

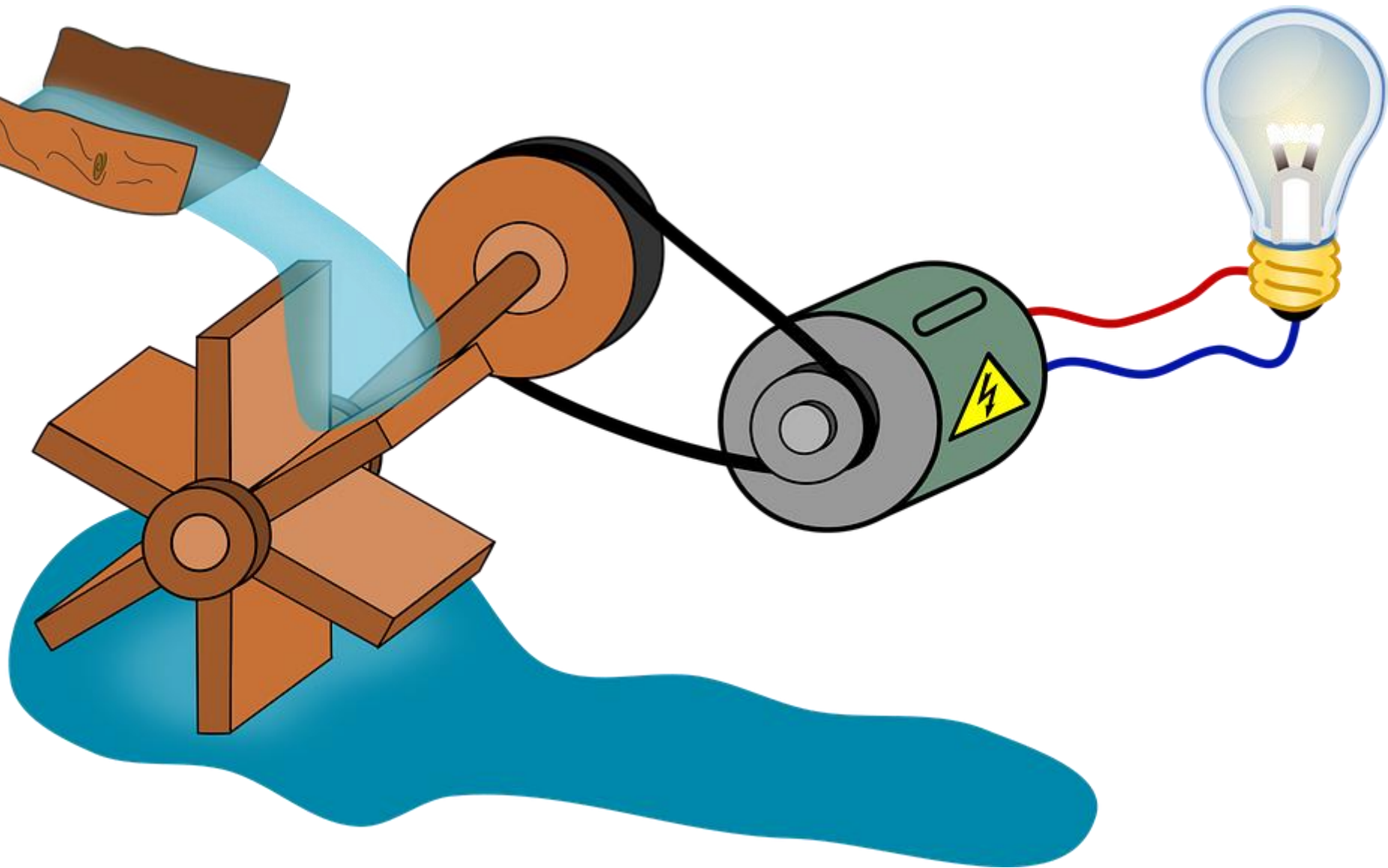
Acqua

vettore di energia rinnovabile

Antonio Savini

Professore emerito di Elettrotecnica

Università di Pavia



- Icona
- Sintesi del tema

- Una massa d'acqua in alto ha una energia potenziale
- Se fa un salto, l'e. potenziale diventa e. cinetica
- Se cade su una ruota a pale diventa e. meccanica
- Se interessa una energia più comoda (e. elettrica)
- Un generatore converte e. meccanica in e. elettrica

Qualche concetto preliminare

Potenza P (W) è la capacità istantanea di sviluppare energia E (J)

Se applicata per un tempo t (s)

$$E = P \times t$$

Nel sistema internazionale

$$J = W \times s$$

In pratica

$$\text{kWh} = \text{kW} \times \text{h}$$

Consumo giornaliero medio domestico di
energia elettrica

$E = 10 \text{ kWh}$

Costo euro/kWh 0.5

Per produrre 10 kWh occorrono:

10 mcubi di acqua con $H=2m$

2 kg olio combustibile

1 mg di uranio

100 mqadri pannelli solari

0.2 mg di Deuterio e Trizio

Potenza meccanica

- Ordine di grandezza

- **Un uomo**

Mediamente può sollevare, con una carrucola, dal pozzo 50 l d'acqua ad una velocità di 20cm/s

$$P = 100 \text{ W}$$

- **Un cavallo**
- Mediamente può far girare una ruota che, con una carrucola, solleva dal pozzo 400 l d'acqua ad una velocità di 20 cm/s
- $P = 800 \text{ W} = 1 \text{ CV}$ circa

- **Una ruota**
- Sulla quale mediamente cade una massa d'acqua di portata $Q = 20 \text{ once} = 200 \text{ l/s} = 200 \text{ kgmassa/s}$
- Da una altezza $H = 2 \text{ m}$
ha una potenza di
- $P = 4000 \text{ W}$

- $P = Q \times g \times H$ $g = 10 \text{ m/s}$

- Questo è il principio di funzionamento
- di un mulino ad acqua
- per lavori artigianali (macinare, pressare, segare, ecc)

Centrale idroelettrica

- Questo è il principio di funzionamento di una centrale idroelettrica che, con l'aggiunta di un generatore elettrico, produce energia elettrica

Centrale alpina

serbatoio, grande salto

Centrale fluviale

sbarramento piccolo salto

Ruote (turbine) di diverso tipo

Generatore (alternatore)

+ trasformatore e linea elettrica ad AT

se la centrale è lontana dall'utente

Centrali idr. Origine e storia

Nascono all'inizio della 2.a riv. Industriale

In America ad opera di T.A. Edison

1882 Appleton, Wisconsin

In piccolo mulino con generatore in cc
servizio illuminazione

Grande impianto cascate del Niagara

In Italia

Giuseppe Colombo profetizza lo sviluppo
delle c. idroel

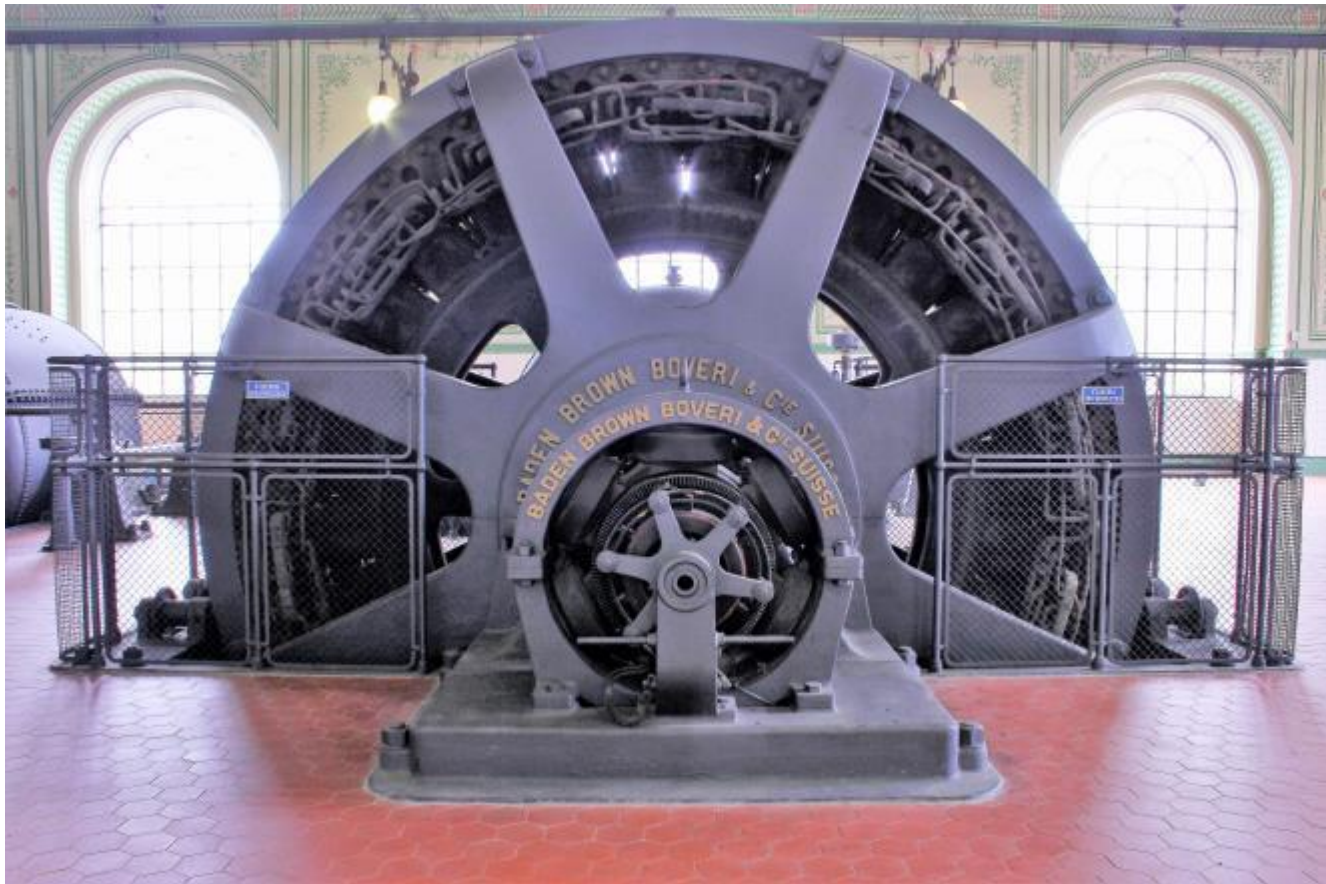
1895 Centrale idr. Società Edison Paderno
d'Adda, generatore in ca, $P = 11 \text{ MW}$

Museo della Tecnica Elettrica

A lungo la prevalente produzione di energia
elettrica è avvenuta in c. idr.

Usando l'acqua, il carbone bianco

Centrale Bertini. Alternatore



Oggi

- In Italia
- La produzione idroelettrica rappresenta il 15%
e il 40% della produzione da fonti rinnovabili
- Più di 4000 c. idroelettriche
- Molte antiche e piccole
- La più grande in prov. di Cuneo $P = 1000$ MW

- Nel mondo
- Le più grandi
- Cina Tre Gole $P = 22\ 000\ \text{MW}$
- Brasile Itaipu $P = 14\ 000\ \text{MW}$

Impianti idroelettrici. Caratteristiche

- L'energia dell'acqua è pulita, rinnovabile, regolare o regolabile
- Gli impianti richiedono grandi investimenti e interventi nel territorio
- E' difficile trovare nuove sedi di impianti

Impatto ambientale

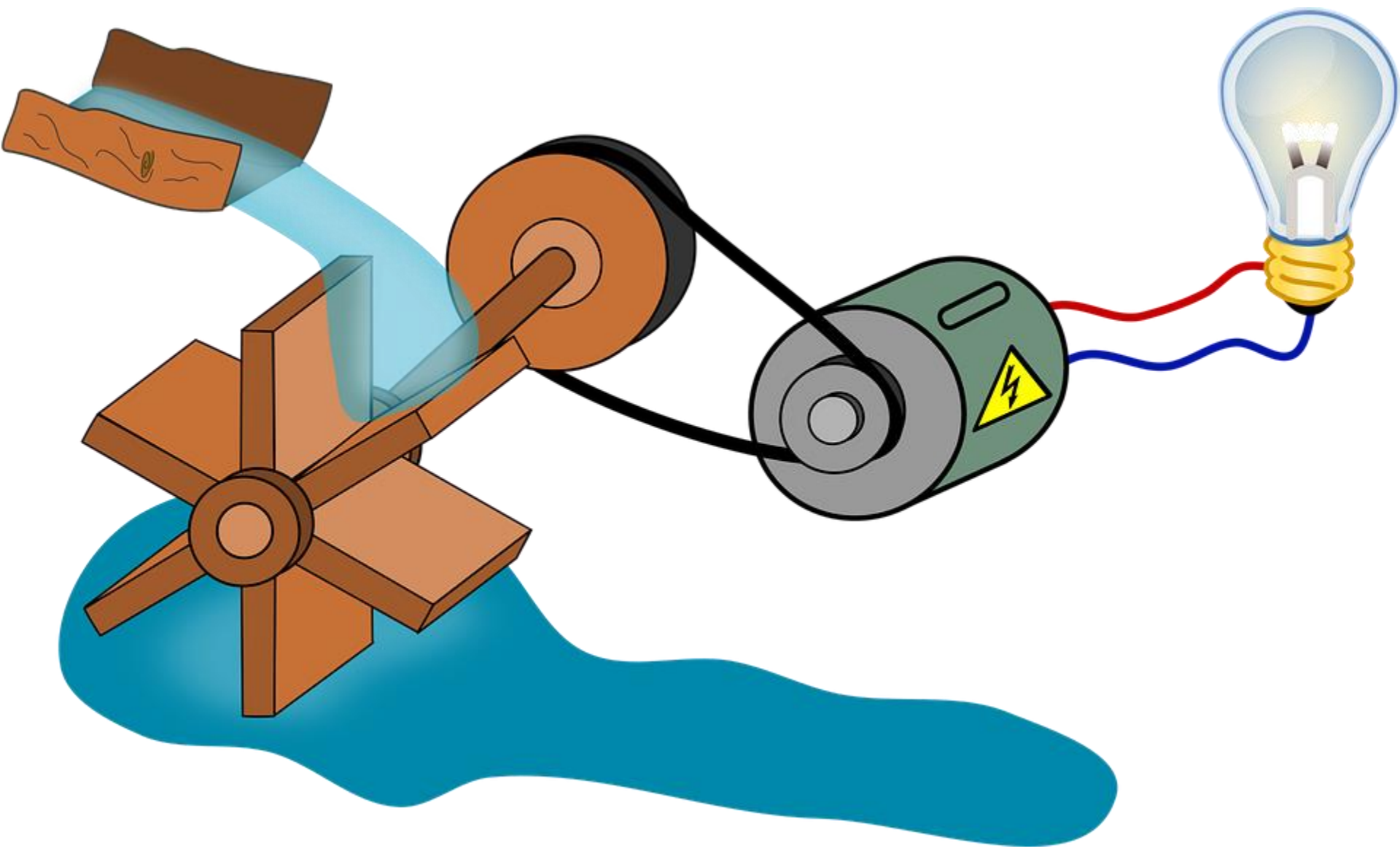
- La costruzione dell'impianto altera l'ambiente esterno (disboscamenti, frane, ecc)
- E altera l'ambiente acquatico (pesci, ecc)
- E' scoperta recente che nei serbatoi il materiale organico in putrefazione genera gas serra (CO₂, CH₄)

Casi particolari

- Impianti di pompaggio
- L'energia elettrica si produce solo quando si utilizza
- Di giorno è più richiesta (costosa) che di notte
- Allora può convenire di notte far funzionare l'impianto alla rovescia: un motore el. aziona una pompa che solleva l'acqua.
- Quando utile, l'impianto funziona normalmente

- Impianti marini
- Sfruttano il moto ondoso o le maree (da 1m a 10 m)
- Si creano bacini che si riempiono e si svuotano
- Ad es,. Centrale del Rance , Francia Nord
- Alti costi

- Mini impianti
- Invece di turbina
- Vite di Archimede (vite a spirale dentro un tubo)
- Per basse portate (qualche m³ al s) e piccole lunghezze (pochi metri)
- Salvano i pesci
- Lente, hanno bisogno di un moltiplicatore a ingranaggi



Approfondimenti

1. Verso la società del futuro: come vivremo, lavoreremo, ci relazioneremo e le energie della transizione
The European House Ambrosetti e Edison, 2023
2. A. Clò L'idroelettrica: un'opportunità per la transizione ecologica del Paese, 2021
3. Eurelectric: Facts of hydropower in the E U, 2018
4. Guida pratica per la realizzazione di piccole centrali idrauliche, Canton Ticino, Svizzera
5. Il ruolo strategico di pompaggi idroelettrici nella transizione energetica
Edison, Position paper 2023-09