

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria
Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

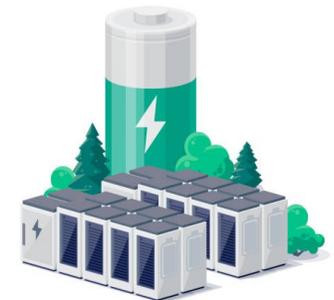
***Analisi comparativa delle prestazioni
termodinamiche di sistemi di stoccaggio
energetico: batterie a sabbia, batterie
elettrochimiche e idroelettrico a pompaggio***

Relatrice: Prof.ssa *Manuela Campanale*

Laureando: *Mattia Rampazzo*

Come possiamo garantire un futuro energetico **SOSTENIBILE e AFFIDABILE ?**

- **Crescita della generazione di energia**
 - **Sfide legate alle fonti rinnovabili**
 - **Importanza dello stoccaggio energetico**



- **Analizzare le diverse tecnologie di stoccaggio energetico**
 - **Identificare i vantaggi e gli svantaggi dei singoli sistemi**
- **Confrontare e valutare le applicazioni pratiche**
 - **Investigare il potenziale futuro**



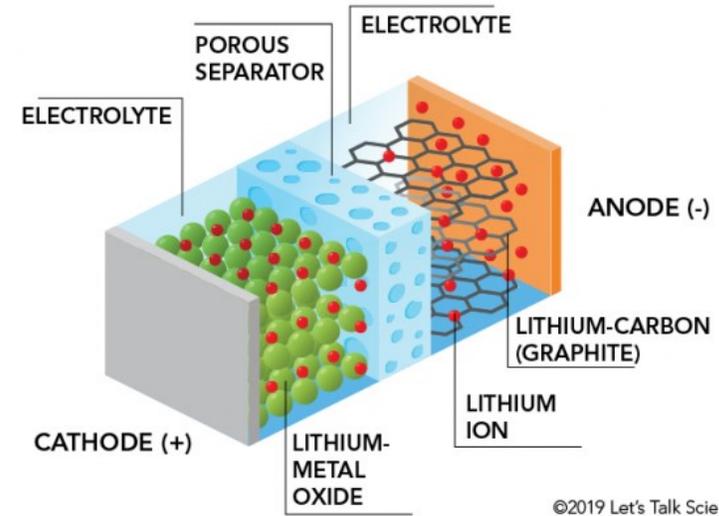
- **Funzionamento:**

1. CARICA: reazione chimica, e⁻ verso anodo, ioni verso catodo
2. Stoccaggio di ENERGIA CHIMICA
3. SCARICA: reazione chimica inversa

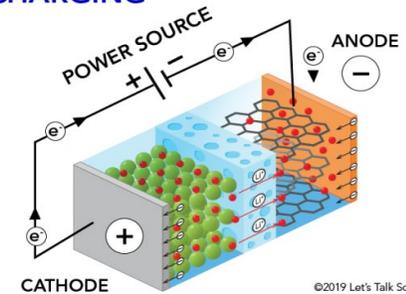
- **Diverse tecnologie di batterie**

- **Tecnologia in grande sviluppo**

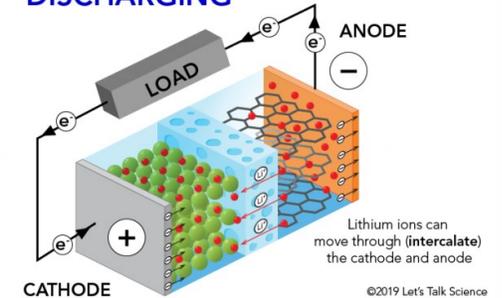
PARTS OF A LITHIUM-ION BATTERY



CHARGING



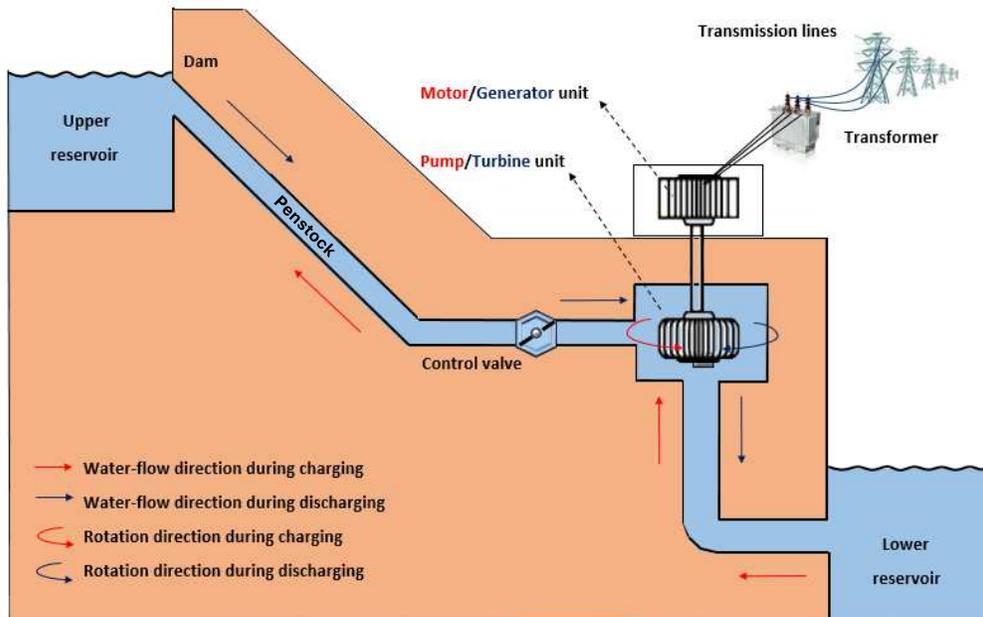
DISCHARGING





• Funzionamento:

1. CARICA: pompaggio di acqua nel bacino superiore
2. Stoccaggio di ENERGIA POTENZIALE $\Rightarrow U_g = mgh$
3. SCARICA: acqua rilasciata verso il bacino inferiore



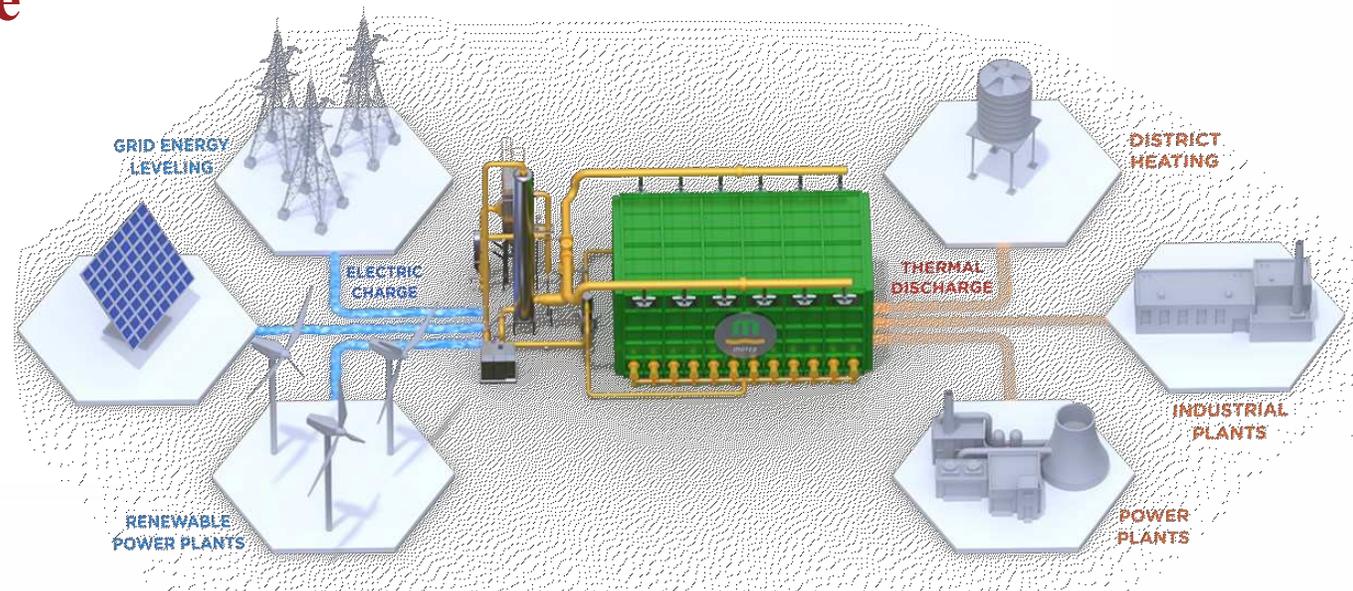
• Diverse configurazioni di turbine/pompe

• Tecnologia matura

- **Funzionamento:**

1. CARICA: riscaldamento della sabbia tramite riscaldamento ohmico
2. Stoccaggio di ENERGIA TERMICA (600-1000 °C)
3. SCARICA: scambio di calore con fluido termovettore

- **Tecnologia innovative e promettente**

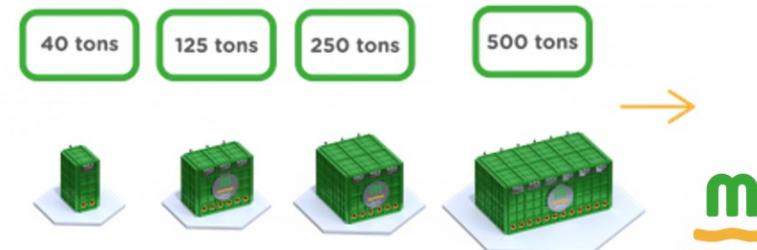
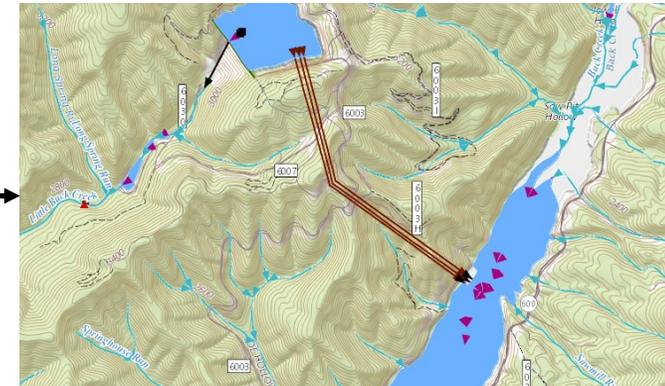


- **Analisi secondo:**

- 1) POTENZA
- 2) CAPACITÀ
- 3) EFFICIENZA
- 4) DURATA DI VITA
- 5) COSTO (€/kWh)
- 6) IMPATTO AMBIENTALE



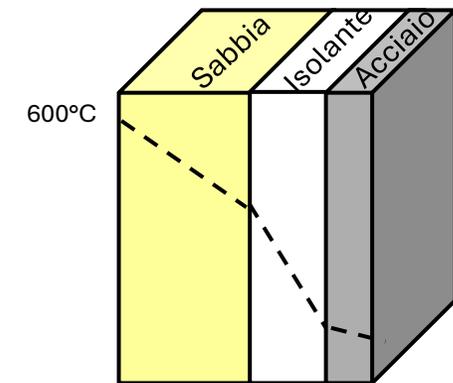
Tecnologia	Potenza	Capacità	Note aggiuntive
Batterie a Ioni di Litio	W - MW	Wh - MWh	Modulare
Idroelettrico a Pompaggio	MW - GW	MWh - GWh	Stabilizzare la rete
Batterie a sabbia	kW - MW	MWh - GWh	Modulare



Tecnologia	Durata di Vita	Efficienza	Perdite nel tempo
Batterie a Ioni di Litio	1,000 – 10,000 cicli	85 - 95%	Invecchiamento e autoscarica
Idroelettrico a Pompaggio	30 – 60 anni	70 – 85%	Evaporazione – Precipitazioni +
Batterie a sabbia	> 30 anni	>90%	Scambio di Calore con esterno

$$\eta_{cs} = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \left(1 - \frac{\dot{E}_{loss}\Delta t}{\eta_{in}E_{in}} \right) \eta_{in}\eta_{out}$$

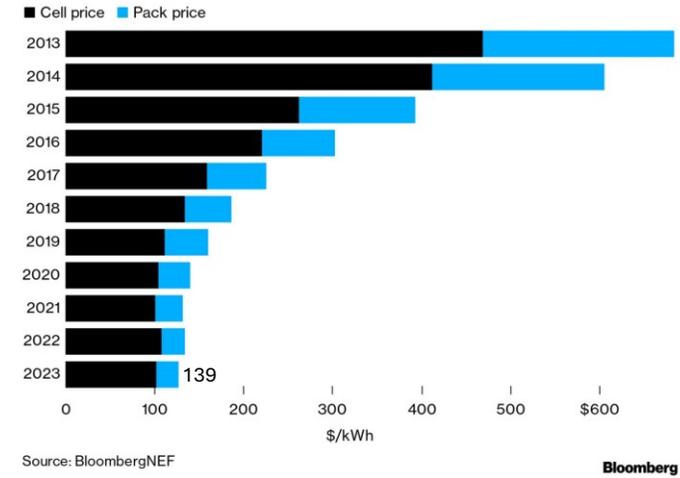
Profilo termico ipotetico di una batteria a sabbia:



$\lambda_{sabbia\ asciutta} \approx 0.35 \text{ W/mK}$

Tecnologia	Costo (€/kWh)	Impatto Ambientale	Note agg.
Batterie a Ioni di Litio	100-150	Estrazione di materie prime	Ricicabili
Idroelettrico a Pompaggio	5 – 100	Impatto su ecosistema	Siti Limitati
Batterie a sabbia	10-30	Basso	Smaltimento incerto

Lithium-Ion Battery Price Survey



- **Flessibilità delle tecnologie:** Ognuna presenta un profilo unico, con vantaggi e svantaggi specifici
 - **Scelta della tecnologia:** Dipende dalle esigenze specifiche di ogni contesto, considerando ogni fattore in gioco
- **Prospettive future:** Il panorama delle tecnologie di stoccaggio energetico è in continua evoluzione, con potenziali sviluppi sul settore dei costi ed efficienza

Grazie per l'attenzione