

Diversificazione dell'approvvigionamento energetico

Ph.D., Ing. Davide Iaria – ISPRA, Servizio per i Rischi e la Sostenibilità Ambientale delle Tecnologie, delle Sostanze chimiche, dei Cicli produttivi e dei Servizi idrici e per le Attività Ispettive

Contenuto

- Diversificazione dell'approvvigionamento di potenza elettrica;
- Diversificazione dell'approvvigionamento di combustibile;
- Fattori rilevanti:
 - Disponibilità delle risorse;
 - Fattibilità tecno-economica;
 - Impatto ambientale;
 - Fattori politico - finanziari;

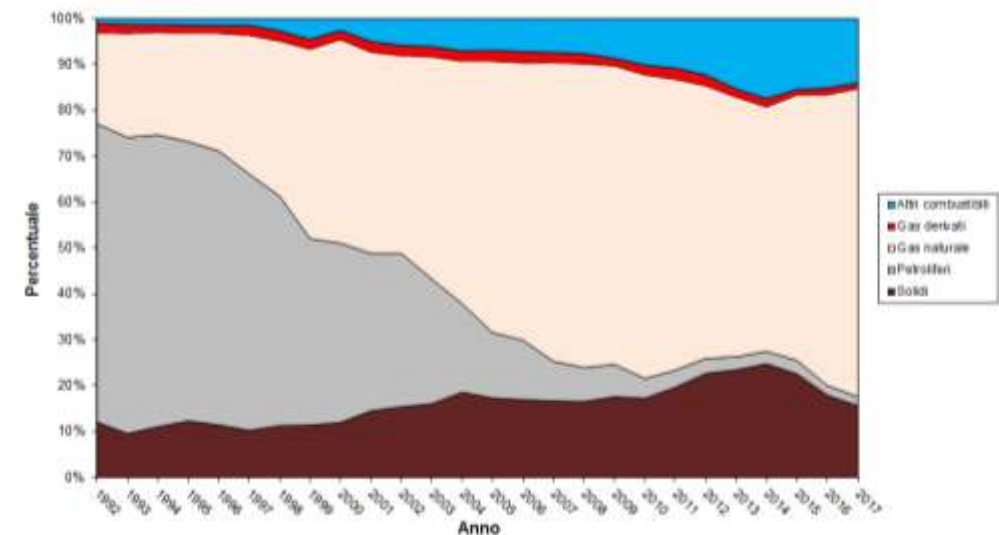
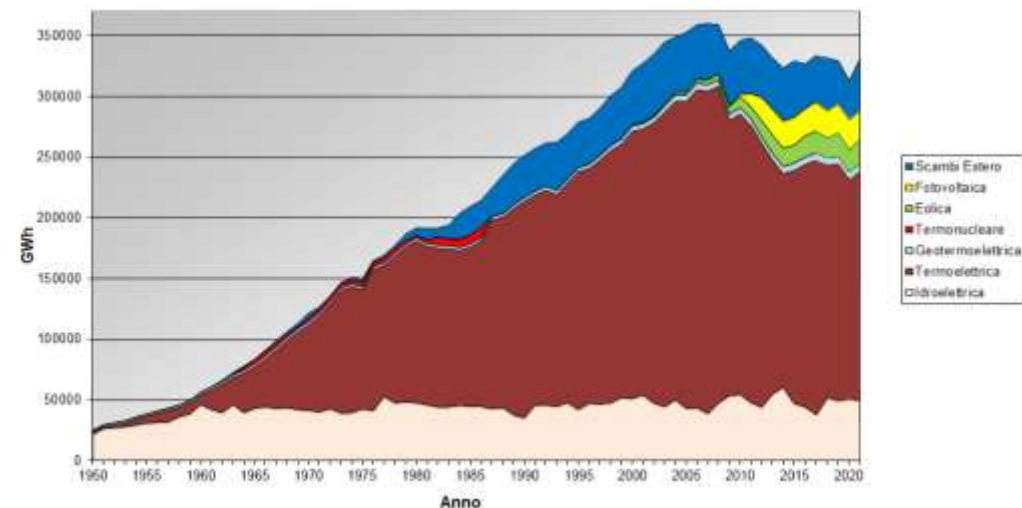
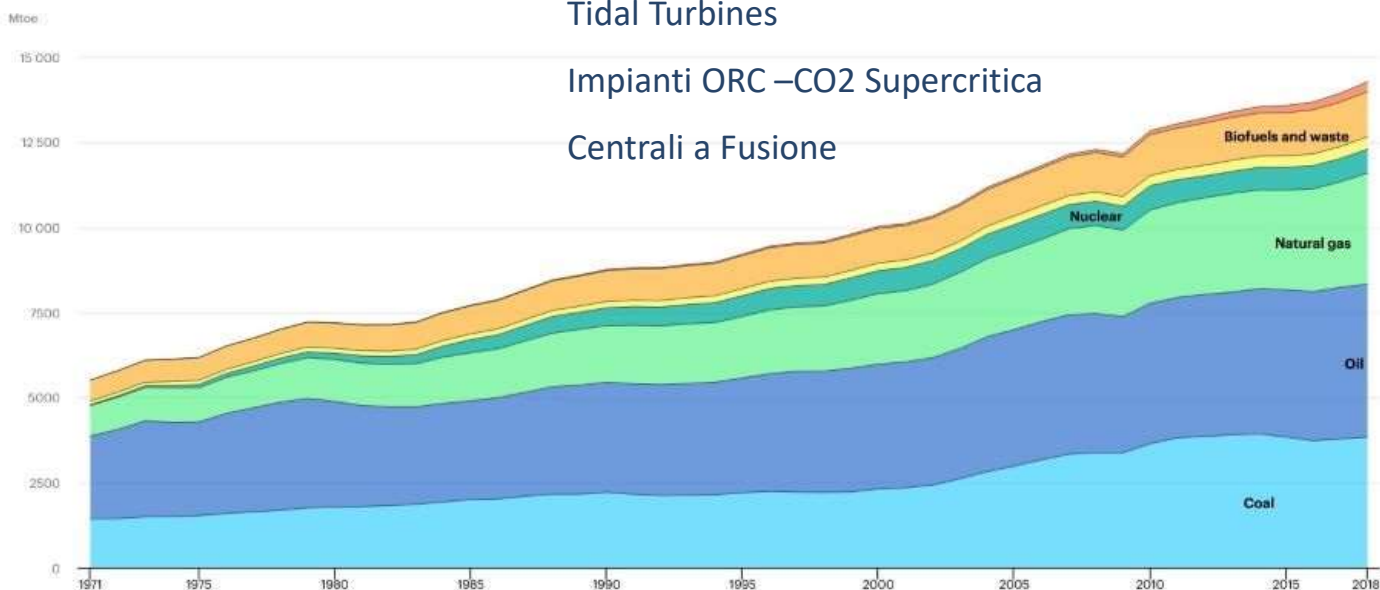
Diversificazione dell'approvvigionamento di potenza elettrica

IMPIANTI CONVENZIONALI

Impianti a Vapore
 Impianti Turbogas
 Idroelettrico
 Centrali a Fissione Nucleare

IMPIANTI NON CONVENZIONALI

Centrali a Ciclo Combinato
 Solare Fotovoltaico
 Eolico
 Solare Termodinamico
 Geotermico
 Tidal Turbines
 Impianti ORC –CO2 Supercritica
 Centrali a Fusione

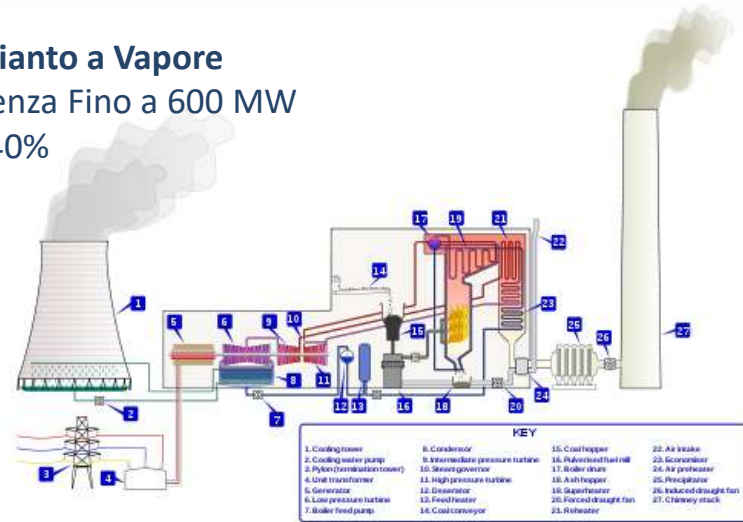


Centrali Convenzionali

Impianto a Vapore

Potenza Fino a 600 MW

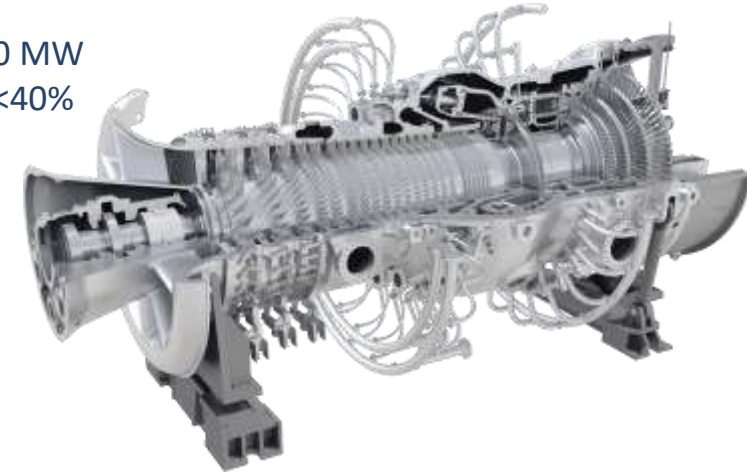
$\eta < 40\%$



Turbogas

Fino a 500 MW

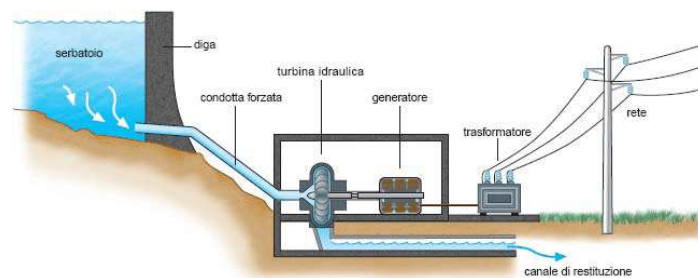
$20\% < \eta < 40\%$



Centrali Idroelettriche

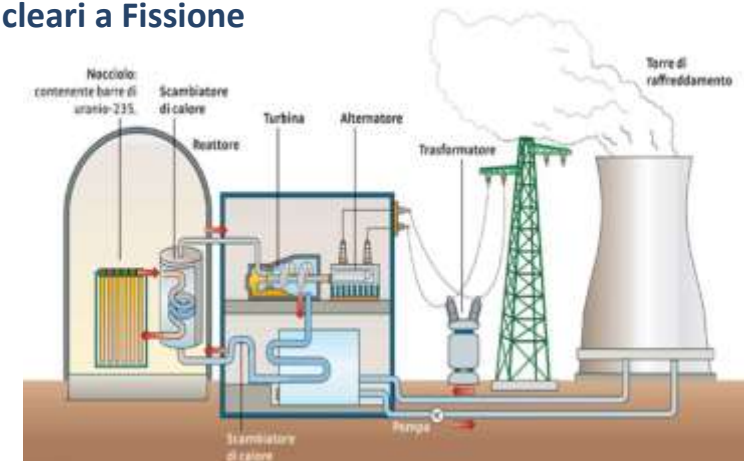
1 MW – 20 GW

$\eta < 60\%$



Centrali Nucleari a Fissione

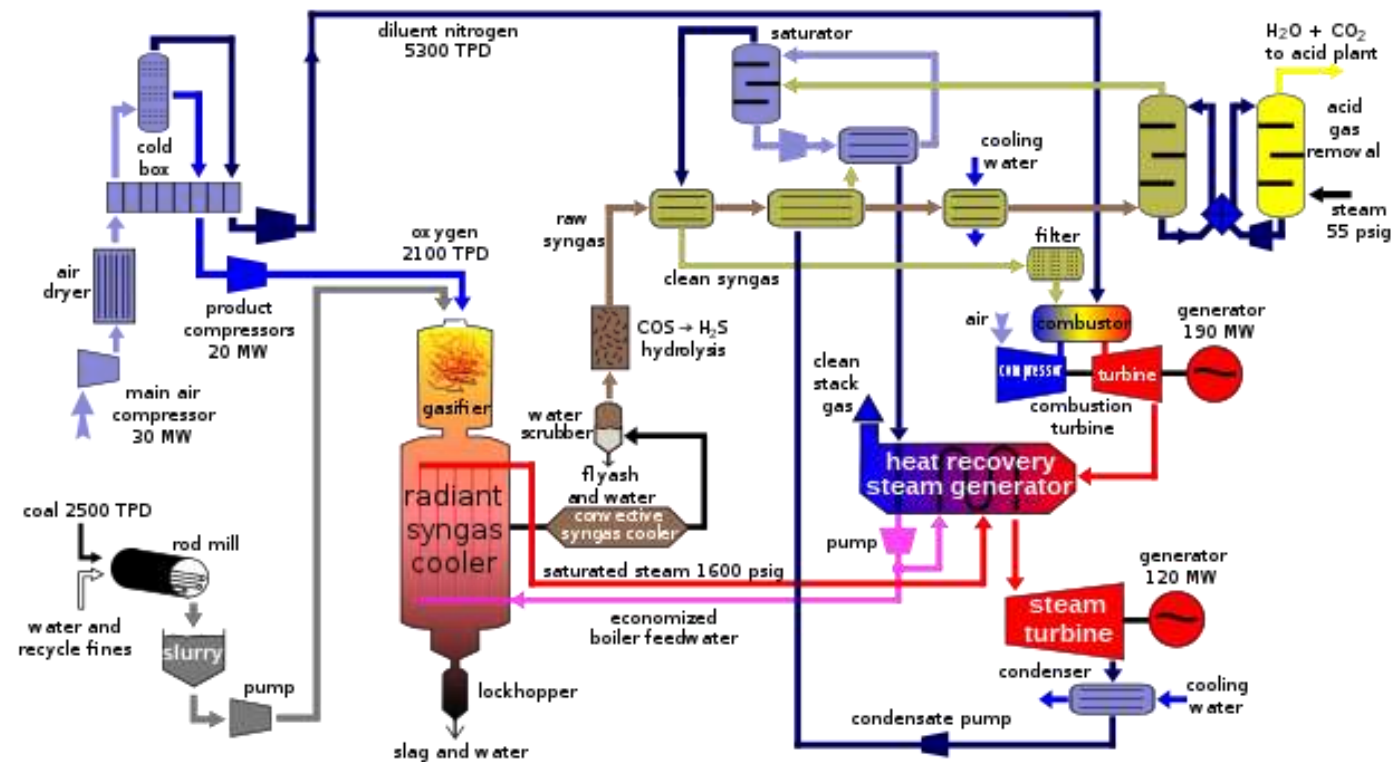
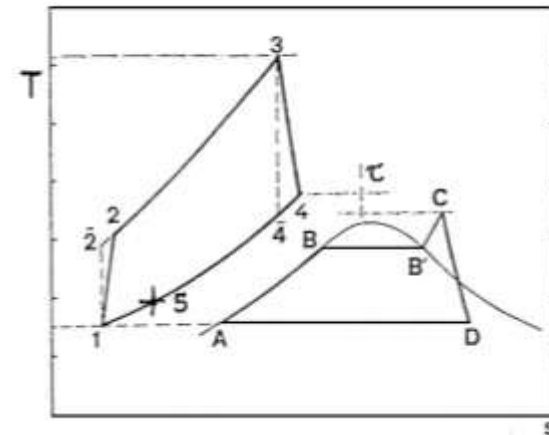
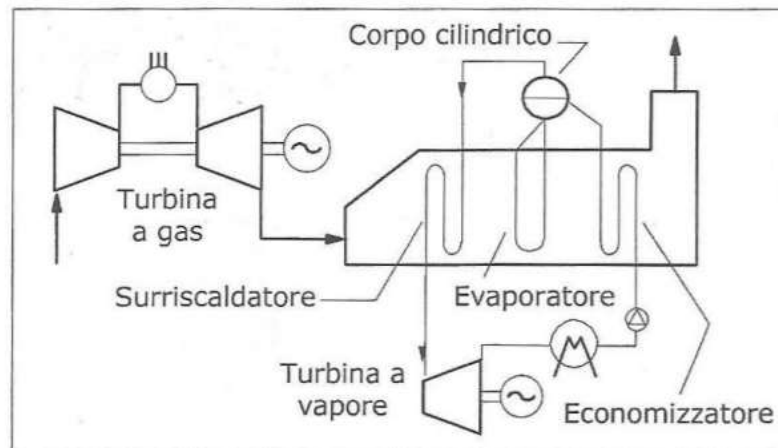
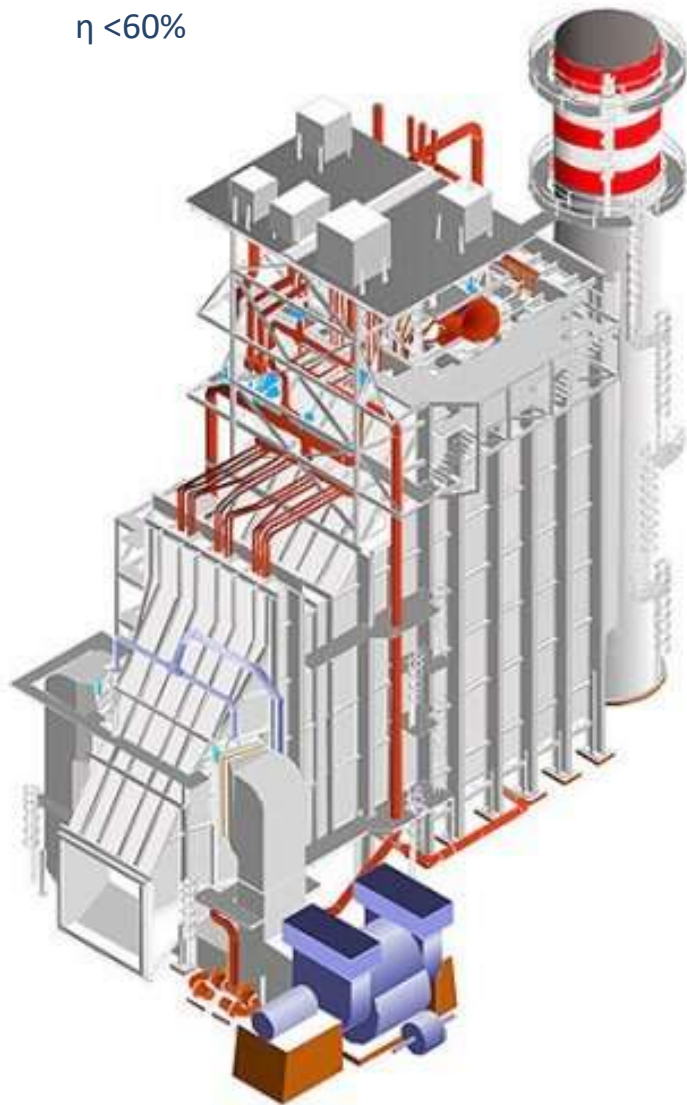
$\eta < 40\%$



Impianti a Ciclo combinato e IGCC

Potenza circa 600 MW

$\eta < 60\%$



Impianti Rinnovabili

Solare Fotovoltaico

0.1– 0.5 MW

$\eta < 20\%$



Eolico

1 kW - 5 MW

$\eta < 40\%$



Solare a concentrazione o termodinamico

1kW – 500 MW

$\eta < 40\%$



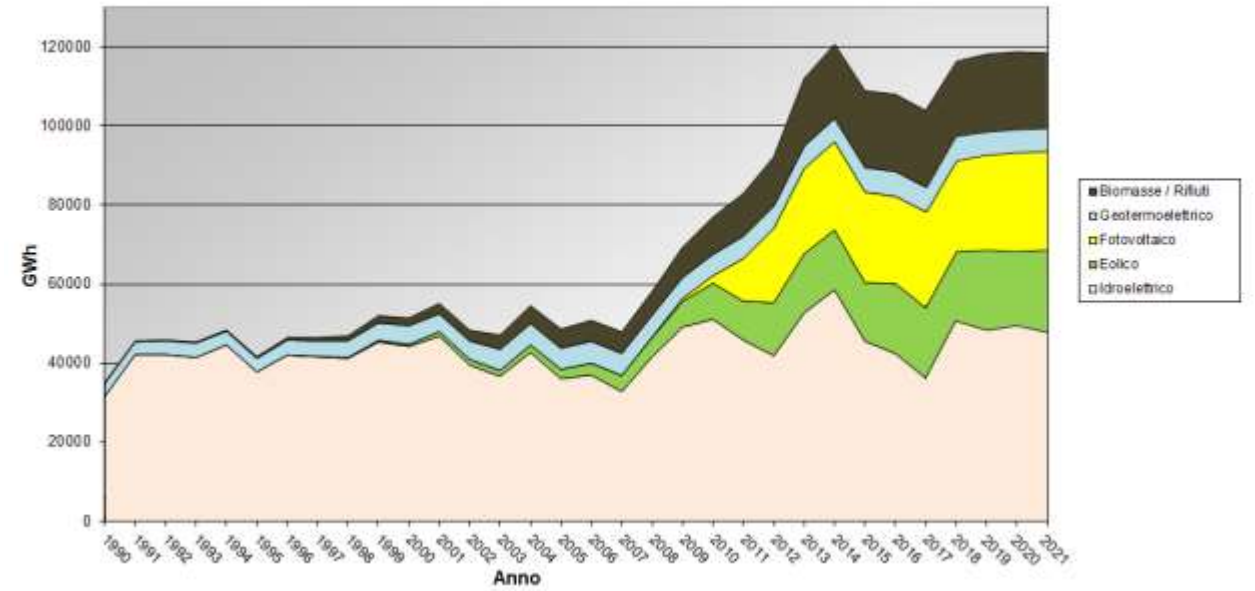
Geotermico

<100 MW

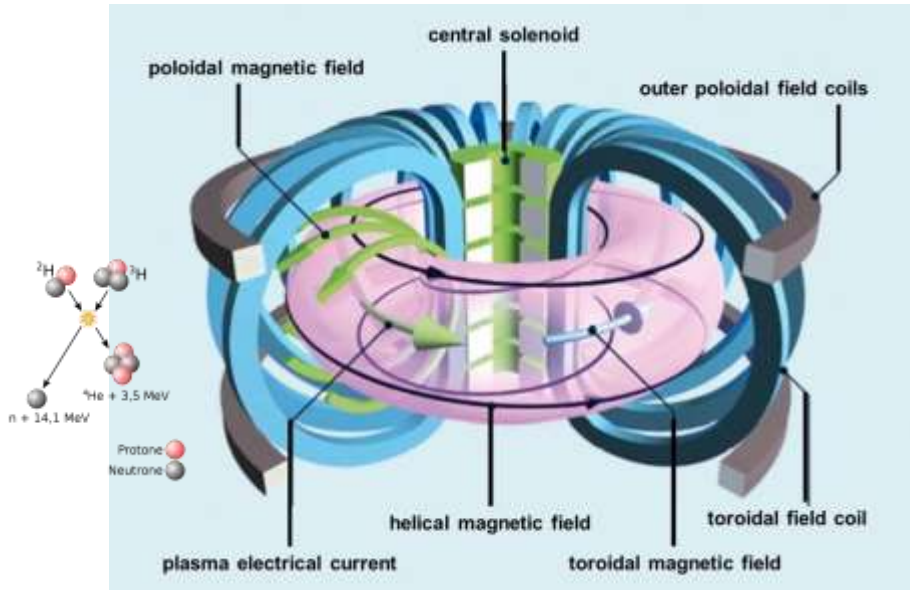
$\eta < 25\%$



Riepilogo Produzione Energia Fonti Rinnovabili - Italia



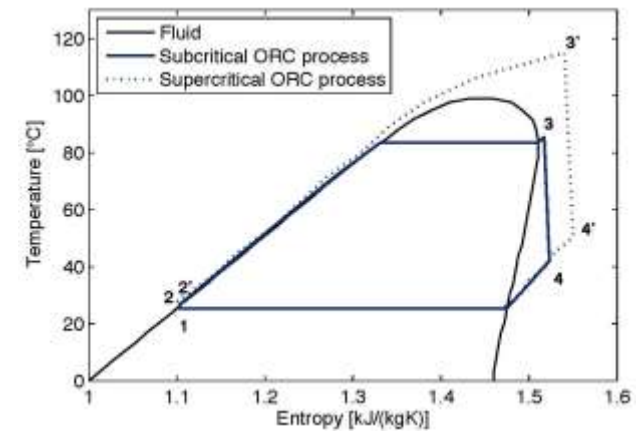
Tokamak – Fusione Nucleare



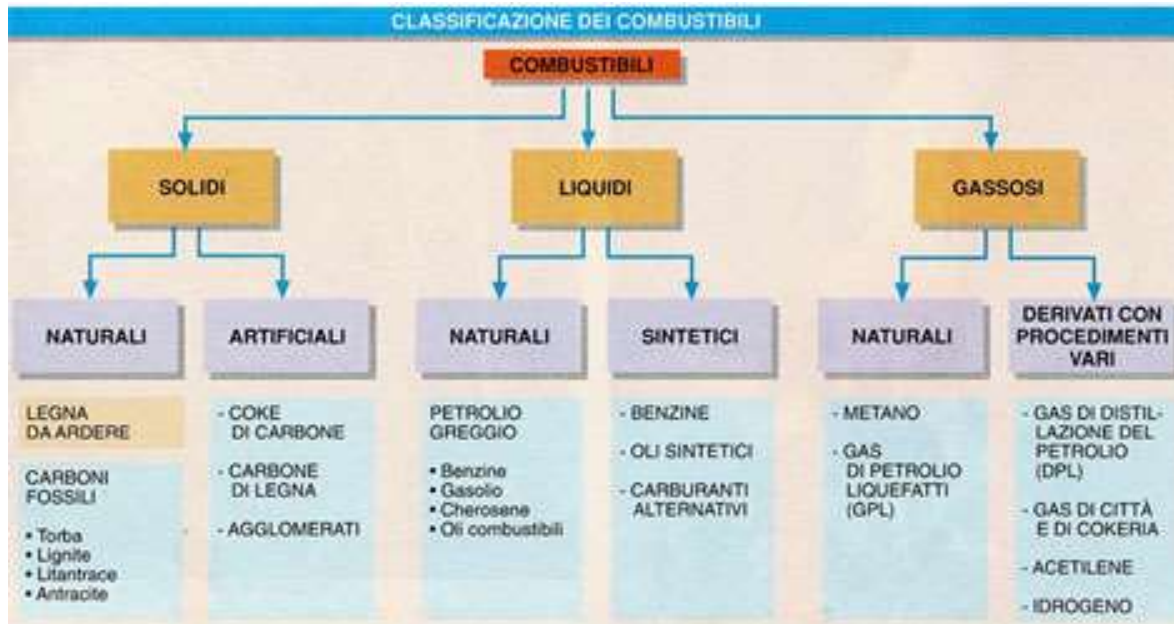
Tidal Turbine



Organic Rankine Cycle – CO2 supercritica



Diversificazione dell'approvvigionamento di combustibile



Potere calorifico di alcuni vettori	Potere calorifico inferiore $\Delta_c H_i^\circ$
Vettore energetico	MJ/kg
Legna secca (umidità < 15 %)	17
Torba secca	13
Carbone	33,5
Gas d'altoforno	32,0
Coke	34,2
Olio combustibile	41,3
Nafta	40,2
Gasolio	44,4
Cherosene	43,5
Benzina	43,6
Gas di petrolio liquefatto (GPL)	46,1
Gas naturale	47,7
Propano	46,35
Metano	50,0
Idrogeno	120,0
Monossido di Carbonio	10,05

Biocombustibili

Il biocarburante è un combustibile prodotto dalla biomassa. Il biocarburante può essere prodotto da piante o da rifiuti organici agricoli, domestici o industriali. I biocarburanti sono considerati una fonte di energia rinnovabile, tuttavia il potenziale di mitigazione dei cambiamenti climatici dei biocarburanti varia considerevolmente, da livelli di emissione paragonabili ai combustibili fossili in alcuni scenari a emissioni negative in altri.

I due tipi più comuni di biocarburanti liquidi sono il **bioetanolo** e il **biodiesel**. Il bioetanolo è un alcol prodotto per fermentazione, principalmente da carboidrati prodotti in zucchero o colture amidacee come mais, canna da zucchero o sorgo dolce.

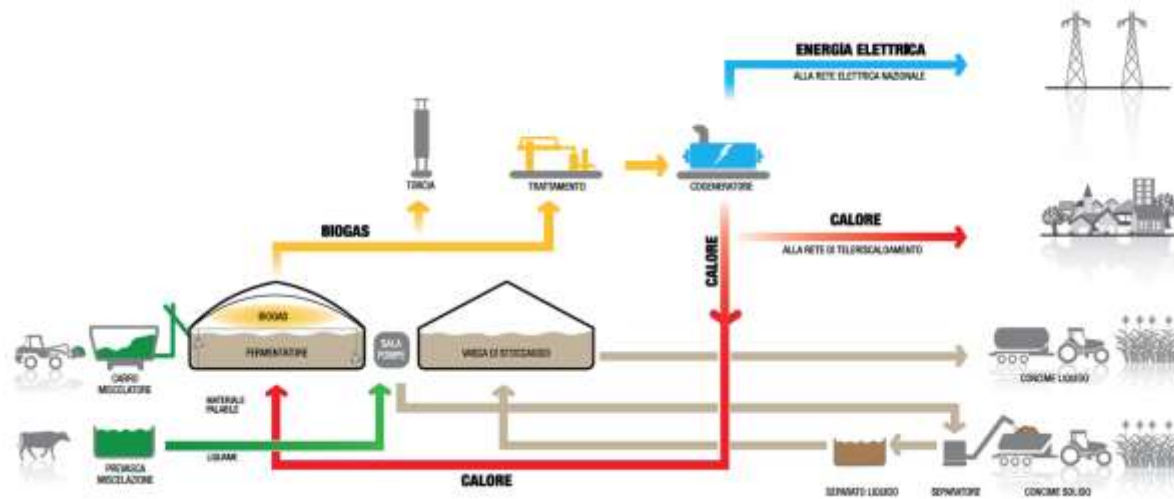
Il **bioetanolo** può essere utilizzato come carburante per veicoli nella sua forma pura, ma di solito viene utilizzato come additivo per benzina per aumentare il numero di ottani e migliorare le emissioni dei veicoli.

Il **biodiesel** è prodotto da oli o grassi mediante transesterificazione. Può essere utilizzato come carburante per autoveicoli nella sua forma pura (B100), ma di solito viene utilizzato come additivo diesel per ridurre i livelli di particolato, monossido di carbonio e idrocarburi dei veicoli diesel.

Esistono anche i **Sustainable Aviation Fuel**, ai quali ci si riferisce sinteticamente con l'acronimo SAF, sono carburanti sostenibili alternativi per l'aviazione e sono attualmente l'unica soluzione immediatamente disponibile per contribuire in maniera significativa alla decarbonizzazione del trasporto aereo. Le materie prime utili alla produzione di SAF possono essere materiali di scarto di varia provenienza, come oli da cucina usati ma anche grassi animali, oli da colture in terreni marginali, rifiuti urbani e residui agroalimentari o agroforestali.

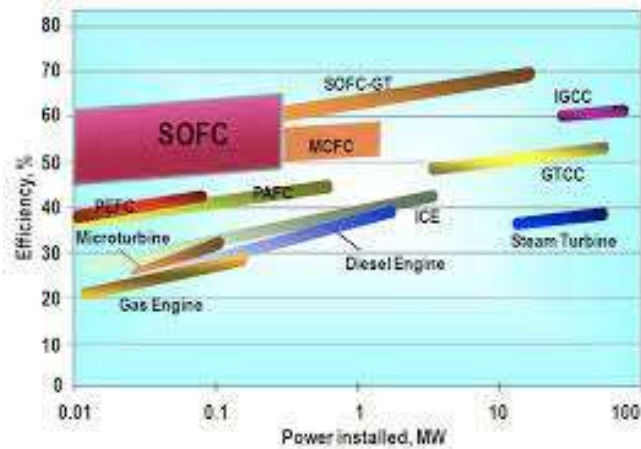
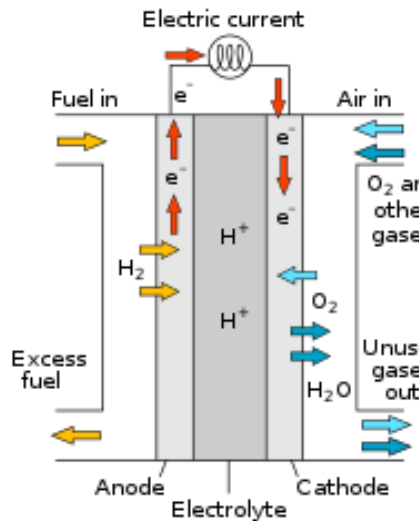


Il **biometano** è il combustibile ottenuto dalla purificazione del biogas che, a seguito di opportuni trattamenti chimico-fisici (purificazione o upgrading), anche svolti in luogo diverso da quello di produzione, è idoneo alla successiva fase di compressione per l'immissione nella rete del gas naturale. Il biogas è prodotto a partire da scarti agroalimentari in vasche di fermentazione, dove batteri favoriscono la digestione anaerobica e la produzione un gas composto in genere al 60% da metano e 35% CO₂.

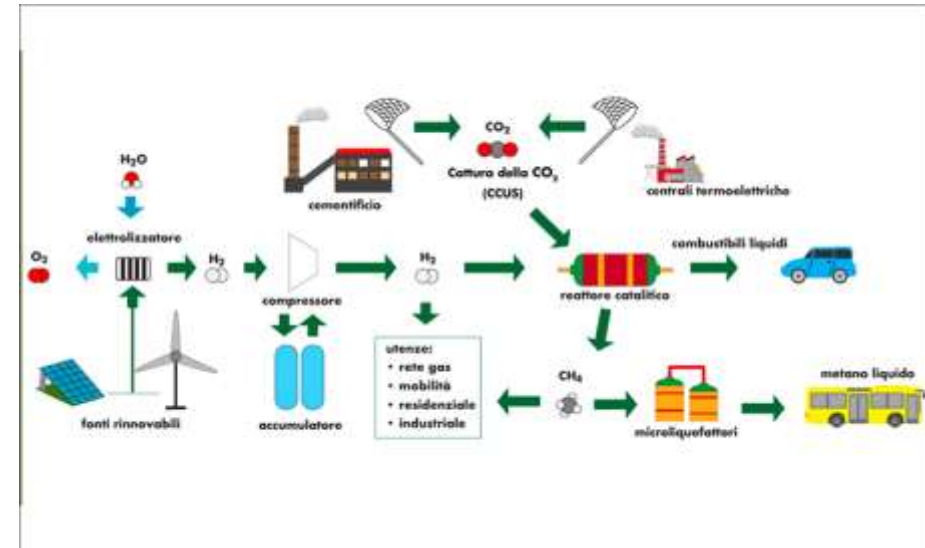


L'**idrogeno** è uno dei biocarburanti più interessanti per la sua particolare reazione, che lo porta a rilasciare unicamente vapore acqueo quando subisce il processo di combustione. Il bioidrogeno è prodotto principalmente da alghe, quindi da organismi fotosintetici, in speciali bioreattori. Queste alghe sono in grado in condizioni particolari di operare una fotosintesi clorofilliana alternativa, rilasciando H₂ come molecola di scarto anziché O₂.

Fuel Cell e e-fuel



Tramite un processo di elettrolisi è possibile ricavare idrogeno a partire dall'acqua. La successiva reazione di elettro-sintesi con il carbonio, ottenuto a partire dalla CO₂ atmosferica, consente di ottenere idrocarburi con catene di varia lunghezza: da molecole più semplici, come il gas metano, a miscele liquide di composti come l'esano o il butanolo, utilizzabili come combustibili spesso senza particolari modifiche ai motori già esistenti.



SVANTAGGI:

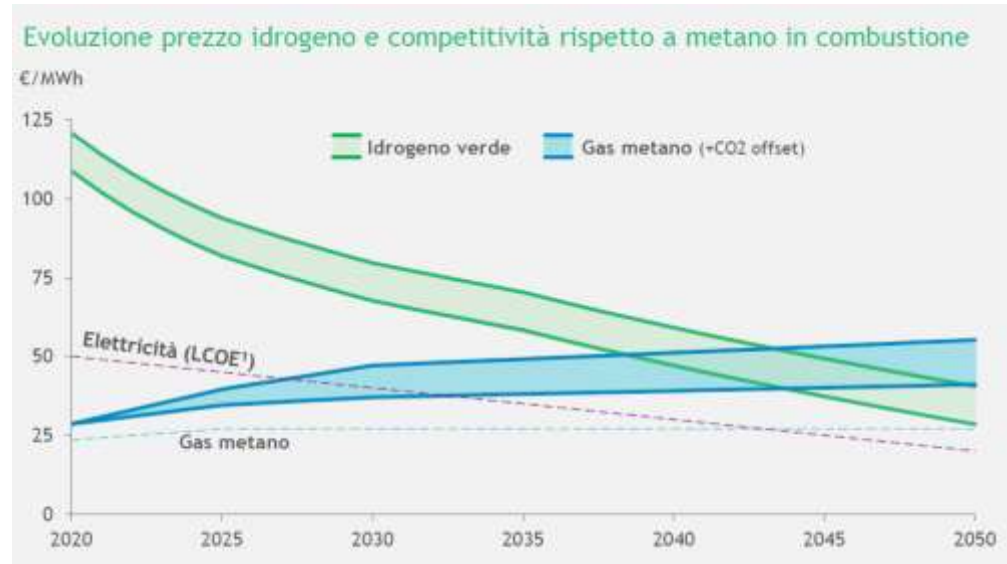
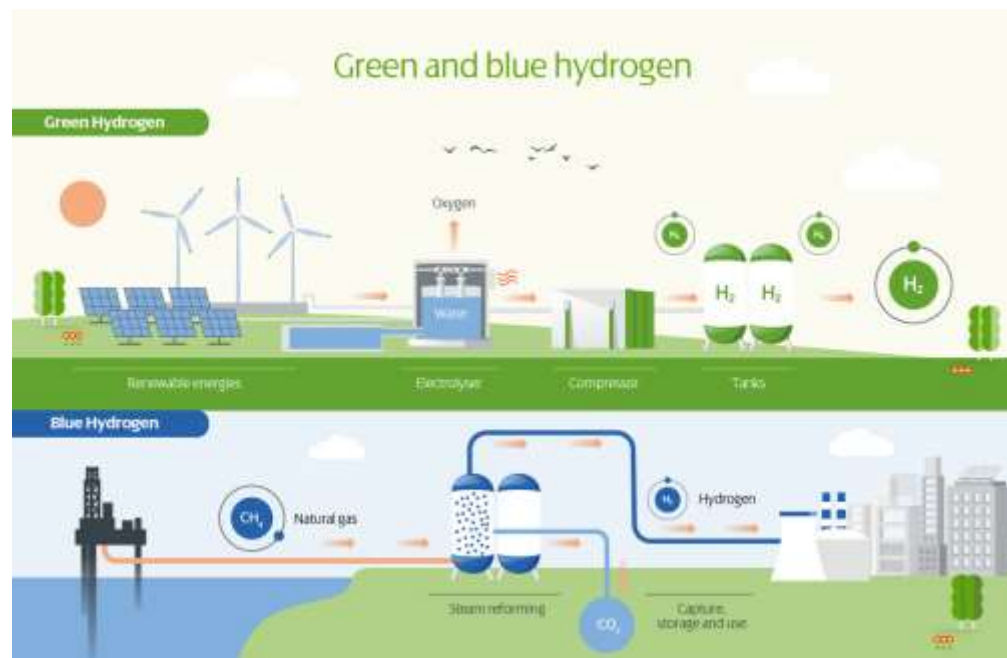
- Alti costi di produzione (FC e efuel)
- Catalizzatori richiedono metalli rari (FC e efuel)
- Alto costo energetico per la produzione di e-fuel
- La combustione degli efuel implica comunque emissioni di sostanze inquinanti quali NO_x, PM etc.

Idrogeno blu e verde

L'idrogeno è l'elemento chimico più abbondante nell'universo, ma non si trova in forma libera, quindi deve essere prodotto. È ciò che è noto come vettore di energia, cioè ha la capacità di immagazzinare energia che verrà successivamente rilasciata. Dall'idrogeno possiamo ottenere energia elettrica, meccanica o termica senza emissioni di CO₂ e con elevate prestazioni, oltre a prodotti chimici ad alto valore aggiunto come ammoniaca, metanolo, ecc. Nei diversi processi sopra citati, il residuo fondamentale dei processi è acqua pura.

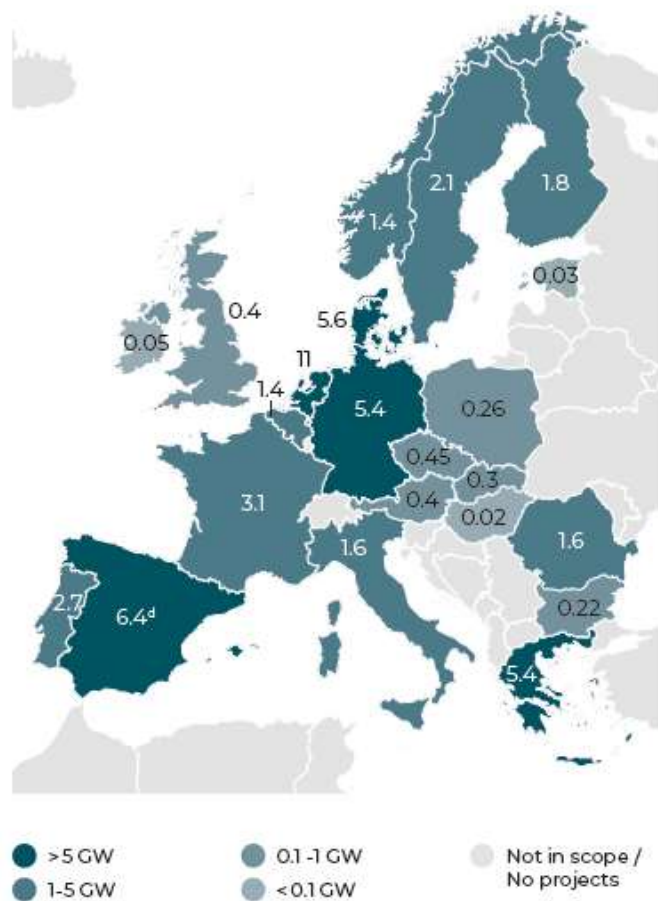
A seconda del processo utilizzato per estrarre l'idrogeno, si può parlare di fonte rinnovabile o non rinnovabile, è stato creato il codice colore dell'idrogeno.

- **IDROGENO BLU:** Il processo per ottenere l'idrogeno blu coinvolge gli idrocarburi. Da composti come il metano, ad esempio, si attua un processo chimico chiamato "reforming" per ottenere da un lato idrogeno e dall'altro anidride carbonica. Nel processo dell'idrogeno blu, usano sistemi di cattura della CO₂ dalla tecnologia di reforming ma hanno un'efficienza del 60-65%, quindi c'è il 30-35% di anidride carbonica che verrà emessa.
- **IDROGENO VERDE:** L'idrogeno verde si ottiene separando l'idrogeno dall'ossigeno attraverso l'elettrolisi dell'acqua. Questa elettrolisi può essere effettuata con energia proveniente da fonti rinnovabili, il che rende il processo più sostenibile e ci fornisce una fonte di energia pulita. L'idrogeno così ottenuto può essere immagazzinato o utilizzato in processi industriali o di mobilità pesante, mentre l'ossigeno risultante viene rilasciato nell'atmosfera o può essere utilizzato come sottoprodotto.



Idrogeno blu e verde – Produzione e Distribuzione

Announced electrolyser capacity in GW by 2030



Ipotesi evoluzione al 2030



~ 11 600 km, principalmente da adattamento struttura esistente

Ipotesi evoluzione al 2040



~ 39 700 km, 70% pipeline esistenti adattate, 30% nuovi impianti

Fattori rilevanti

Principali Fattori rilevanti da considerare quando si parla di diversificazione dell'approvvigionamento energetico:

- Disponibilità delle risorse;
- Fattibilità tecno-economica;
- Impatto ambientale;
- Fattori politico - finanziari;

Disponibilità risorse

Litio e Terre rare

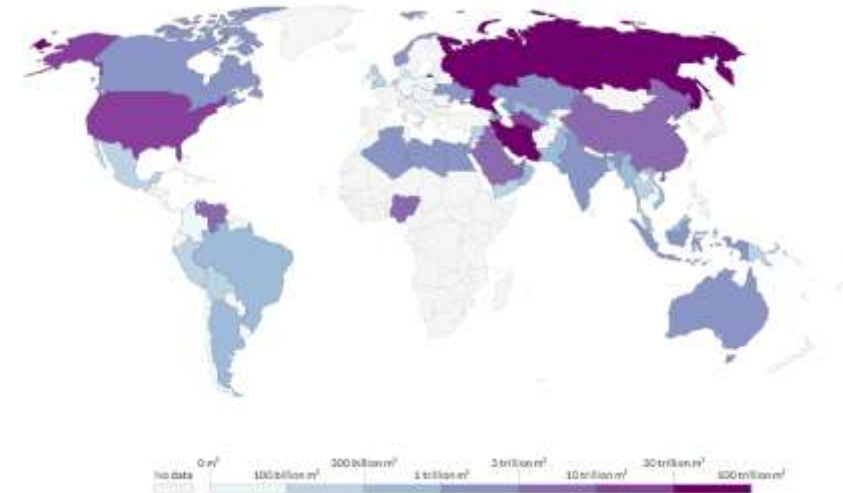
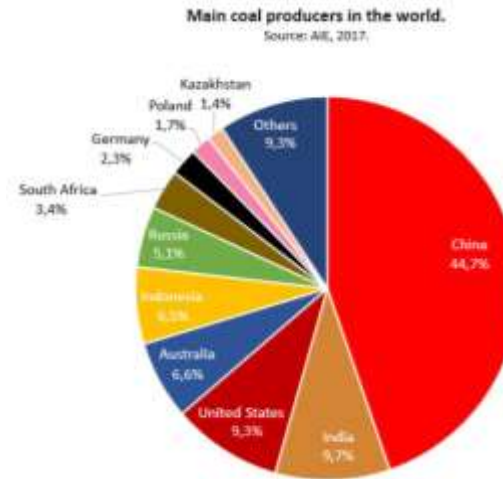


Mappa dei principali Paesi produttori di minerali rari



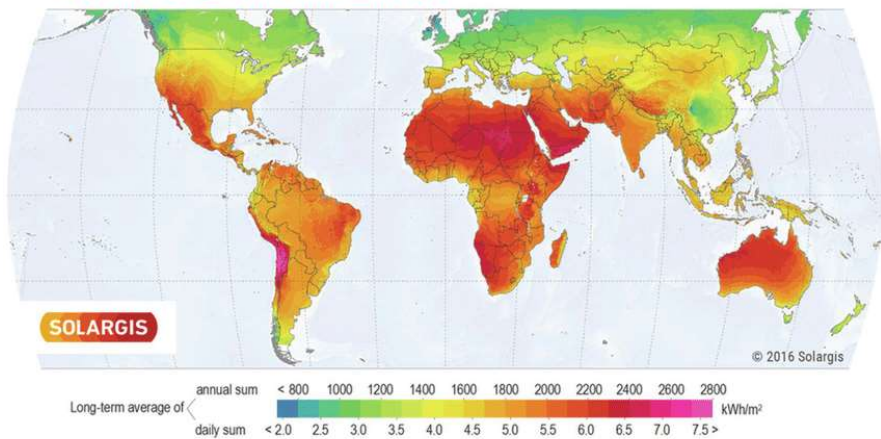
Fonte: "Studio sulla richiesta del mercato di minerali per le smart-grid - scenario medio", Commissione europea, settembre 2007.

Carbone, gas naturale e petrolio



Sole

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION



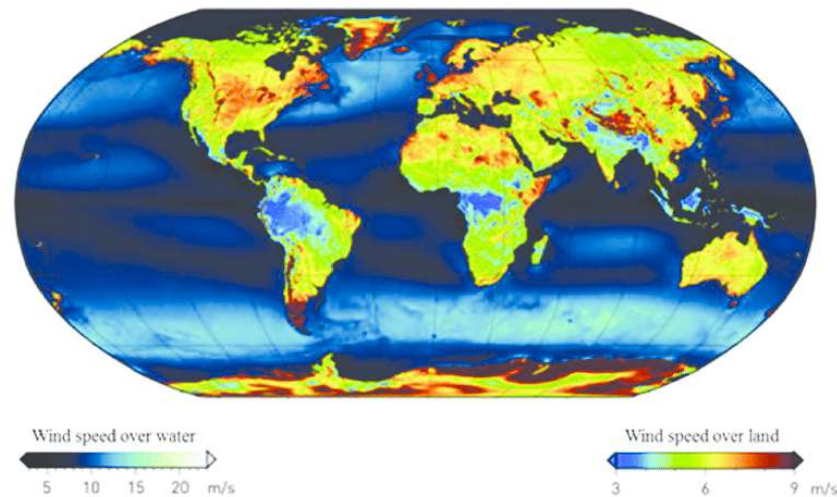
Tecnologia

- disponibilità del know-how
- disponibilità dei componenti sul mercato

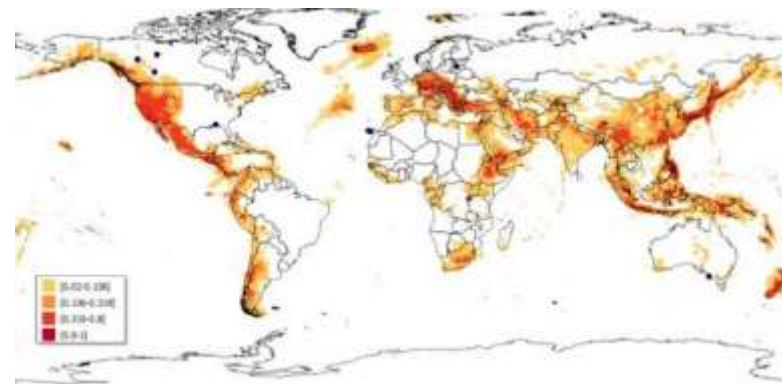


Prototipo a media scala del pannello verticale del direttore di ITER, realizzato con leghe in tungsteno (parte piano) e composito in fibre di carbonio (parte curva) realizzato nell'ambito di una collaborazione tra ENEA e Ansaldo Ricerca

Vento



Calore dal sottosuolo



Fattibilità tecno-economica

Il **RENDIMENTO**, insieme alla potenza elettrica generata, è probabilmente il parametro più importante da monitorare all'interno di una centrale per la produzione di potenza elettrica di qualsiasi tipo e ci da informazioni dirette sulla qualità di conversione dell'energia e/o sull'efficienza di conversione del combustibile.

I cicli termodinamici sono limitati da quello che viene definito ciclo di Carnot, in assenza di perdite, rappresenta il rendimento massimo che l'impianto può raggiungere.

$$\eta_c = 1 - T_0/T$$

$$\eta_{net} = \frac{P_{el,net}}{\dot{m}_{fuel} H_u} = \frac{P_{el,gross} - P_{aux}}{\dot{m}_{fuel} H_u}$$

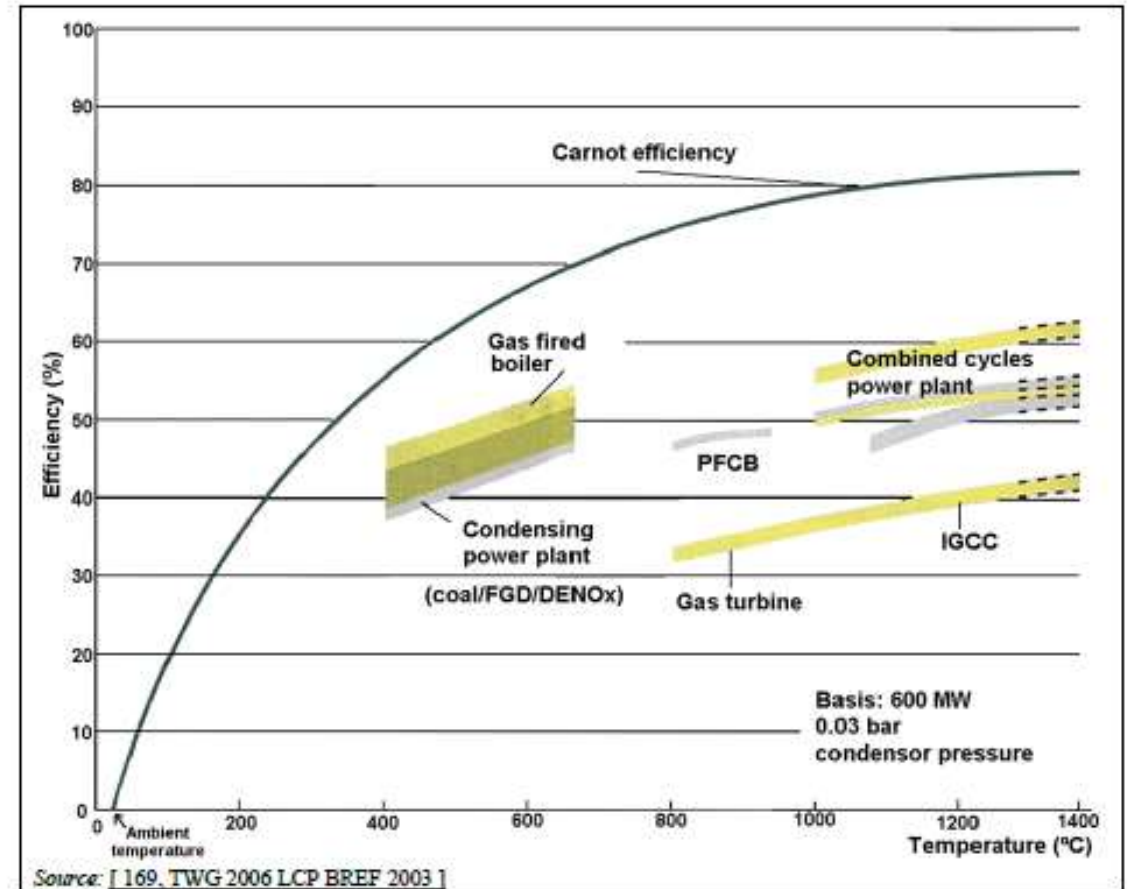
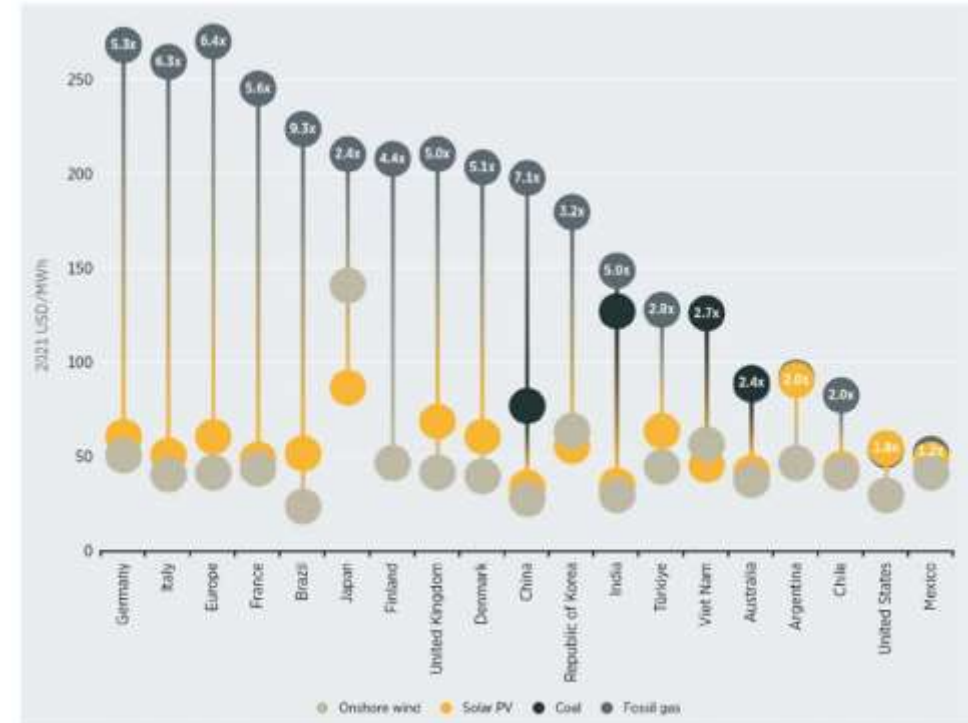
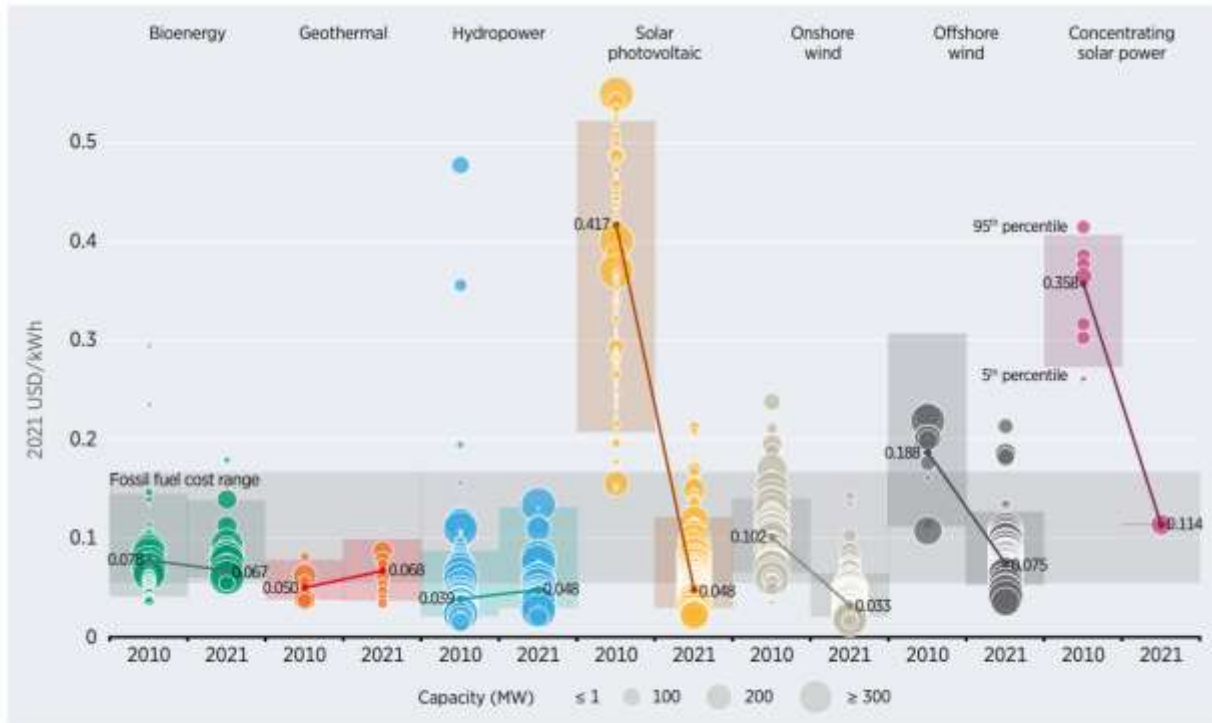
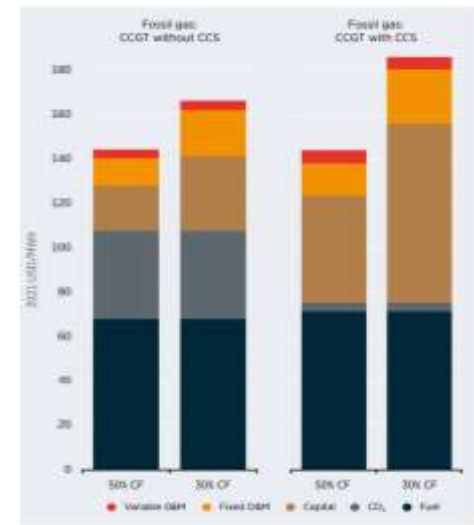


Figure 2.24: Ideal (Carnot) efficiency compared to the efficiencies actually achieved by the thermal energy generation techniques currently in use

Il **costo livellato dell'elettricità (LCOE)** è una misura del costo attuale netto medio della generazione di elettricità per un generatore nel corso della sua vita. Viene utilizzato per la pianificazione degli investimenti e per confrontare i diversi metodi di produzione di elettricità su una base coerente.

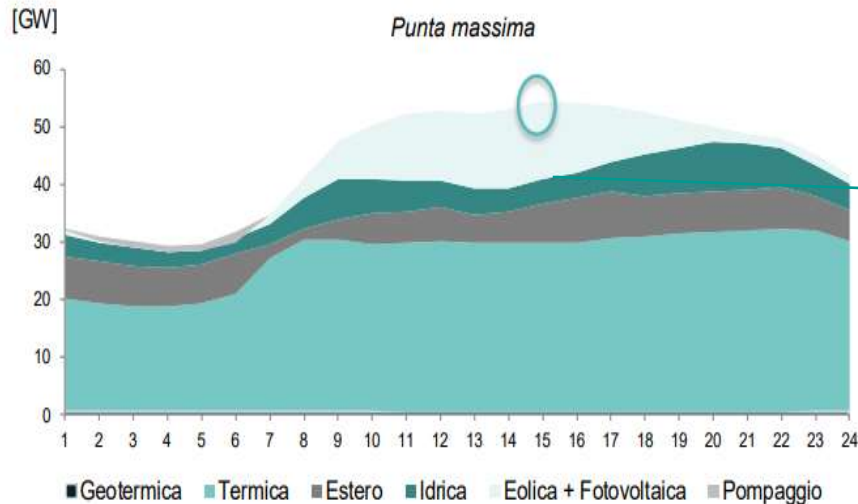
$$LCOE = \frac{CAPEX + OPEX_{lifetime}}{AEP_{lifetime}} \quad LCOE = \frac{\alpha C_{TOT} + C_{fuel} + C_{maint}}{E_{NET}} \quad \alpha = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$



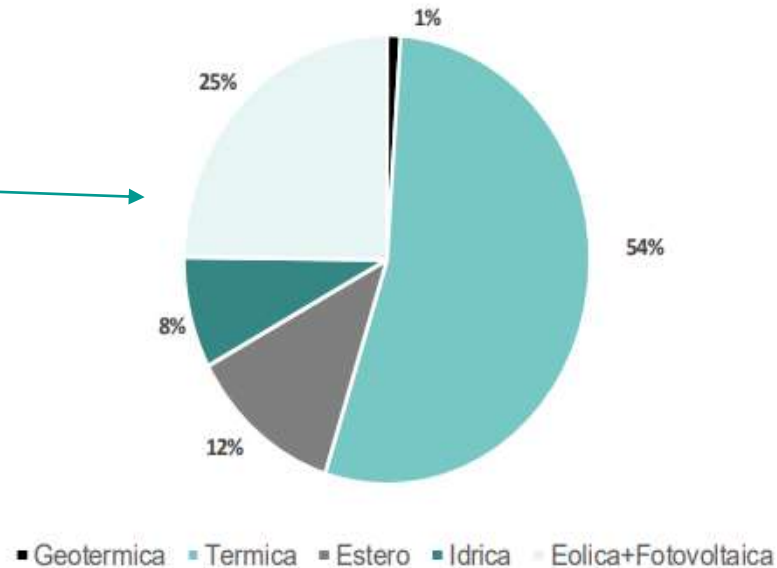
Dispacciabilità

La domanda di energia elettrica varia durante il giorno e durante l'anno continuamente. Il gestore della rete commissiona la produzione di energia sulla base della tipologia di impianto e delle negoziazioni sul mercato dell'energia.

Il **Mercato Elettrico** è un marketplace telematico per la negoziazione dell'energia elettrica all'ingrosso, nel quale il prezzo dell'energia corrisponde al prezzo di equilibrio ottenuto dall'incontro tra le quantità di energia elettrica domandate e quelle offerte dagli operatori che vi partecipano. La Borsa Elettrica non è un mercato obbligatorio: gli operatori, infatti, possono concludere contratti di compravendita anche al di fuori della piattaforma di borsa, attraverso i cosiddetti contratti bilaterali.



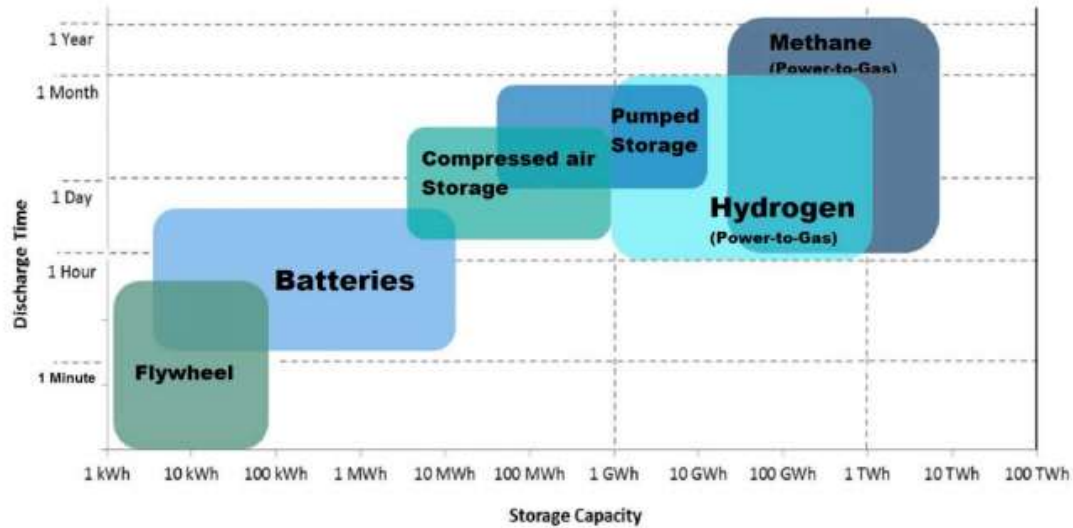
Tipico carico richiesto dalla rete nel periodo estivo – Fonte TERNA



La gestione della rete ha vincoli molto stringenti:

- la richiesta di un bilanciamento istantaneo e continuo tra le quantità di energia immessa in rete e quelle prelevate dalla rete, al netto delle perdite di trasporto e distribuzione;
- il mantenimento della frequenza e della tensione dell'energia in rete all'interno di un intervallo ristrettissimo, per tutelare la sicurezza degli impianti;
- la necessità che i flussi di energia su ogni singolo elettrodotto non superino i limiti massimi di transito ammissibili sull'elettrodotto stesso.

I sistemi di accumulo di energia sono una soluzione ampiamente adottata per migliorare la dispacciabilità dell'impianto e quindi il ritorno economico.



Source: School of Engineering, RMIT University (2015)

Figure 3. Available storage technologies, their capacity and discharge time.

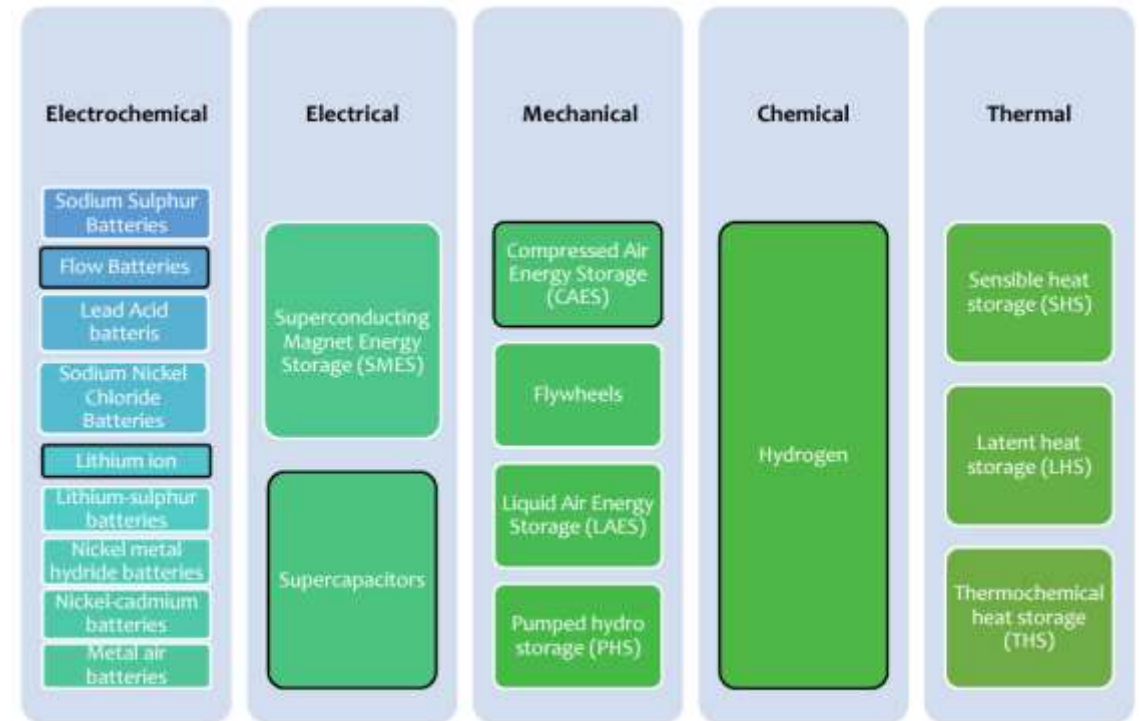
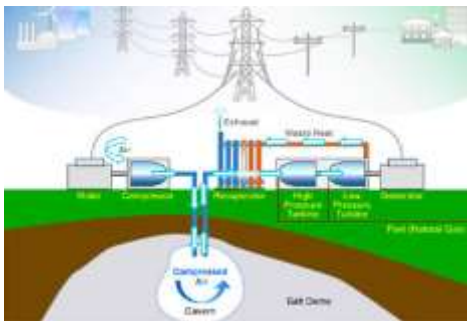


Figure 2 — Overview of energy storage technologies

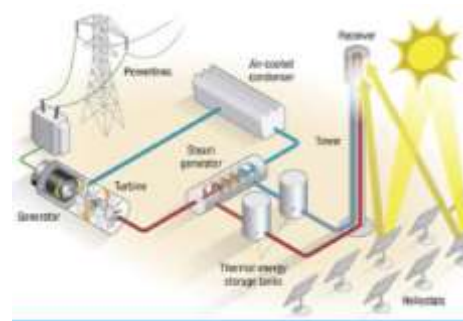
Aria Compressa



Impianti di Pompaggio



Accumulo Termico



Volano



Batterie



Impatto ambientale

Le centrali termoelettriche in particolare hanno un impatto importante sull'ambiente soprattutto in termini di emissioni in atmosfera.

SOx

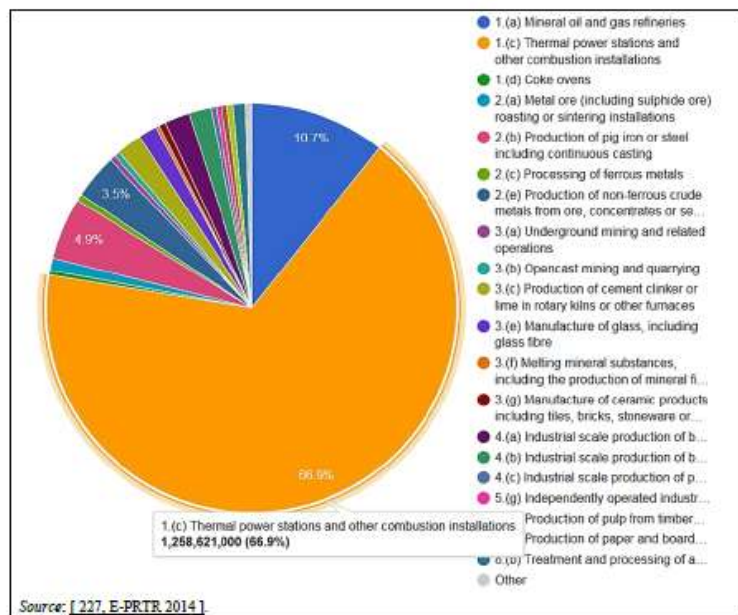


Figure 1.16: Emissions of SO_x/SO₂ to air by industry sector/activity in the EU-28 in 2014

Gas Serra

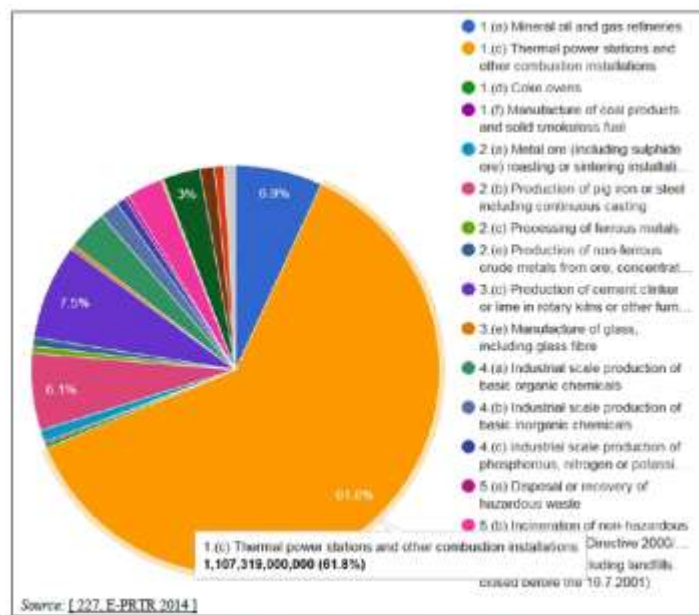


Figure 1.22: Emissions of CO₂ to air by industry sector/activity in the EU-28 in 2014

Metalli

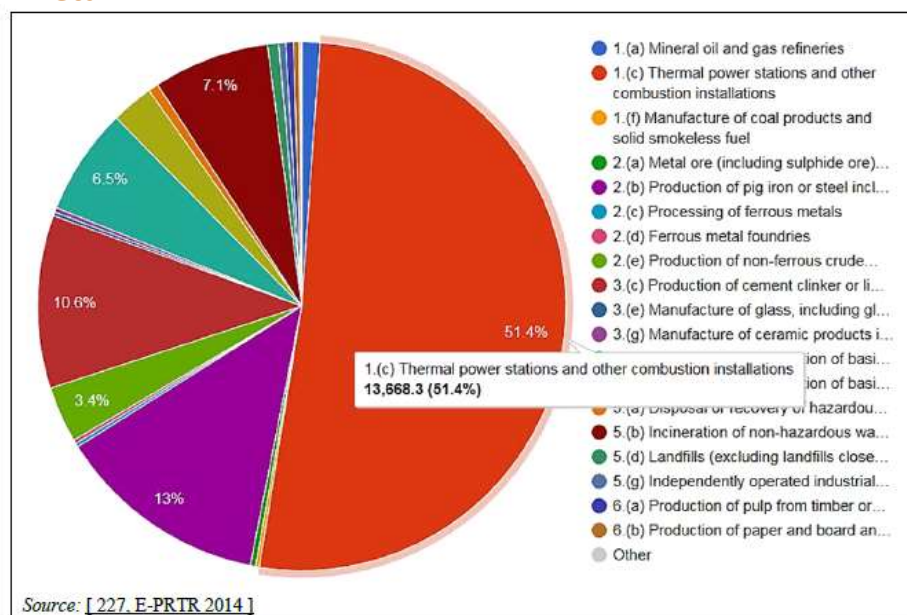
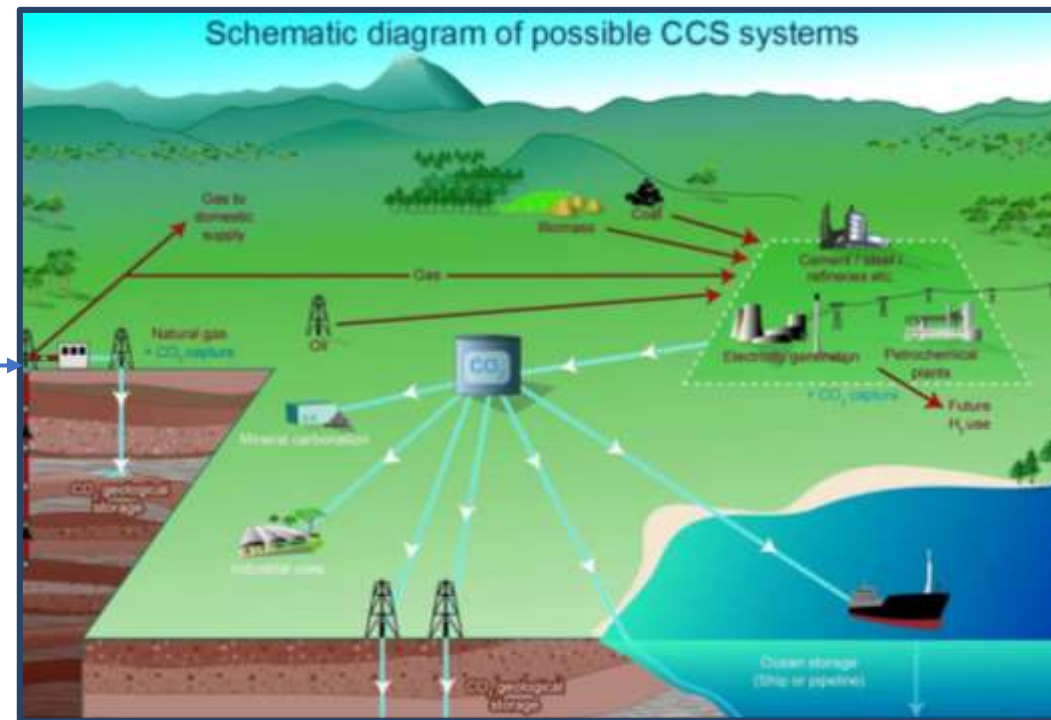


Figure 1.20: Emissions of Hg to air by industry sector/activity in the EU-28 in 2014

Decarbonizzazione



Ovviamente anche gli altri impianti hanno impatti sull'ambiente spesso di diversa natura, ad Es.: lo smaltimento di materiale radioattivo nelle centrali nucleari, lo smaltimento dei pannelli fotovoltaici e batterie, gli impatti sulla flora e sulla fauna di un campo eolico, emissioni odorigene negli impianti di produzione di biometano...

Rischi politico - finanziari

Mercato del Gas

Il **TTF** (Title Transfer Facility) è un mercato virtuale per lo scambio del gas naturale con sede in Olanda ed è uno dei principali mercati di riferimento per lo scambio del gas in Europa. Attraverso questa piattaforma avviene la compravendita del gas tra i più grandi operatori e trader di settore, produttori e fornitori, che rispettivamente vendono e acquistano il gas metano. Circa il 10% del fabbisogno di gas dell'UE è attualmente soddisfatto dalla produzione interna. Il resto viene importato via gasdotto o tramite GNL. Il mercato precedentemente dominato dalle importazioni russe ha visto tra gennaio e settembre 2022, come maggiori esportatori di GNL verso l'UE sono stati Stati Uniti (44%), Russia (17%) e Qatar (13%).



ITALIA Approvvigionamento di gas naturale nel 2018 e variazioni vs 2017

DOMANDA GAS: 72,7 miliardi di m³
 • Produzione italiana: 3,4
 • Salvo stoccaggio, esport e altri: 0,7
 • Import: 67,9 di cui 0,7 via GNL

Dettagli provenienza (miliardi di m³)



	2022	2021	Variazioni 2022/2021	
	Mld metri cubi	Mld metri cubi	Mld metri cubi	%
Produzione	3,4	3,3	0,1	1%
Importazioni	67,9	72,7	-4,8	-7%
Algeria	23,7	21,2	2,5	12%
Libia	2,4	3,2	-0,9	-27%
Russia	11,2	29,1	-17,9	-61%
Norvegia	7,4	2,2	5,2	241%
Olanda	10,2	7,2	3,0	41%
GNL				
GNL Panigaglia	2,2	1,1	1,1	102%
GNL Rovigo	8,4	7,3	1,1	15%
GNL Livorno	2,4	1,4	1,0	70%
Esportazioni	2,4	1,5	0,9	56%
Consumi	69,9	76,1	-6,3	-8%



Politiche europee e Target 2030

Basandosi sull'obiettivo del 20% per il 2020 e in linea con il «New Green Deal», la revisione della direttiva sulle energie rinnovabili 2018/2001/UE ha stabilito un nuovo obiettivo vincolante per l'UE in materia di energie rinnovabili per il 2030 di almeno il 32%, con una clausola per una possibile revisione al rialzo entro il 2023.

Il 18 maggio 2022 la Commissione ha pubblicato il piano REPowerEU, che stabilisce una serie di misure per ridurre rapidamente la dipendenza dell'UE dai combustibili fossili russi ben prima del 2030, accelerando la transizione verso l'energia pulita. Il piano **REPowerEU** si basa su tre pilastri: risparmio energetico, produzione di energia pulita e diversificazione dell'approvvigionamento energetico dell'UE. Nell'ambito del suo potenziamento delle energie rinnovabili nella produzione di energia, nell'industria, negli edifici e nei trasporti, la Commissione propone di aumentare l'obiettivo della direttiva al 45% entro il 2030.

Evolution of renewable energy targets



Grazie

www.isprambiente.gov.it/it