

## PRODUZIONE DI ENERGIA CARBON NEUTRAL

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti, 2022

Technology readiness level

- Basso: 1-4
- Medio: 5-7
- Alto: 8-9



### COMBUSTIBILI FOSSILI E CCUS / CDR

- Combustibili fossili associati a CCUS e CDR

Le tecnologie CCS richiedono un'infrastruttura di CO<sub>2</sub> per:

1. Decarbonizzare la **combustione delle fonti fossili** attraverso la cattura e lo stoccaggio di CO<sub>2</sub>
2. **Compensare** le emissioni attraverso tecnologie di rimozione della **CO<sub>2</sub> atmosferica**



### RINNOVABILI ELETTRICHE E TERMICHE

#### Rinnovabili elettriche

- Pannelli fotovoltaici
- Energia eolica
- Concentrazione solare
- Energia geotermica
- Energia idroelettrica
- Energia marina

#### Rinnovabili termiche

- Energia solare
- Energia geotermale
- Energia talassotermica



### ENERGIA NUCLEARE

#### Fissione

- Reattori di IV generazione

#### Fusione

- Fusione magneto-inerziale
- Confinamento elettrostatico ibrido
- Confinamento inerziale
- Fusione con laser (non termica)

### INFRASTRUTTURA DI CO<sub>2</sub>

#### Cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub>

CCS è utilizzata per decarbonizzare i processi **Hard to Abate** riducendo le emissioni da **combustione di fonti fossili o processi industriali**

#### Rimozione di CO<sub>2</sub>

- La CO<sub>2</sub> catturata può essere usata per:
- Compensare le emissioni **non-abatable** in caso di stoccaggio **a lungo termine**
  - Produrre **vettori energetici decarbonizzati** nel caso di stoccaggio **a breve termine**

### Fonte di CO<sub>2</sub>

La CO<sub>2</sub> è catturata direttamente da **processi emittenti** con **tecniche artificiali**

La CO<sub>2</sub> è catturata dalla **produzione di bioenergie** con **tecniche artificiali**

La CO<sub>2</sub> è catturata dall'**aria** con **tecniche artificiali**

La CO<sub>2</sub> atmosferica è catturata attraverso **biomasse e rocce silicate**

### Cattura

- Assorbimento fisico
- Assorbimento chimico
- Adsorbimento solido fluidizzato
- Membrana polimerica
- Adsorbimento solido statico
- Combustione di ossigeno puro
- Cicli di potenza a CO<sub>2</sub> supercritica

**Bioenergie con CCS (BECCS)**

**Direct Air CCS (DACCs)**

**Forestazione e reforestazione**

**Biochar**

### Trasporto

In base a distanza e distribuzione:

- Nave
- Pipeline
- Camion

Non necessario

Camion

### Stoccaggio

In base a distanza e disponibilità

- Iniezione e gestione della CO<sub>2</sub> nei siti geologici
- Simulazione dello stoccaggio geologico
- Monitoraggio dello stoccaggio geologico

Alberi, biomasse

Campi arabili

## PRODUZIONE E UTILIZZO DI VETTORI ENERGETICI CARBON NEUTRAL

ELETTRICITÀ CARBON NEUTRAL

### Generazione di vettori

Energia elettrica proveniente da una fonte di energia primaria zero carbon (vedi sezione dedicata)

### Stoccaggio

#### Batteria

- Redox flow
- Ioni di litio
- Batterie allo stato solido

#### Meccanica

- Flywheel
- Pompa
- Energia dell'aria compressa
- Energia dell'aria liquida

#### Termale

- Calore latente
- Calore sensibile

#### Chimica

- Power to gas
- Idrogeno

#### Elettrica

- Condensatore
- Magnetica superconduttiva

### Trasmissione, distribuzione e dispacciamento

#### Dispacciamento

- Centrale elettrica virtuale
- Domanda-risposta
- Gestione della domanda
- Veicolo alla rete

#### Trasmissione

- Altissima tensione
- Rete flessibile ad alta tensione
- Alta tensione superconduttriva
- Sistema di trasmissione flessibile in corrente alternata
- Valutazione dinamica della linea

#### Distribuzione

- Ricarica
- Energia transattiva

### Consumo

#### Trasporto

- Plug-in Hybrid
- Elettrico con fuel cell
- Elettrico a batteria

#### Edifici

- Pompe di calore elettriche
- Caldaie elettriche

#### Industria

- Pompe elettriche
- Riscaldamento diretto
- Riscaldamento a induzione

IDROGENO CARBON NEUTRAL

### Fonte

Metano

Carbone

Elettricità e acqua

Biomasse

Acqua ed energia solare

Piante biologiche e luce solare

Batteri e luce solare

Microalge e luce solare

Microorganismi

Ferro calcinato e gas da pirolisi da biomassa

### Generazione di vettori

- Steam reforming del metano
- Reforming autotermico
- Ossidazione parziale
- Pirolisi del metano

#### Gassificazione del carbone

- Elettrolisi alcalina
- Membrana elettrolitica polimerica
- Elettrolisi microbica
- Celle di elettrolizzazione a ossidi solidi

#### Pirolisi della biomassa

#### Bio-fotolisi

#### Fotoelettrochimica

#### Fotosintesi

#### Fotofermentazione

#### Fotofermentazione di microalge

#### Dark fermentation

#### Chemical Looping con CCUS

### Stoccaggio

#### Stoccaggio in caverne saline

#### Serbatoio di stoccaggio

#### Giacimenti di petrolio e gas esauriti

#### Vettore di idrogeno organico liquido

### Trasporto

#### Pipeline

#### Miscelazione di idrogeno nelle reti di gas naturale

#### Autocisterna per idrogeno liquido

#### Autocisterna per idrogeno organico liquido

### Consumo

#### Edifici e industria:

- Tecnologia a idrogeno puro miscelato

#### Settore dei trasporti (strada, ferrovia, navigazione marittima, aviazione)

#### Fuel cell ad ammoniaca

#### Fuel cell a idrogeno

#### Internal combustion engine a idrogeno

CARBURANTI CARBON NEUTRAL

### Fonte

Biocarburanti

**Biomasse non in competizione con la filiera alimentare:** oli residui e non commestibili, rifiuti agricoli e urbani, alghe, grassi animali di scarto e glicerina, processi micròbici

La ricerca agritech è necessaria per identificare ulteriori biomasse non in competizione con gli alimenti

### Carburanti sintetici

Carbon Neutral H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> da DACCS o BECCS, Energia Carbon Neutral (in alternativa CCUS o CDR)

### Generazione di vettori

#### Hydrotreating

#### Digestione anaerobica

#### Gassificazione

#### Pirolisi

#### Fischer-Tropsch synthesis (FTS) e Fischer-Tropsch synthetic paraffinic kerosene (FT-SPK)

#### Metanizzazione

#### Fischer-Tropsch e hydrocracking

#### Sintesi del metanolo e conversione del metanolo in benzina

### Trasmissione, distribuzione, dispacciamento e consumo

I combustibili low carbon possono facilmente sostituire i combustibili fossili: sono pienamente compatibili con le infrastrutture esistenti per lo stoccaggio, il trasporto, la distribuzione e il consumo

Possono essere utilizzati nei motori a combustione interna convenzionali e nei motori a reazione: automobili, aerei e navi tradizionali possono essere alimentati con carburanti sintetici senza bisogno di modifiche o di allestimenti

Technology readiness level

Basso: 1-4

Medio: 5-7

Alto: 8-9