

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale

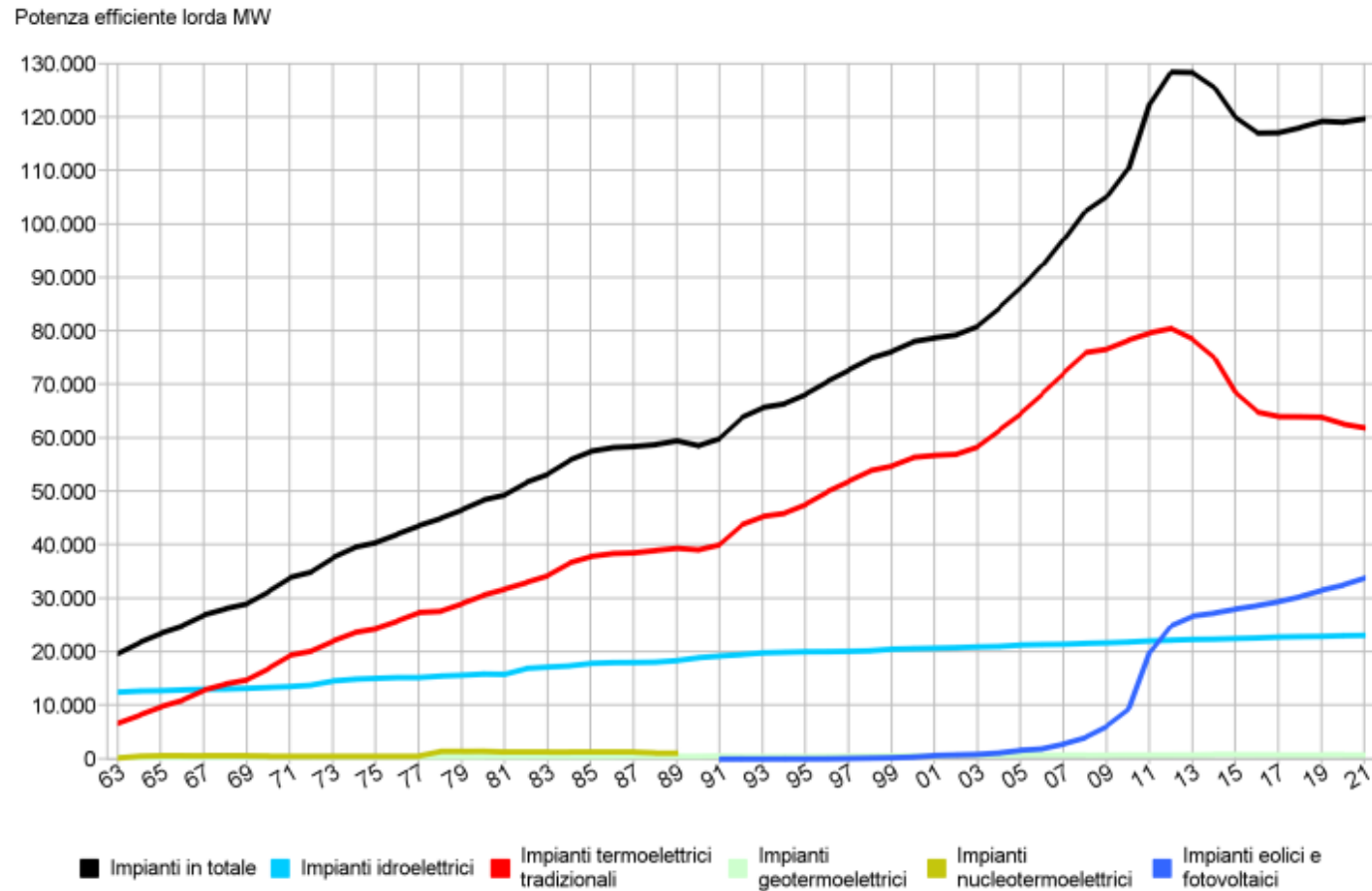
Accumulo di energia elettrica
attraverso la CO₂: il progetto Energy
Dome

Tutor universitario: Prof. Giuseppe Zollino

Laureando: *Niero Riccardo*

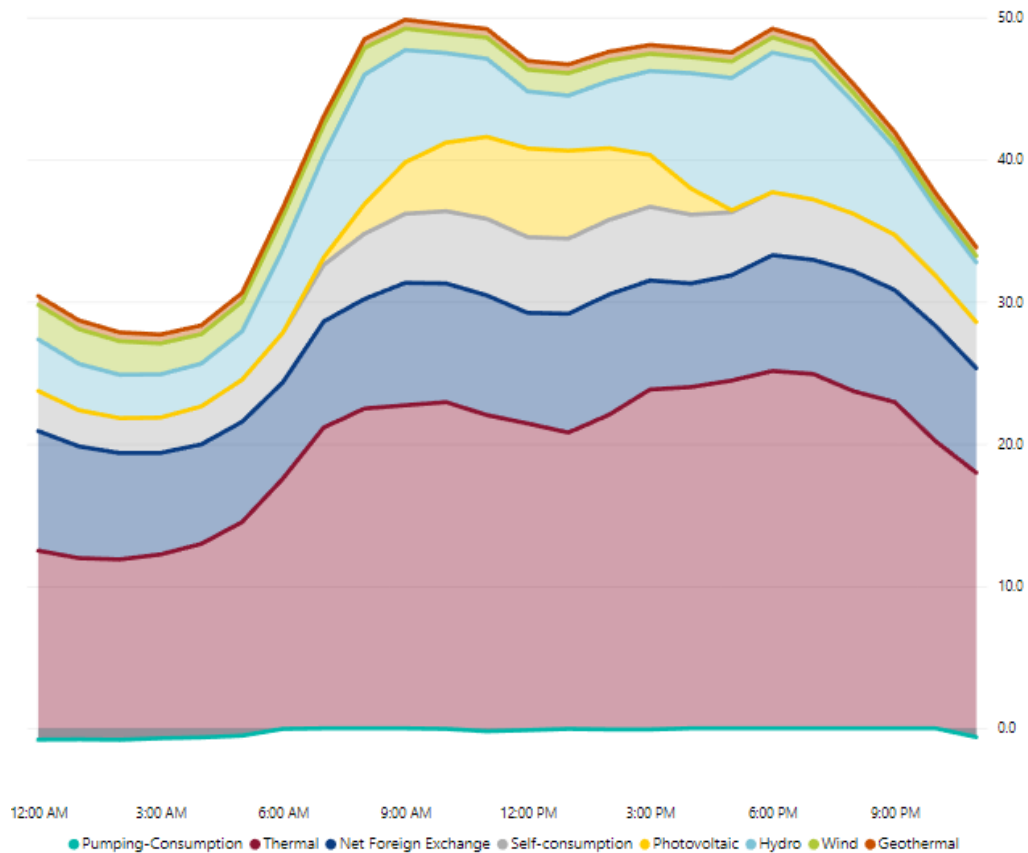
Padova, 25/11/2022

Potenza efficiente degli impianti elettrici di generazione in Italia 2021

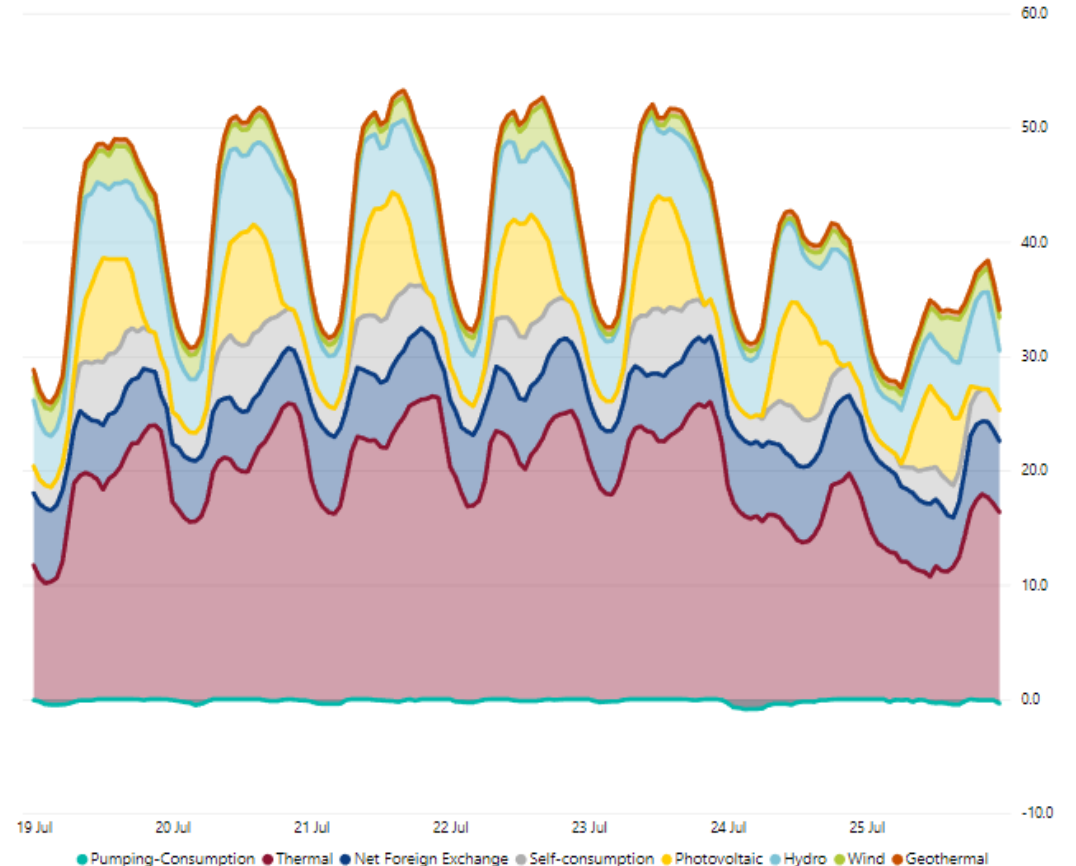


Variazione del bilancio nella produzione elettrica

3° mercoledì di febbraio



7 giorni di luglio



Per coprire la variabilità della produzione e della domanda di energia dipendente dalle condizioni meteorologiche e stagionali posso sfruttare dei sistemi per accumulare energia. I quali possono essere:

Accumulo di energia elettrochimica



Batterie al litio, nickel

Accumulo di energia meccanica



Impianti di pompaggio idroelettrico
Sistemi ad aria compressa CAES
Sistemi a CO₂ compressa
Volani

Accumulo di energia elettrostatica



Condensatori
Supercondensatori

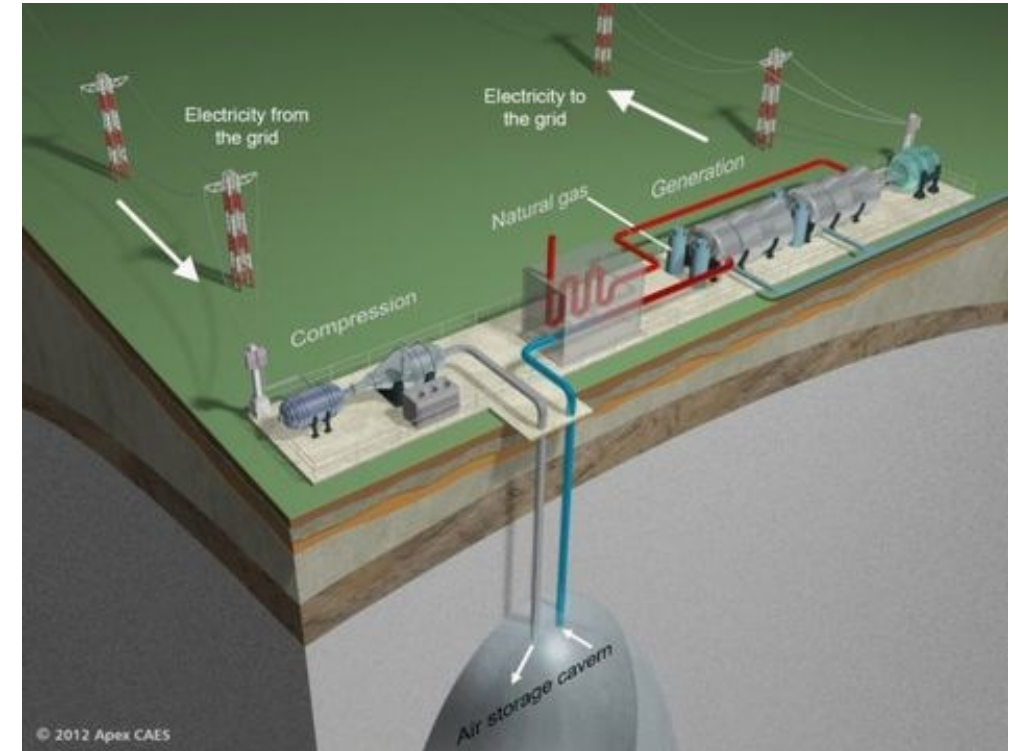
Accumulo di energia chimica



Produzione di Idrogeno H₂
Produzione di metano

Si basa sulla compressione dell'aria che viene stoccata in caverne sotterranee quando la richiesta del carico è bassa, e nella produzione di energia quando ho dei picchi di richiesta. L'espansione può avvenire in maniera diabatico o adiabatica.

- Vantaggi**
- Compressore e turbina operano in tempi diversi
 - Alta affidabilità (usura solo meccanica)
 - Basso impatto ambientale (A-CAES)
 - Tecnologia collaudata
- Svantaggi**
- Necessità di particolari situazioni morfologiche
 - Uso di gas naturale per riscaldare l'aria nel D-CAES, con basso rendimento
 - Uso di materiali costosi se si comprime l'aria in poco spazio ma a temperature molto basse (-190°C)

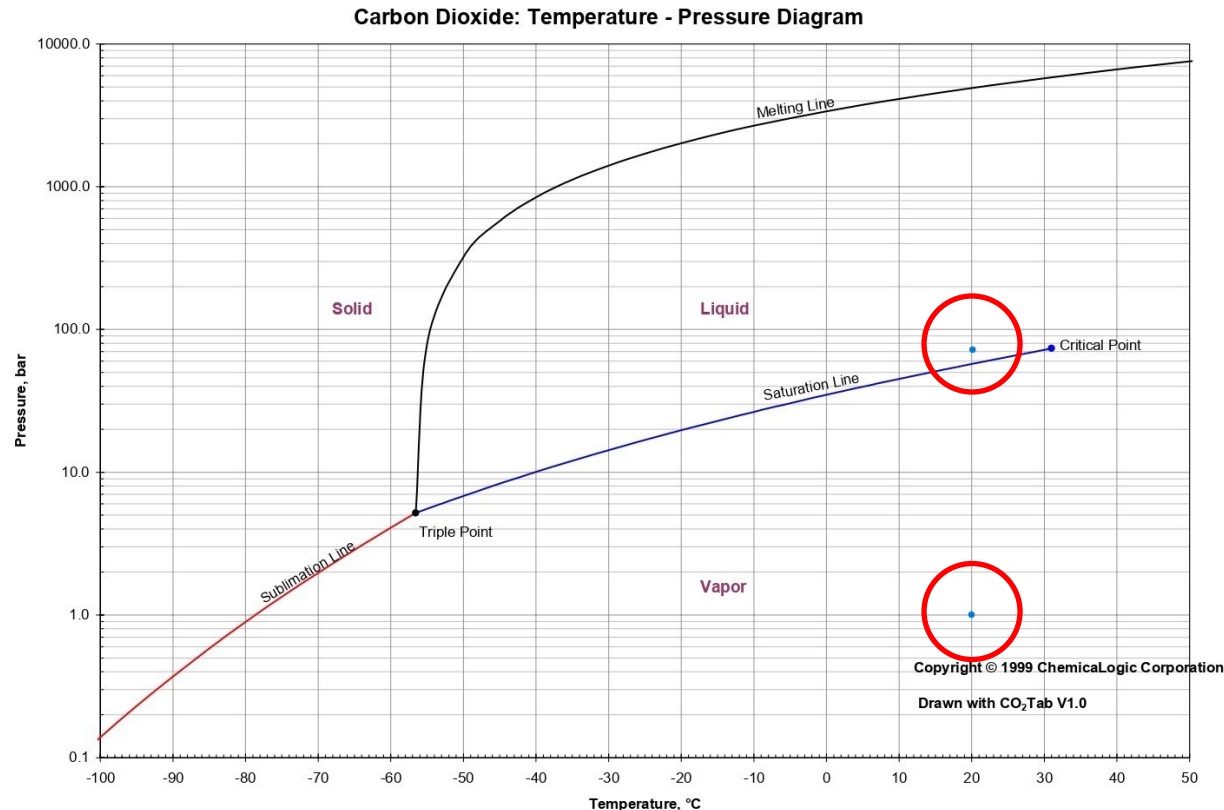


Energy Dome è una startup italiana in grande espansione, la quale ha progettato un sistema di accumulo usando l'anidride carbonica come fluido di lavoro al posto dell'aria, creando la **batteria a CO₂**.



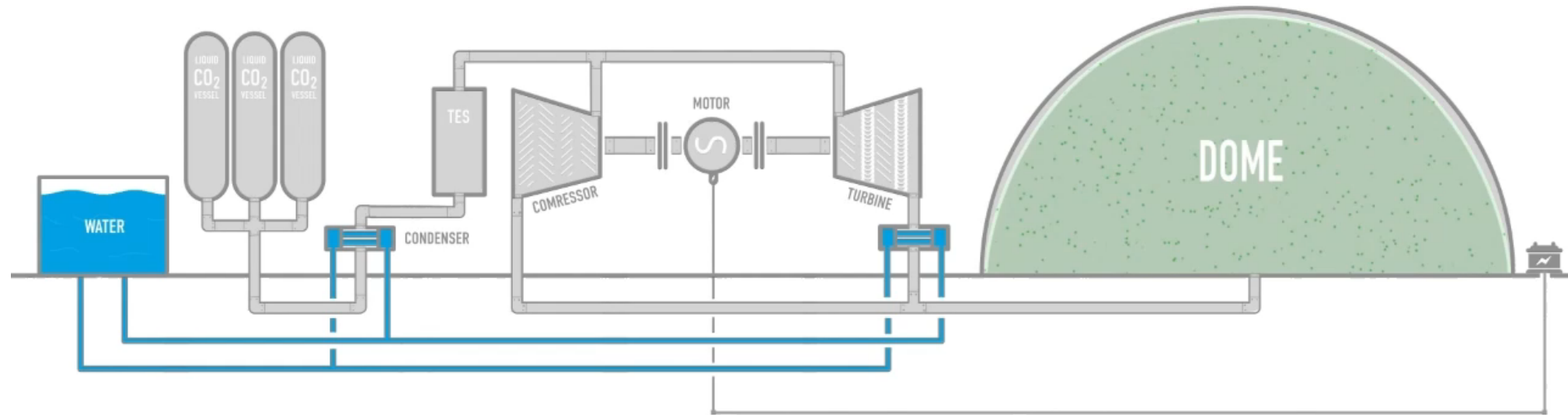
Il primo impianto dimostrativo è in funzione da maggio 2022 in Sardegna, con compressore da 2,5 MW e capacità di accumulo pari a 4MWh.

Il suo compito è quello di assorbire e rilasciare in rete elettricità per un lungo periodo di tempo, dalle 4 alle 24 ore. Appartiene al gruppo di stoccaggio infragiornaliero, compensando i momenti di non produzione delle fonti rinnovabili.

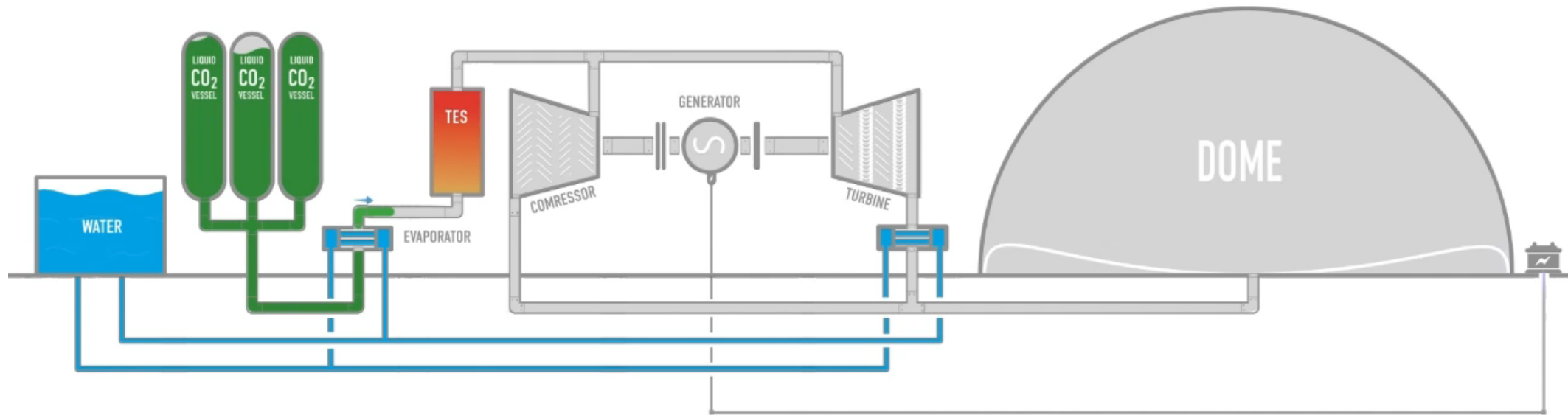


La CO₂ ha un punto critico basso, 31°C a 73 bar, quindi si riesce a conservarla nello stato liquido a temperatura ambiente.

Un kg a 70 bar occupa un volume di 1,3l e possiede una densità di energia pari a 66,7kWm/m³. in confronto l'aria occupa 12l e ha 2-6 kWh/m³.



CHARGE



DISCHARGE

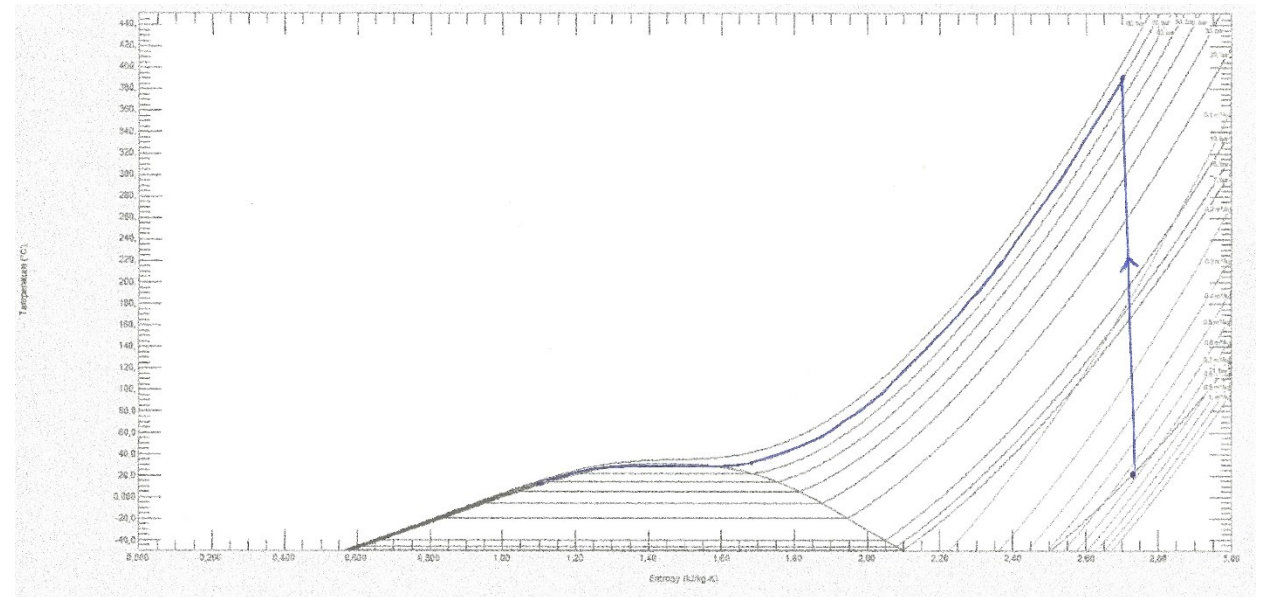
Si basa sul ciclo di Bryton-Joule chiuso, avendo una compressione e un'espansione isoentropica. Il compressore è di tipo a ingranaggi integrale già sfruttato nell'industria petrolifera.

Il lavoro è dato da:










$L = c_p(T_{ing} - T_{usc})$ negativo. Per aumentare il rendimento complessivo si possono impiegare più compressori e TES in serie.

Per recuperare il calore prodotto dalla compressione viene usato un accumulatore di energia termica TES, il quale avrà anche il compito di rilasciare il calore alla CO₂ liquida ad alta pressione, che ritornerà gas pronto ad espandersi nella turbina a gas e ritornare a pressione ambiente nella cupola.

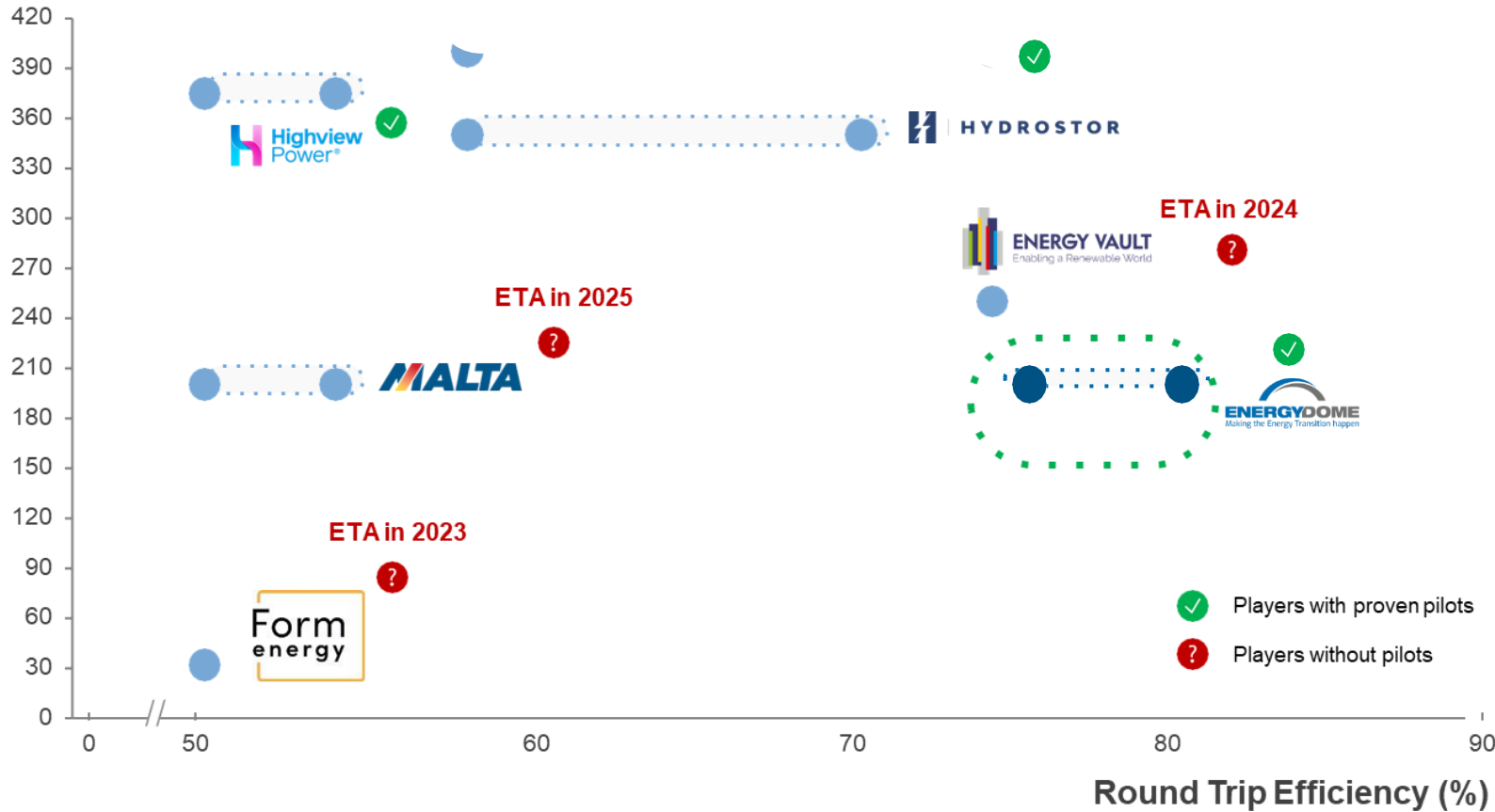
compressione



La batteria è facilmente modulare consentendo vari scenari di utilizzo:

	Energy Bricks			Power Bricks		Charging Power/TIME	Discharging Power/TIME
	Dome	CO ₂ vessels	TES vessels	Compressor	Turbine		
25 MW FRAME	 200MWh			 25 MWe	 20 MWe	25MW / 10h	20MW / 10h
	 200MWh			 25 MWe	 20 MWe	50MW / 10h	40MW / 10h
	 200MWh			 25 MWe	 20 MWe		
50 MW FRAME	 200MWh			 25 MWe		50MW / 5h	10MW / 20h
				 25 MWe	 10 MWe		

CAPEX (€/kWh)



Secondo Energy Dome, la batteria ha un'efficienza di andata e ritorno RTE compreso tra il 75 e 80% con possibili miglioramenti futuri. Il calcolo dell'efficienza dipende dal tempo di carica/scarica e dall'energia assorbita e rilasciata.

$$RTE = \frac{W_{scarica}}{W_{carica}} = \frac{W_{turb} * t_{disc}}{W_{comp} * t_{car}}$$

Il costo al kWh si aggira attorno ai 200\$ minore rispetto ad altre tipologie di accumuli di lunga durata, possibile sfruttando componenti già largamente disponibili nell'industria.

Nonostante l'impatto visivo importante (per via della cupola), la batteria a CO₂ racchiude in sé molteplici vantaggi, quali, ad esempio:

- il funzionamento in ambienti caratterizzati da un range di temperature comprese tra i -15 °C e i + 40 °C e l'assenza di specifiche restrizioni geografiche legate alla sua installazione;
- È pensata per funzionare vicino a grandi impianti fotovoltaici ed eolici;
- Non richiede materiali esotici, come, invece, accade nel caso delle batterie a litio;
- Durata di vita molto lunga date le temperature di esercizio non troppo elevate;
- riduzione del costo complessivo dell'impianto anche sulla base del numero di progetti costruiti da parte di Energy Dome.

Inoltre, trattandosi di un ciclo chiuso, la CO₂ dovrà essere caricata solo una volta nell'arco degli anni di vita dell'impianto, rendendo, in questo modo, la batteria molto più competitiva rispetto alle soluzioni che prevedono l'impiego di aria compressa o liquefatta a temperature estremamente basse.

Nell'ottica di cercare di salvaguardare il nostro ecosistema e di ridurre il più possibile lo sfruttamento delle cosiddette fonti fossili, si dovrà cercare di aumentare l'utilizzo di accumulatori in modo da poter sopperire ai periodi di "non produzione" legati all'utilizzo delle fonti rinnovabili.

L'impiego della batteria a CO₂, progettata dalla Energy Dome, potrà, dunque, rivelarsi una valida e promettente alleata per la produzione dell'energia necessaria alla popolazione.