



---

# Carburanti prodotti con elettricità rinnovabile o energia solare termica: una soluzione per volare senza carburanti fossili?

---

Riferimento:BAZL-047.1-5/1

Sezione Ambiente (LEUW), in collaborazione con l'Ufficio federale dell'energia (UFE)

2 luglio 2020

L'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile (OACI) si è prefissata l'obiettivo di ridurre sul lungo periodo le emissioni fossili di CO<sub>2</sub> dell'aviazione civile internazionale. Ha deciso, infatti, che a partire dal 2020 la crescita del settore aeronautico dovrà raggiungere a livello globale la neutralità carbonica. Dato che nel medio e lungo periodo non saranno disponibili soluzioni di propulsione alternative, come motori elettrici o ibridi, per i servizi di trasporto rilevanti dell'aviazione civile internazionale, una soluzione al problema è anche quella di sostituire il cherosene fossile con carburanti sintetici alternativi.

I carburanti sintetici differiscono dal cherosene fossile solo per la materia prima di base (fonti di idrogeno e carbonio) e per il relativo processo di produzione. Di conseguenza il potenziale di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di un carburante sintetico dipende fortemente dalla materia prima utilizzata e dall'energia di processo richiesta per la sua produzione.

Recentemente sono stati fatti soprattutto grandi sforzi a livello internazionale per sviluppare carburanti biogeni<sup>1</sup> destinati all'aviazione. Questi carburanti hanno lo svantaggio che, se non sono prodotti esclusivamente dai rifiuti, possono entrare in concorrenza con la produzione di derrate alimentari, richiedono lo sfruttamento intensivo di grandi superfici di terreno (compreso il possibile cambiamento di uso del suolo) e comportano un alto consumo di acqua per la coltivazione. Inoltre, il volume di carburanti biogeni prodotti per l'aviazione è condizionato in misura notevole dalla limitata disponibilità di materie prime e spesso compete con la produzione di carburante più conveniente per il trasporto stradale.

Tenuto conto delle criticità menzionate, i carburanti prodotti tramite elettricità rinnovabile o energia solare termica costituiscono un'alternativa interessante ai carburanti biogeni, poiché in alcuni casi la loro produzione genera poche emissioni di CO<sub>2</sub> e le risorse necessarie sono disponibili in misura pressoché illimitata.

Ad oggi il costo dei combustibili basati sull'energia elettrica o solare è da tre a sei volte superiore a quello del cherosene convenzionale. In futuro questi carburanti potranno competere con il cherosene tradizionale solo se si raggiungerà una produzione su larga scala e se verranno creati strumenti normativi che ne incentivino l'impiego.

---

<sup>1</sup> Prodotti da oli o grassi vegetali, zucchero o rifiuti (domestici, agricoli o industriali)



## 1 Processi per la produzione di carburanti con elettricità ed energia solare termica

I processi per la produzione di combustibili con elettricità o energia solare termica sono chiamati rispettivamente «power-to-liquid» (PtL) e «sun-to-liquid» (StL) e permettono la produzione di idrocarburi liquidi sintetici attraverso elettricità o calore, acqua e CO<sub>2</sub>.

### 1.1 Power-to-liquid (PtL)

Nel processo power-to-liquid (PtL) viene prodotto in una prima fase idrogeno (H<sub>2</sub>) attraverso l'elettrolisi dell'acqua (H<sub>2</sub>O). Parte dell'idrogeno prodotto viene poi utilizzato per produrre monossido di carbonio (CO) dall'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) attraverso la reazione di spostamento del gas d'acqua (reazione wgs). Per ricavare CO<sub>2</sub> come fonte di carbonio esistono le seguenti possibilità:

- cattura diretta di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera («direct-air-capture» DAC);
- estrazione da fonti biogene (ad es. biogas) o
- trattamento dei fumi industriali (ad es. CO<sub>2</sub> derivante dalla produzione di cemento o dalle centrali elettriche fossili).

In una fase successiva la miscela di monossido di carbonio (CO) e idrogeno (H<sub>2</sub>), chiamata gas di sintesi, viene sintetizzata in idrocarburi (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) attraverso il processo Fischer-Tropsch. Poiché il processo Fischer-Tropsch è una reazione chimica esotermica, il calore rilasciato potrebbe essere utilizzato nel processo di produzione (ad es. per l'elettrolisi). Nella fase finale le sostanze così ottenute vengono trasformate in carburante per aerei.

### 1.2 Sun-to-liquid (StL)

Nel processo «sun-to-liquid» (StL), a differenza di quanto avviene nel PtL, viene impiegato direttamente il calore ad alta temperatura ottenuto dall'energia solare come energia di processo per la produzione di gas di sintesi. Possono essere utilizzate le stesse fonti di carbonio impiegate nel PtL. Attraverso una reazione termochimica il vapore acqueo (H<sub>2</sub>O) e l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) vengono scissi negli elementi H<sub>2</sub> e CO. La sintesi per mezzo del processo Fischer-Tropsch e la raffinazione degli idrocarburi liquidi avvengono analogamente al PtL.

## 2 Stato dello sviluppo tecnologico

*Elettrolisi:* L'elettrolisi alcalina è una tecnologia consolidata, di cui oggi disponiamo. L'elettrolisi acida (elettrolisi PEM) sta trovando un impiego crescente anche su larga scala e offre il vantaggio di densità di corrente elettrica più elevate e di un utilizzo più flessibile<sup>2</sup>. Esistono infine anche le celle elettrolitiche ad ossidi solidi (SOEC), che sono ancora in piena fase di sviluppo.

*Trattamento del CO<sub>2</sub>:* la cattura di CO<sub>2</sub> dal biogas<sup>3</sup> e il trattamento dei fumi sono processi industriali consolidati, mentre la cattura di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera (DAC) è per il momento una tecnologia ancora poco sviluppata.

*Processo Fischer-Tropsch:* si tratta di una tecnologia già molto matura, che viene impiegata su larga scala per la produzione di diversi carburanti, come nel processo «coal-to-liquid» (trasformazione del carbone in idrocarburi liquidi). Si tratta di un processo già certificato per la produzione di carburanti sintetici per l'aviazione secondo lo standard ASTM D7566.<sup>4</sup> Attualmente è ammesso aggiungere questi

<sup>2</sup> Utilizzo flessibile: gli elettrolizzatori PEM sono ideali per lo sfruttamento di elevate quote di energia elettrica prodotta da fotovoltaico ed eolico, che fluttuano fortemente su base giornaliera e stagionale.

<sup>3</sup> Durante il processo di fermentazione dei rifiuti organici i batteri producono una miscela di gas, composta per circa due terzi da metano e un terzo da CO<sub>2</sub>. Per ottenere un «biogas» combustibile di alta qualità (elevato potere calorifico), composto quasi al 100% da metano, è necessario catturare il CO<sub>2</sub>. Ciò richiede una tecnologia e un'energia di processo adeguate.

<sup>4</sup> ASTM, D7566, Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons, 2018.

carburanti sintetici al cherosene tradizionale per una percentuale massima del 50% e rispettando un contenuto minimo di composti aromatici della miscela dell'8%.

*Sun-to-liquid*: rispetto al PtL questo processo di produzione non è ancora molto maturo. Ad oggi, infatti, non ha ancora fatto il salto dalla ricerca (progetti UFE: «SOLIFUEL», «FUELREC», «HYBREC»; progetto UE «SOLAR-JET»; progetto Horizon2020 «Sun to Liquid»<sup>5</sup>) all'applicazione industriale, mentre per il PtL sono già in fase di pianificazione i primi grandi impianti industriali.

### 3 Sostenibilità dei carburanti prodotti con elettricità ed energia solare

#### 3.1 Neutralità climatica

Affinché i carburanti prodotti con elettricità o energia solare permettano di ridurre in misura significativa le emissioni di CO<sub>2</sub> del settore dell'aviazione, la loro produzione deve essere il più possibile neutrale per il clima. A questo riguardo è fondamentale per il processo PtL che l'elettricità usata per l'elettrolisi provenga da energie rinnovabili (idroelettrico, eolico o fotovoltaico) e che il CO<sub>2</sub> utilizzato sia catturato direttamente dall'aria o provenga da residui e rifiuti biogeni (come biogas da fanghi di depurazione, scarti vegetali, residui agricoli o letame). Il bilancio ecologico del processo di produzione dipende anche da come può essere integrato il calore residuo del processo Fischer-Tropsch.

Tenendo conto di questi aspetti, la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> che si può ottenere impiegando carburanti prodotti dall'elettricità può essere circa del 100 %<sup>6</sup> rispetto al cherosene convenzionale<sup>7</sup>. Considerate, tuttavia, anche le emissioni di gas serra generate con la costruzione dei relativi impianti di produzione, tale riduzione è pari al 69-88% rispetto al cherosene convenzionale. Il potenziale di riduzione di CO<sub>2</sub> dei carburanti biogeni, invece, è del 30-80% e dipende fortemente dalla materia prima biogena usata e dal processo di produzione<sup>8</sup>. Secondo le nostre prime valutazioni il processo StL per la produzione di combustibili sintetici presenta uno dei potenziali di riduzione di CO<sub>2</sub> più elevati tra tutte le varianti illustrate<sup>9</sup>.

#### 3.2 Consumo di acqua

Nel processo di produzione PtL viene utilizzata l'acqua come materia prima per l'elettrolisi. Secondo le stime di uno studio condotto dall'Ufficio dell'ambiente tedesco<sup>6</sup> sono necessari da 1,3 a 1,4 litri di acqua per produrre un litro di carburante sintetico. Per contro, per produrre un litro di combustibile biogeno servono tra 1 500 e 20 000 litri di acqua, a seconda della materia prima utilizzata<sup>10</sup>. Questo è uno dei motivi per cui nel settore dei carburanti biogeni devono continuare a essere studiati solo i cosiddetti «advanced biofuels», che presentano un consumo di acqua molto inferiore.

#### 3.3 Utilizzo del suolo

Gli impianti fotovoltaici, i parchi eolici e i bacini artificiali necessari per la produzione di elettricità da energie rinnovabili richiedono per ogni unità di energia prodotta meno superficie rispetto ai combustibili biogeni. Nel caso degli impianti eolici è possibile sfruttare più del 95% dell'area interessata per altri impieghi, ad esempio per l'agricoltura. Nel caso degli impianti fotovoltaici installati su terreni coltivabili, questa percentuale si aggira intorno al 66%<sup>6</sup>. Un aspetto interessante è che i terreni poco produttivi per l'agricoltura possono essere destinati alla produzione di elettricità da energie rinnovabili o alla produzione diretta di calore dalla luce solare: ciò offre interessanti opportunità economiche specialmente a

<sup>5</sup> «Sun to Liquid», [online]. Available: <https://www.sun-to-liquid.eu/> [accesso: 30.3.2020]

<sup>6</sup> Umweltbundesamt (UBA): Power-to-Liquids (PtL): Sustainable alternative fuels produced from renewable electricity, 2016.

<sup>7</sup> Le emissioni di gas serra prodotte lungo l'intero ciclo di vita del cherosene convenzionale si aggirano attorno a 89 gCO<sub>2</sub> eq/MJ (ordine di grandezza, poiché i dati sulle emissioni durante il ciclo di vita dipendono anche dal metodo di calcolo adottato).

<sup>8</sup> EASA Environmental Report, 2019.

<sup>9</sup> Il processo StL è ancora in fase di sviluppo e le valutazioni ambientali degli esperti sono appena iniziate.

<sup>10</sup> Joint Research Center of the European Commission (JRC): Bioenergy and Water, Report EUR 26160, 2013.

quei Paesi con grandi superfici di terra poco produttiva ma situate in zone idonee a questo impiego alternativo.

#### 4 Costi dei carburanti prodotti con elettricità ed energia solare

A seconda dell'efficienza del processo di produzione, il costo della quantità di energia ad esso necessaria costituisce un fattore essenziale per i costi di produzione dei carburanti. Inoltre, oggi singole fasi dei processi, specialmente per il StL, sono ancora in fase di sviluppo. Pertanto nel complesso i costi di produzione sono ancora molto elevati. Ne consegue che il prezzo del PtL e del StL è attualmente da tre a sei volte maggiore rispetto al processo per la produzione di cherosene convenzionale<sup>11 12 13</sup>.

Il cherosene sintetico prodotto attraverso PtL e StL potrà competere con il cherosene convenzionale solo se si raggiungerà una produzione su larga scala. Questo significa che gli impianti esistenti dovranno essere ampliati e che dovranno essere creati nuovi siti di produzione per poter produrre grandi quantità. Anche qualora si facessero sentire gli auspicati effetti di una produzione su vasta scala, i costi dell'elettricità rappresenteranno comunque il fattore chiave per la competitività del PtL. Affinché la produzione di carburanti sintetici per l'aviazione tramite PtL sia redditizia, occorre quindi che un impianto di produzione possa ricorrere a energia elettrica da energie rinnovabili a prezzi convenienti.

#### 5 Promozione in Svizzera

In Svizzera sono in corso molte attività nel campo della ricerca e dello sviluppo tecnologico sia per il PtL che per il StL, che beneficiano di notevoli finanziamenti dal settore pubblico (progetti UE, progetti finanziati dall'Ufficio federale dell'energia UFE e dal Fondo Nazionale Svizzero FNS).

Nel campo dei carburanti solari queste attività sono concentrate presso il PF di Zurigo<sup>14</sup> e i suoi due spin-off Synhelion<sup>15</sup> e Climeworks<sup>16</sup>, nonché presso la Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana SUPSI<sup>17</sup> e, per la produzione di idrogeno solare, anche presso il PF di Losanna<sup>18</sup>. Gli attori svizzeri sono leader in questo campo a livello internazionale. Anche per il PtL sono in corso diverse attività, che si focalizzano sulla produzione di idrogeno rinnovabile (progetti di ricerca sull'elettrolisi, vari impianti pilota power-to-hydrogen o power-to-methane)<sup>19</sup>.

In generale, l'approvvigionamento di elettricità prodotta dall'energia solare ed eolica è soggetto a forti fluttuazioni stagionali e giornaliere. Per una produzione costante di energia elettrica da fonte rinnovabile per il PtL e con emissioni di CO<sub>2</sub> molto basse sarebbero particolarmente adatte le centrali idroelettriche (energia di banda e lungo ciclo di vita dell'infrastruttura).

Le tecnologie PtL potrebbero rappresentare un'opportunità per bilanciare meglio l'offerta (elevata in estate) e la domanda (forte in inverno) nel caso della produzione elettrica da energia solare ed eolica. Se si considerano l'elevata densità di popolazione del Paese e il già grande bisogno di potenziare la produzione elettrica per altri usi (sostituzione dell'energia nucleare, mobilità elettrica), l'ipotesi di costruire in Svizzera grandi impianti per la produzione di carburanti per l'aviazione a partire da elettricità rinnovabile (energia idroelettrica, eolica o fotovoltaica) è da ritenersi assai poco realistica. Nemmeno il

---

<sup>11</sup> AGORA, The future cost of electricity based synthetic fuels, 2018

<sup>12</sup> PROGNOSE, Status and Perspectives of Liquid Energy Sources in the Energy Transition, 2018

<sup>13</sup> Climate Impact and Economic Feasibility of Solar Thermochemical Jet Fuel Production, C. Falter et al., Environmental Science and Technology, 50(1), pp 470 – 477, 2016

<sup>14</sup> <https://prec.ethz.ch>

<sup>15</sup> <https://synhelion.com>

<sup>16</sup> <https://www.climeworks.com>

<sup>17</sup> <https://www.supsi.ch>, Institute for Mechanical Engineering and Materials Technology

<sup>18</sup> <https://www.epfl.ch/labs/lrese/>

<sup>19</sup> Per una panoramica degli attori nel settore dell'idrogeno: <https://h2fc.ch>

StL, dal canto suo, sarebbe adeguato, considerati il modesto soleggiamento e la mancanza di aree adatte in Svizzera.

L'interesse del settore aeronautico per l'impiego di carburanti sintetici sostenibili<sup>20</sup> è elevato, come testimoniano le recenti dichiarazioni d'intenti di SWISS e del gruppo Lufthansa a favore di una partnership con attori svizzeri (PF di Zurigo, Synhelion, Climeworks), volta a perfezionare i carburanti solari sostenibili, avviare il loro utilizzo su vasta scala e introdurli sul mercato<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Cfr. <http://www.safug.org/>

<sup>21</sup> Cfr. comunicato stampa: <https://www.lufthansagroup.com/de/verantwortung/klima-umwelt/treibstoffverbrauch-und-emissionen/sustainable-aviation-fuel.html#cid2903>.