

# **Affrontare la transizione energetica considerando diversi aspetti tecnologici e scientifici**

Vanni Antoni

Consiglio Nazionale delle Ricerche

**IMPATTO DELL'INFLAZIONE SU PRODUZIONE E CONSUMI E NUOVI SCENARI ENERGETICI 29 /11/2022,**

## Obiettivo

Zero emissioni entro 2050 per mantenere 1.5 C di incremento temperatura



## Strategia globale

**Coordinamento tra paesi sviluppati e in via di sviluppo**

Trasformazione profonda intera economia globale  
( 100% auto elettriche entro 2050)



## Investimenti

275000 miliardi entro 2050 pari a circa 9% PIL per anno



## Impatto

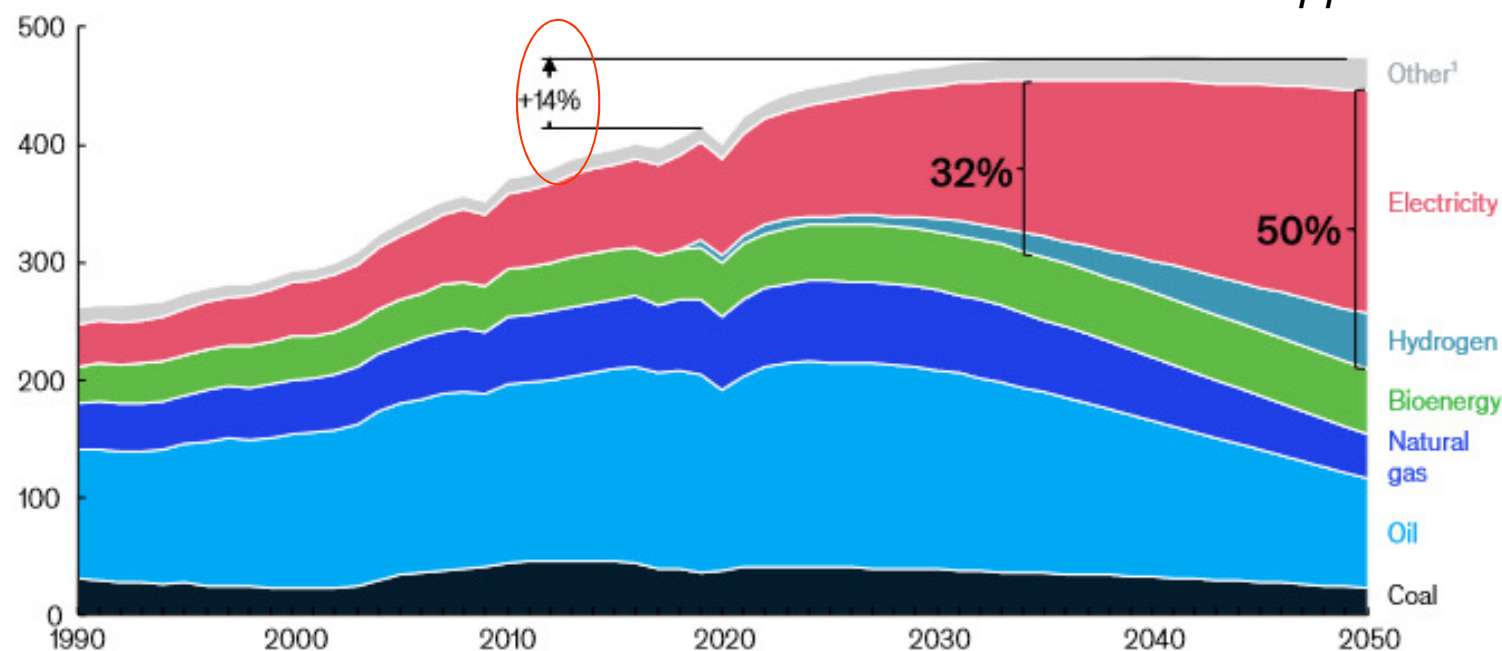
Posti di lavoro ( ex. Automotive: entro 2050 tutto elettrico)  
Cambiamenti socioeconomici tra paesi e interno singoli paesi  
Approvvigionamento di minerali critici ( terre rare)  
**Aumento costo energia elettrica**

# Consumi energetici finali: proiezioni

Saturazione compatibile con incremento in paesi in via di sviluppo se aumenta efficienza e quindi minore intensità energetica per PIL prodotto



Final energy consumption by fuel, million TJ



*Rapporto McKinsey*



Transizione energetica

# Transizione energetica: implicazioni

Elettrificazione della produzione, dei trasporti e dei consumi domestici

Generazione elettricità da fonti a zero emissione

Efficace gestione delle reti elettriche

Aumento efficienza produzione e consumi

Economia circolare

Contenere il consumo di beni con emissioni intensive

Per la transizione occorre una valutazione di impatto ambientale complessivo tenuto conto dell'intero ciclo ( realizzazione impianti, operazione, dismissione) :

### **Emissioni CO2**

Uso del suolo

Uso dell'acqua

Consumo dei materiali

Emissioni radioattive

Rischi ambientali

Valutazione complessiva emissioni CO<sub>2</sub> misurata in g CO<sub>2</sub>/kWh tenuto conto dell'intero ciclo vita degli impianti ( realizzazione, operazione, dismissione)

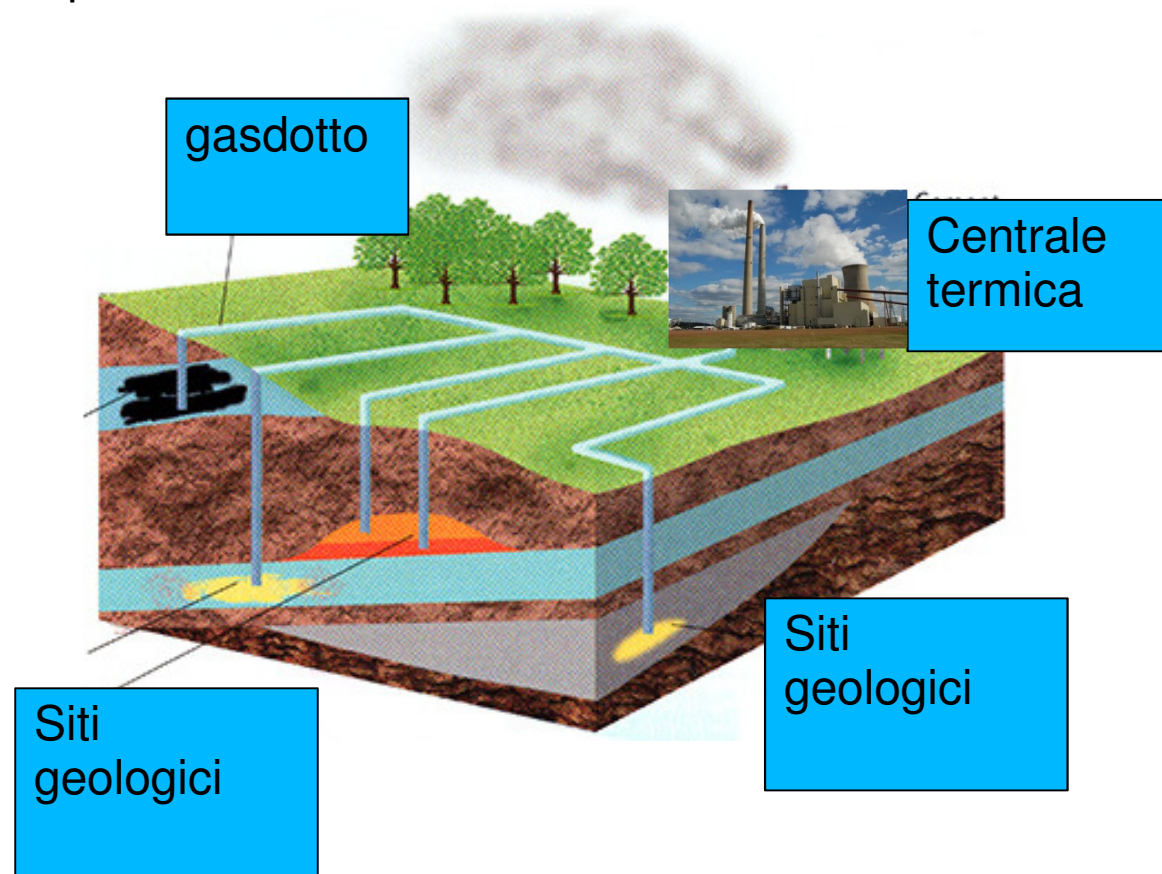
|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>Centrali a carbone</b>  | <b>751-1095</b>                  |
| <b>Centrali a carbone con cattura e sequestro CO<sub>2</sub></b> | <b>147-469</b>                   |
| <b>Centrali a gas</b>  | <b>403-513* emissioni metano</b> |
| <b>Centrali a gas con cattura e sequestro CO<sub>2</sub></b>     | <b>92-220</b>                    |
| <b>Idroelettrico</b>   | <b>6-147</b>                     |
| <b>Solare termico a concentrazione</b>                           | <b>27-122</b>                    |
| <b>Solare fotovoltaico</b>                                       | <b>8-83</b>                      |
| <b>Eolico on-shore</b>   | <b>7.8-16</b>                    |
| <b>Eolico off-shore</b>  | <b>12-23</b>                     |
| <b>Centrali nucleari</b>   | <b>5.1-6.4</b>                   |

Fonte UNECE

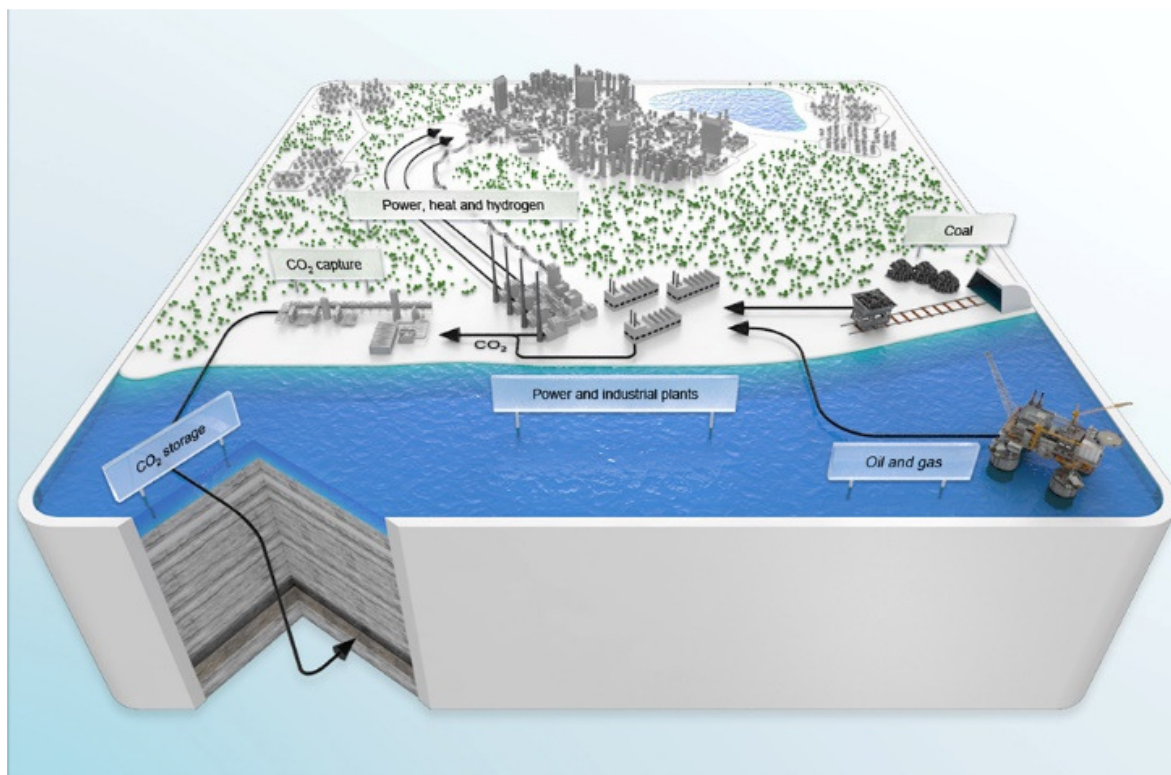
CO<sub>2</sub> viene separata e pompata in profondità in siti geologici **stabili**

Costi aggiuntivi e minore efficienza ( energia spesa per separare e pompare)

Impianti pilota in vari paesi la del mondo



Norvegia offre siti in giacimenti di idrocarburi dismessi



Fonte Norwegian petroleum



Nucleare convenzionale si basa sulla fissione dell'Uranio

Europa 30% energia elettrica da nucleare

Attualmente nel mondo sono in operazione circa 440 reattori principalmente di **II Generazione** →

e alcuni di **III Generazione** più sicuri ed efficienti ( e più costosi) ↘



Reattori di IV Generazione promettono maggior sicurezza ed efficienza : minori scorie e alcuni prevedono rigenerazione del combustibile.

Attualmente sono in fase di sperimentazione e test sei concetti diversi e in funzione o in costruzione alcuni prototipi

Primi reattori commerciali non prima del 2040

# La fusione nucleare

## Vantaggi

Energia illimitata, combustibile praticamente inesauribile, radioattività limitata partner ideale delle rinnovabili

## Esperimento internazionale ITER :

Dimostrare che si può ottenere 10 volte tanto l'energia immessa

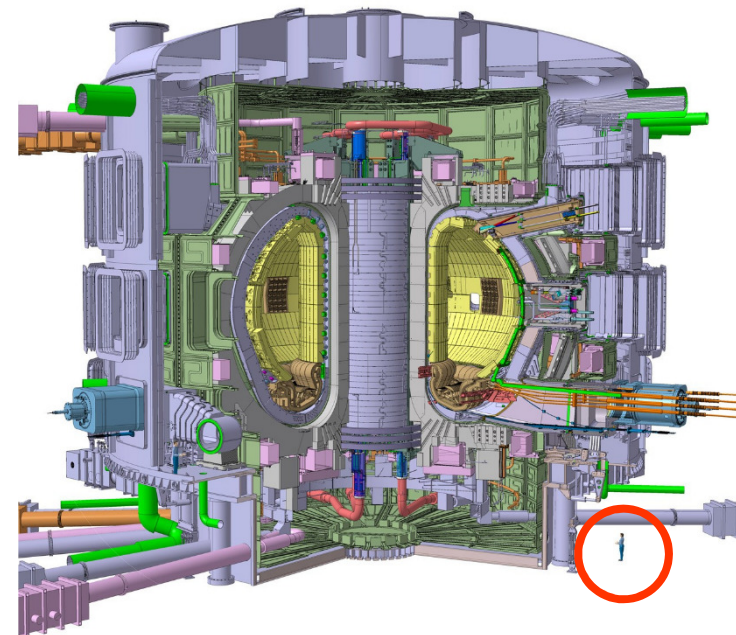
Dimostrare l'affidabilità di tutte le tecnologie e la loro integrazione

## Tempi:

2025 Completamento e inizio operazioni ITER

2030 Primi risultati utili per progettare il primo reattore dimostrativo DEMO

Energia elettrica in rete non prima del 2050



## Sfida tecnologica:

In pochi metri la temperatura più alta ( 150 milioni di gradi) e più bassa ( circa lo zero assoluto) del nostro sistema solare!

Stress meccanici e termici ai limiti delle tecnologie attuali

Reattori ibridi Fissione-fusione in fase di studio teorico

## Fusione :Combustibile inesauribile e facilmente disponibile

La Fusione usa due elementi isotopi dell'Idrogeno: il Trizio prodotto direttamente dal reattore stesso e il Deuterio

IL Deuterio si trova nell'acqua 33 mg per m<sup>3</sup> per risorse stimate in 10<sup>13</sup> Tonnellate ovvero milioni di anni di consumi ai ritmi attuali

Il Deuterio, prodotto durante primi minuti del big bang cosmico, si trova sulla Terra perché legato all'ossigeno nelle molecole dell' **acqua**

Il Deuterio è un dono prezioso che ci offre la Natura

**Ai consumi attuali risorse per almeno 100.000 anni**



### Impianti on-shore e off-shore



Richiede venti relativamente costanti come nel Mare del Nord (salvo eccezioni come anno scorso)

Potenziale per Italia stimato in 50GW di potenza installata per circa 115 TWh pari a un funzionamento/anno di circa 3000 ore off shore, 2000 ore on shore





Solare termico a concentrazione

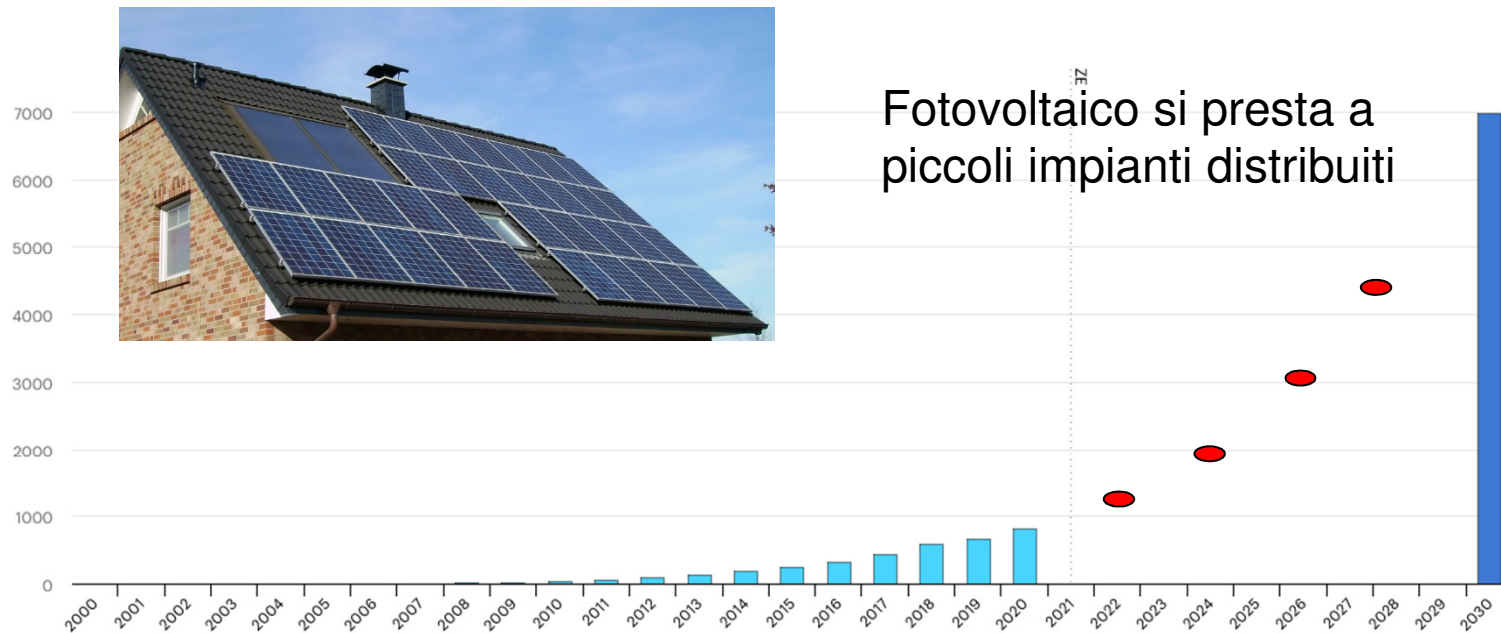


Solare fotovoltaico



Grandi impianti nel deserto

Problemi  
Uso del suolo  
Dismissione e recupero materiali



Per centrare l'obiettivo zero emissioni in Italia per il 2050 richiederebbe un aumento annuale della potenza installata tra 7% e 11% a seconda degli scenari energetici

Ricerca di celle fotovoltaiche più performanti ( nanotecnologie) potrebbero cambiare gli scenari

Fonti rinnovabili sono intermittenti pertanto occorrono sistemi di accumulo dell'energia per compensare picchi e ridotta disponibilità

Accumulo per eccellenza idroelettrico

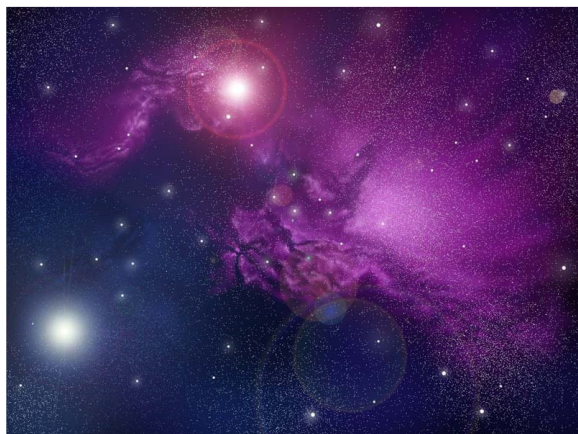
Accumulo elettrochimico ( batterie)

Attualmente batterie al Litio ( forniture con aspetti geopolitici)

Nuove batterie più performanti e con utilizzo di materiali più disponibili sono in fase di sviluppo

( ex. Li\_Zolfo con nanotecnologie o batterie agli ioni di Sodio )





Idrogeno è l'elemento più abbondante nell'universo (75%)

Molto reattivo, sulla Terra si trova principalmente in acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ),

Per produrre la molecola  $\text{H}_2$

Idrogeno verde

Scindere l'acqua



43 KWh di energia elettrica  
per kg di idrogeno

Idrogeno grigio

Scindere il metano ( $\text{CH}_4$ )



Facile trasporto tramite gasdotti mescolato a gas naturale o puro

In base all'impiego competizione con accumulo elettrico

Automotive: elettrico

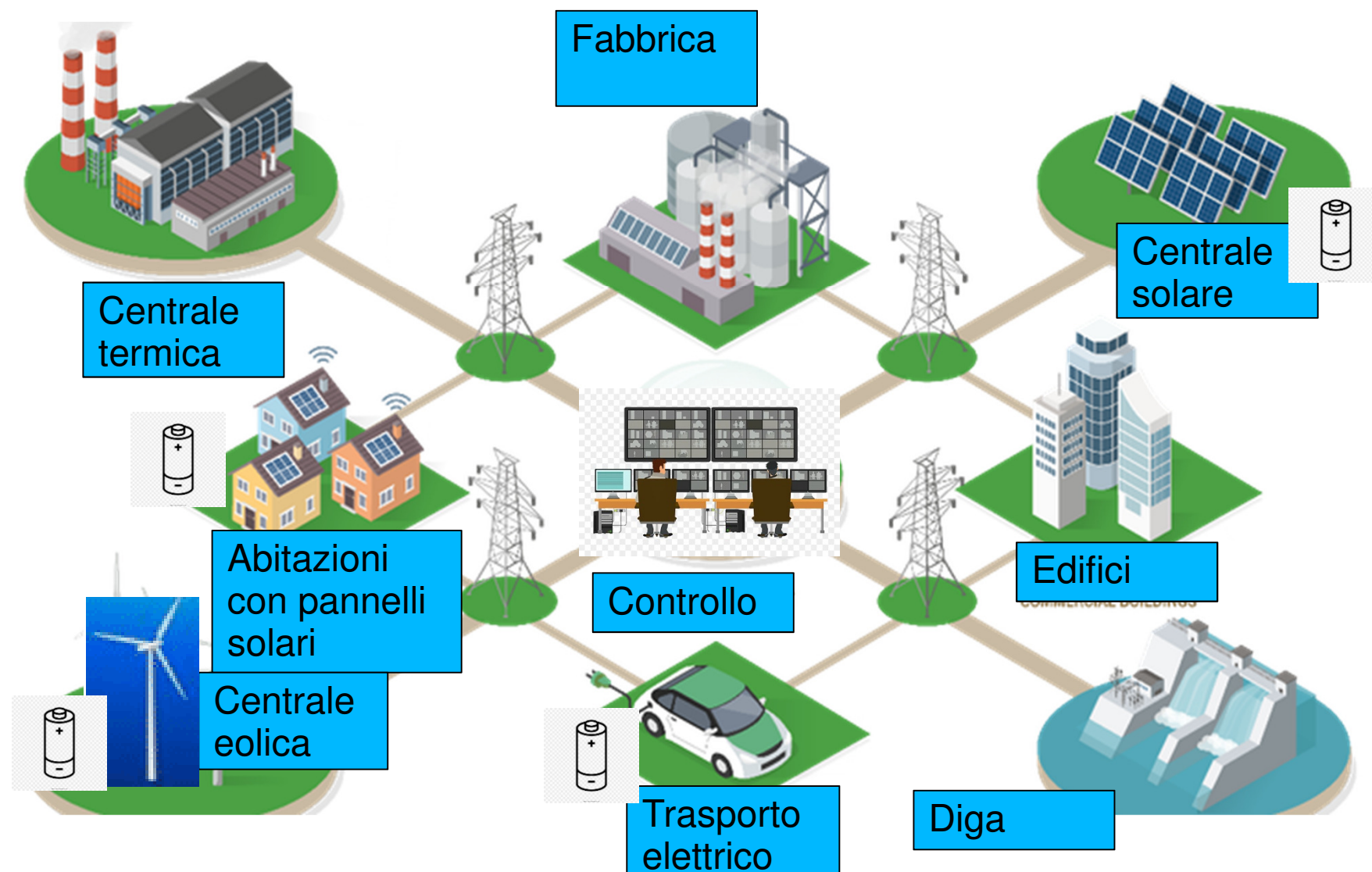
Grandi impianti ( ex acciaierie ) o trasporti pesanti Idrogeno

Batterie ed elettrolizzatori condividono gli stessi principi di elettrochimica e beneficiano entrambi dei progressi nel settore

Batterie e elettrolizzatori sono tecnologie modulari e di piccola taglia potenzialmente adatte per produzioni su larga scala come il fotovoltaico

Europa leader tecnologia elettrolizzatori

# Reti elettriche intelligenti : distribuzione e accumulo



Il costo dell'elettricità si può stimare in base al costo degli impianti ( capitale e operazione) e assumendo diversi mix di fonti energetiche ( solare, eolico, nucleare) e di accumulo ( batterie , idrogeno)

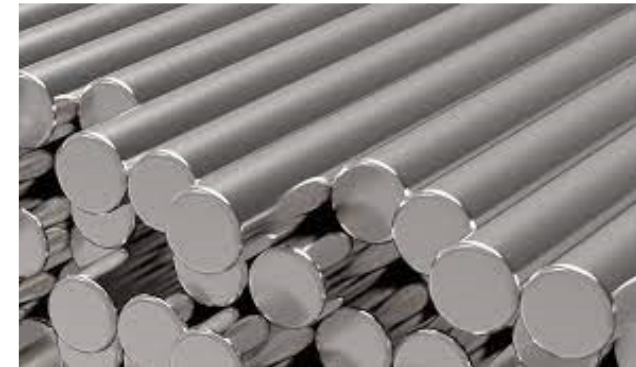
In uno studio recente sugli *scenari energetici a lungo termine a emissioni zero per l'Italia ( da 320TWh nel 2021 a 650TWh nel 2050)* il costo dell'energia oscilla tra

85 Euro/MWh( Rinnovabili + Nucleare)

132 Euro/MWh ( Rinnovabili + Accumulo idrogeno)

*Giuliani-Alotto-Bustreo-Zollino, Energia\_22\_02\_p. 56*

La produzione di materiali è responsabile della maggior parte dei consumi energetici dell'industria a livello globale



5 materiali (acciaio, cemento, carta, alluminio e plastiche)  
responsabili 80% dei consumi

Previsto un raddoppio della domanda di materiali da parte dei paesi in via di sviluppo entro 2050.

Entro 2050 occorre dimezzare il consumi di energia secondo le linee guida per una economia sostenibile e obiettivi di decarbonizzazione

Occorre quindi una riduzione del **75%** dell'energia necessaria per produzione unitaria.

Come:

Adottando le migliori tecnologie e migliorandole ulteriormente (**e trasferendole ai paesi in via di sviluppo**)

Riciclando il più possibile

Incrementare il riciclo dei materiali per soddisfare obiettivi 2050

| material  | <i>n</i><br>(years) | <i>r</i> 2005<br>(%) | <i>r</i> 2050<br>(%) |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------------|
| steel     | 19                  | 37                   | 69                   |
| aluminium | 15                  | 30                   | 65                   |
| cement    | 50                  | 0                    | 0                    |
| paper     | 1                   | 45                   | 80                   |
| plastic   | 5                   | 4                    | 28                   |

Nuove tecnologie + riciclo circa 50% riduzione energia

Ancora non basta

per arrivare al 75% occorre ridurre l'uso di materiali (attuali)

Nuovi materiali potrebbero cambiare gli scenari



### **Filiera alimentare completa**

Fertilizzanti (2%)

Coltivazione e raccolto

Trasformazione

Conservazione e distribuzione

La FAO stima che la filiera alimentare usi globalmente circa il **30%** dell'energia disponibile e sia responsabile del 30% delle emissioni

Il 70% dell' energia è consumato dopo l'uscita dalla fattoria

**Si stima che circa il 30% del cibo prodotto sia perso e con esso circa il 38% dell'energia spesa per produrlo**



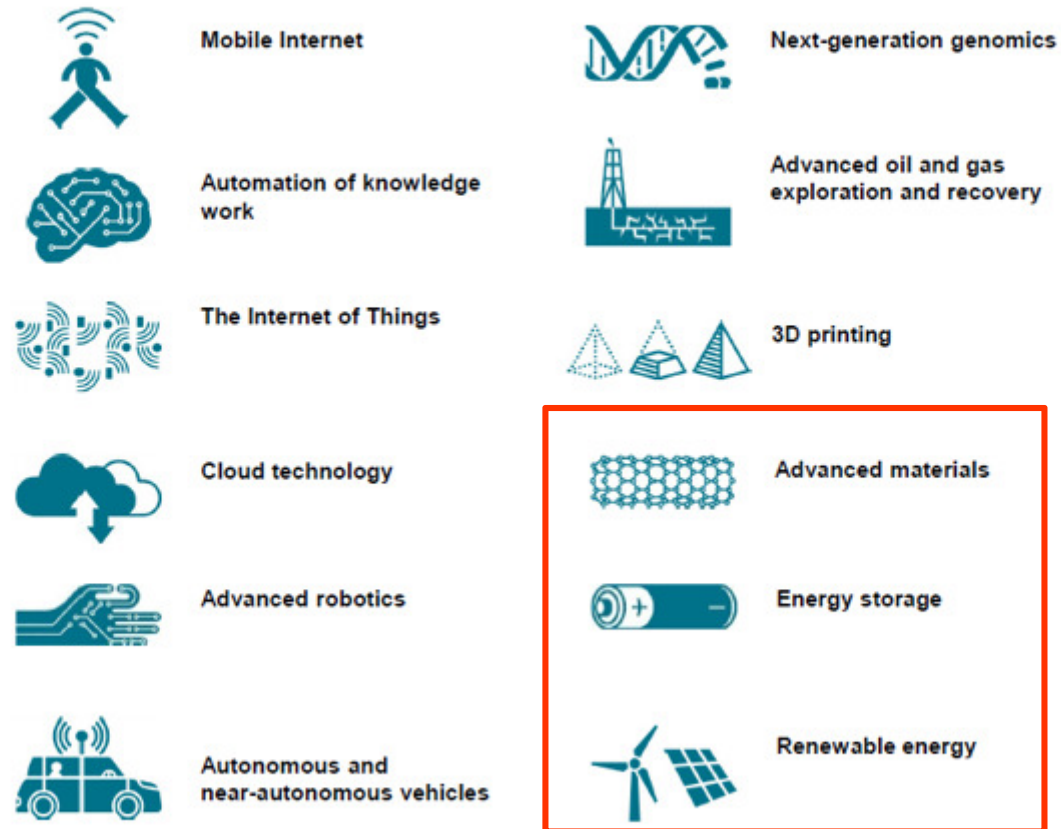
Non è la soluzione ma potrebbe aiutare a ridurre la CO<sub>2</sub> una volta ridotte/eliminate le emissioni

### Per via naturale

riforestando un'ulteriore 25% della superficie per cui si potrebbe immagazzinare il 25% dell'attuale CO<sub>2</sub> in atmosfera (Fotosintesi in un anno produce **150-170 miliardi di tonnellate** di biomassa)



## 12 Disruptive Technologies



Source: McKinsey Global Institute

Lo scenario emissioni zero nel 2050  
impone una strategia condivisa globalmente

**Massiccia elettrificazione**  
con generazione da fonti a basse emissioni complessive

**Reti elettriche intelligenti**  
con possibilità di accumulo ( batterie e idrogeno)

**Efficienza e risparmio\***  
Economia circolare

**Investire in ricerca e innovazione \***  
per sfruttare sviluppi in tutti i settori

**\*L'esempio del Giappone**

IEA (International Energy Agency)  
A Roadmap for the Global Energy Sector

UNECE ( United Nations Economic Commission for EUROPE)  
Carbon Neutrality in the UNECE Region)

FAO reports

Eurostat statistical office of the European Union

Mc Kinsey  
The net-zero transition  
Hydrogen for Net-zero

The Royal Society  
[rsta.royalsocietypublishing.org](http://rsta.royalsocietypublishing.org)