



Ferruccio Trifirò  
Professore Emerito, Università di Bologna  
ferruccio.trifiro@unibo.it

## PRODUZIONE DI METANOLO VERDE PER IDROGENAZIONE DELLA CO<sub>2</sub> CON H<sub>2</sub> VERDE

*Si riportano notizie sull'importanza attuale e futura della sintesi del metanolo verde (e-metanolo), tratte da una recente review, insieme a informazioni sulla realizzazione di impianti in Europa per la sua produzione a partire da idrogeno verde e CO<sub>2</sub> biogenica, nonché su un progetto industriale in Sardegna che prevede l'idrogenazione della CO<sub>2</sub> catturata dall'aria.*

L'attualità della sintesi di metanolo da CO<sub>2</sub> è sottolineata da una review pubblicata nel giugno 2025, dal titolo "Recent advances of CO<sub>2</sub> hydrogenation to methanol" [1], nonché da notizie, risalenti al maggio 2025, sull'inaugurazione di un impianto per l'idrogenazione di CO<sub>2</sub> biogenica in Danimarca e sulla futura realizzazione di un secondo impianto analogo in Spagna.

In questo articolo si presentano aggiornamenti su questi impianti europei per la produzione di metanolo verde (e-metanolo), ottenuto mediante idrogenazione con H<sub>2</sub> verde della CO<sub>2</sub> biogenica, nonché su progetti per la produzione di metanolo verde da CO<sub>2</sub> atmosferica.

La CO<sub>2</sub> biogenica deriva da materiale organico come biomasse, legno, rifiuti bruciati e fanghi di depurazione. L'idrogeno verde è invece ottenuto per elettrolisi dell'acqua impiegando energia rinnovabile (solare, eolica, geotermica o da biomasse); attualmente, l'elettrolisi con tecnologia SOEC appare la più adatta.

È previsto che la produzione globale di metanolo, attualmente ottenuto principalmente da gas di sintesi, aumenti nei prossimi anni per l'impiego in combustibili e plastiche. Secondo le stime della BASF [2], nel 2050 le produzioni annuali cresceranno, utilizzando risorse rinnovabili come biomasse, biogas e CO<sub>2</sub> biogenica.

Attualmente la crescente domanda di combustibili a basse emissioni di carbonio, dettata dalla transi-

zione energetica, sta stimolando un forte interesse verso la produzione di metanolo da fonti rinnovabili.

### Sintesi di metanolo per idrogenazione della CO<sub>2</sub>

La questione climatica sempre più grave richiede strategie urgenti di mitigazione dei gas serra. Essendo una materia prima abbondante, rinnovabile e un importante contributore al riscaldamento globale, la trasformazione catalitica su larga scala della CO<sub>2</sub> ha attirato l'attenzione generale come soluzione alle crisi ambientale ed energetica [1]. Attualmente, l'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> in sostanze chimiche organiche è l'approccio principale nelle sue applicazioni industriali. Negli ultimi decenni, sono stati progettati vari materiali ed il catalizzatore industriale per trasformare la CO<sub>2</sub> a metanolo è a base di Cu-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Inoltre, le tecniche di cattura, utilizzo e stoccaggio del carbonio sono considerate una soluzione con maggiore potenziale per la mitigazione delle emissioni della CO<sub>2</sub>, diminuendo la dipendenza dai combustibili fossili. L'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> con idrogeno rinnovabile rappresenta un approccio promettente per la produzione di sostanze chimiche come metanolo, etanolo, dimetiletere, alcheni, aromatici e benzina su scala industriale. Tra queste sostanze chimiche organiche, il metanolo è una materia prima molto importante, che può essere utilizzata non solo per produrre altri ossigenati (CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, EtOH e CH<sub>3</sub>COOEt) e idro-



carburi (olefine e aromatici) ma anche come carburante o additivo per motori a combustione interna; per questo l'attivazione del CO<sub>2</sub> è lo stadio critico nella idrogenazione della CO<sub>2</sub>.

### Produzione di e-metanolo per idrogenazione di CO<sub>2</sub> biogenica

Il 13 maggio 2025 è stato inaugurato a Kasso, Danimarca, il primo grande impianto al mondo per la produzione di e-metanolo tramite idrogenazione della CO<sub>2</sub> biogenica con idrogeno verde, realizzato dalla società Topsoe [3]. La notizia del progetto era stata anticipata su questa rivista già nel 2021 [4].

Nel 2023 era stata segnalata la costruzione, sempre in Danimarca (a Herning), di un impianto per la produzione di idrogeno verde tramite elettrolisi SOEC (Solid Oxide Electrolysis Cell) [5].

A Kasso saranno prodotte 42 mila t/a di e-metanolo. La Topsoe per produrre e-metanolo da CO<sub>2</sub> biogenica ha messo a punto il catalizzatore 417SUSTAIN™ a base di ossidi di Cu, Zn e Al che presenta elevata selettività, attività ed alta resistenza meccanica e stabilità.

La tecnologia SOEC è attualmente la più efficiente tra le tecnologie di elettrolisi, operando ad alta temperatura (600-800 °C). Consente una produzione di idrogeno fino al 30% superiore, con tempi ridotti e pari consumo energetico rispetto a tecnologie commerciali come PEM, elettrolisi alcalina o a membrana anionica.

La SOEC impiega materiali ceramici a basso costo e non utilizza metalli rari. Nel processo, l'acqua viene dissociata al catodo in H<sub>2</sub> e ioni ossido, che migrano all'anodo per ossidarsi ad ossigeno [6].

Grazie all'alta temperatura operativa, questa tecnologia offre maggiore efficienza e costi inferiori.

Il 21 maggio 2025 è stata diffusa la notizia [7] della costruzione, a Puertollano (Spagna), di un impianto

di produzione di e-metanolo da parte di tre aziende europee (Magnon, Power2X e ErasmoPower2X). L'impianto utilizzerà 380 mila t/anno di CO<sub>2</sub> biogenica e produrrà 200 mila t/anno di e-metanolo impiegando idrogeno verde.

### Proposta di produrre e-metanolo da CO<sub>2</sub> sequestrata dall'aria

Un gruppo di ricercatori dell'industria Sotacarbo di Carbonia (SU) e di un docente dell'Università di Cagliari (V. Tola) ha pubblicato un articolo dal titolo "Renewable methanol production from green hydrogen and captured CO<sub>2</sub>: a techno-economic assessment" [8]. Nel lavoro viene proposto un progetto per realizzare in Sardegna un impianto capace di produrre 500 kg/h di e-metanolo, partendo da idrogeno verde ottenuto tramite surplus di energia solare ed eolica e da CO<sub>2</sub> catturata direttamente dall'aria. È previsto che questa energia crescerà nel prossimo futuro, andando a sostituire le centrali elettriche a combustibili fossili (carbone e olio pesante).

La CO<sub>2</sub> sarà estratta dall'atmosfera tramite assorbimento chimico in un solvente contenente il 30% di etanolamina. L'idrogeno verde sarà ottenuto per elettrolisi dell'acqua, e la reazione di idrogenazione della CO<sub>2</sub> avverrà in presenza di catalizzatori a base di ossidi di Cu e Zn, con promotori come Al, Zr, Cr, ecc.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Hong, Y. Qi *et al.*, *DeCarbon*, 2025, **8**(June), 100111.
- [2] **Global methanol capacity is projected to increase rapidly by 2050**
- [3] **Europe's biggest green methanol plant opens in Denmark**
- [4] F. Trifirò, *La Chimica e l'Industria online*, 2021, **5**(5), 9.
- [5] **Topsoe celebrates milestone in construction of world's first industrial scale SOEC electrolyzer facility**
- [6] R. Küngas *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, 2020, **167**, 044508.
- [7] **Spanish e-methanol project taps biogenic CO<sub>2</sub> and green hydrogen**
- [8] S. Sollai, A. Porcu *et al.*, *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 2023, **68**(February), 102345.