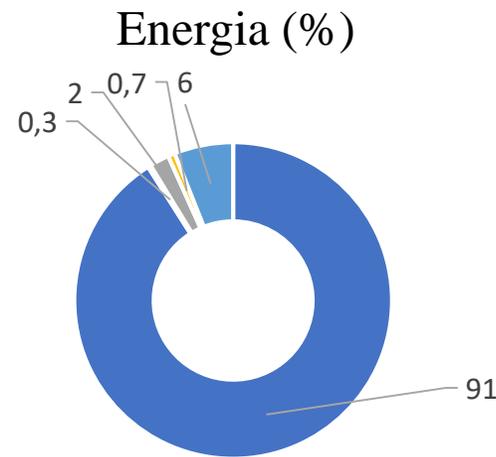


- Valutazione delle prestazioni energetico-ambientali ;
- Emissioni di kg di CO_{2eq}.

Schema di funzionamento grid-connected

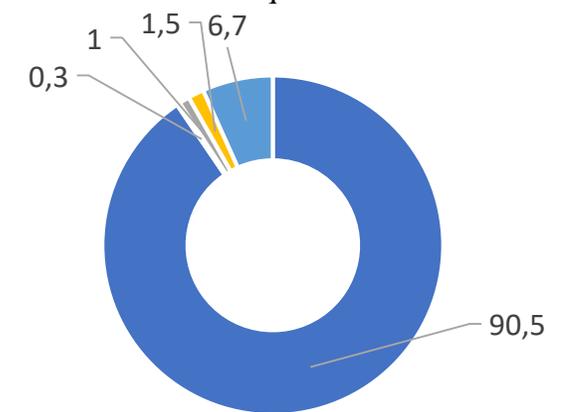


- Inverter
- Turbina
- Torre
- Cavi elettrici
- Basamento in calcestruzzo



- Produzione
- Installazione
- Manutenzione
- Fine vita
- Trasporti

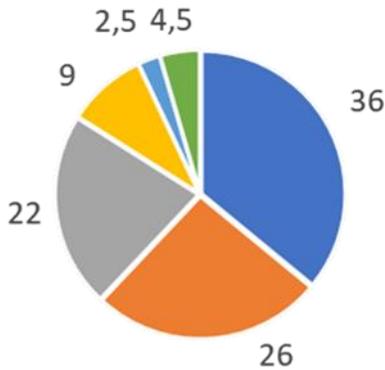
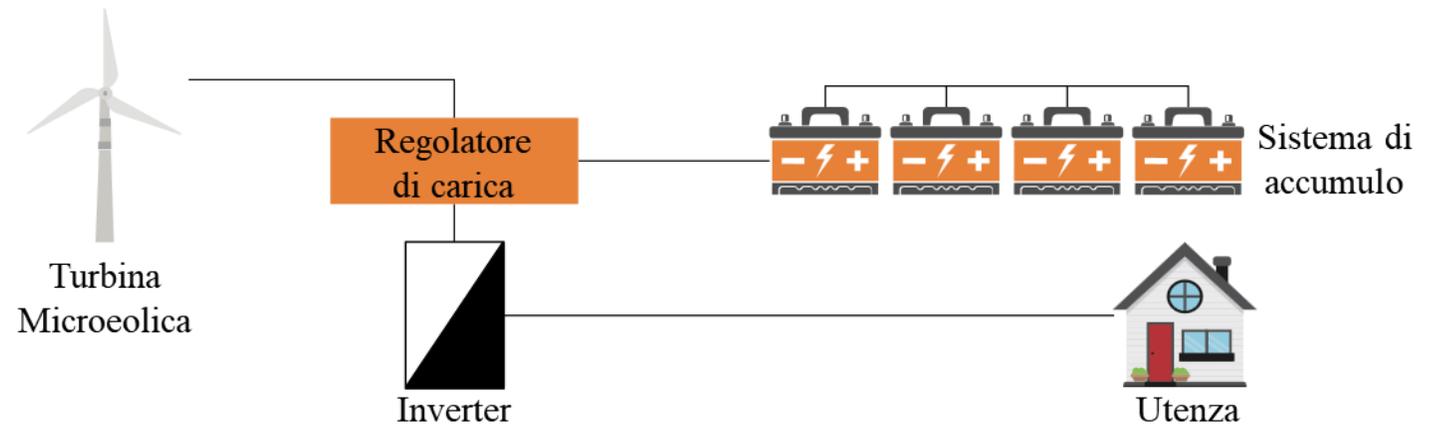
Emissione CO_{2eq} (%) Tot 809 kg



- Produzione
- Installazione
- Manutenzione
- Fine vita
- Trasporti

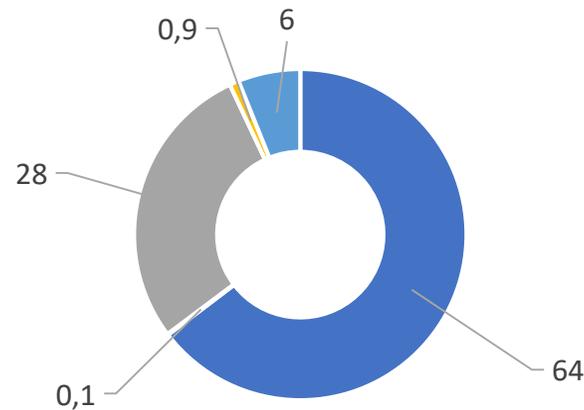
- Valutazione delle prestazioni energetico-ambientali ;
- Emissioni di kg di CO_{2eq}.

Schema di funzionamento stand-alone



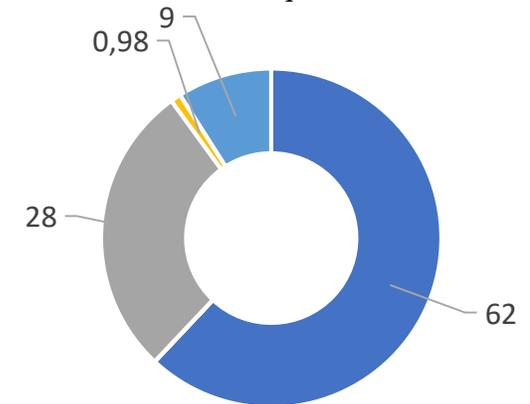
- Sistema di accumulo
- Turbina
- Cavi elettrici
- Inverter
- Torre
- Basamento in calcestruzzo

Energia (%)



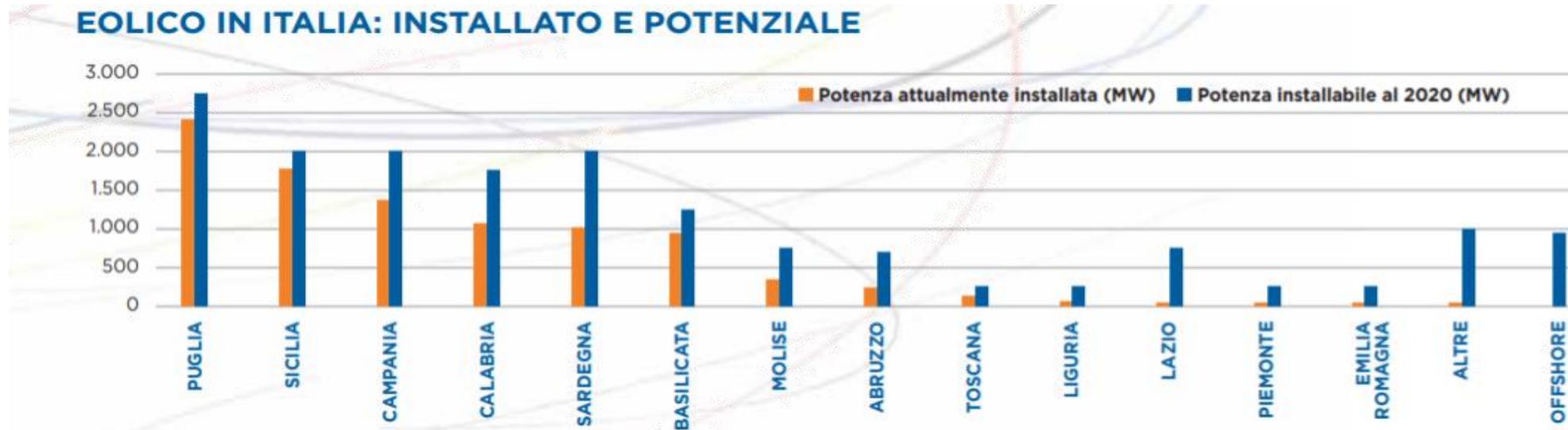
- Produzione
- Installazione
- Manutenzione
- Fine vita
- Trasporti

Emissione CO_{2eq} (%) Tot 1793 kg



- Produzione
- Installazione
- Manutenzione
- Fine vita
- Trasporti

- l'impiego della tecnologia eolica per la produzione di energia elettrica, rappresenta un elemento chiave per il raggiungimento degli obiettivi al 2030 fissati dall'Unione Europea; in particolare il microeolico, grazie alla sua versatilità, fa sì che ogni cittadino possa contribuire in maniera determinante;



- dal punto di vista ambientale questa tecnologia non emette gas serra durante la fase di esercizio dell'impianto, non consuma materie prime e combustibili. Inoltre tutti i rifiuti prodotti alla dismissione dell'opera sono facilmente smaltibili;
- per incentivarne l'utilizzo, si punta sul migliorare l'accettabilità visiva per essere utilizzati con più frequenza all'interno di siti sub-urbani o urbani.

A questo proposito, si nota come negli ultimi tempi stia prendendo piede sempre più l'architettura rinnovabile, che si pone come obiettivo quello di considerare gli edifici sostenibili come una nuova normalità, rendendo molto spesso il microeolico protagonista di queste strutture con forme di design studiate nel dettaglio.



Grazie per l'attenzione

