



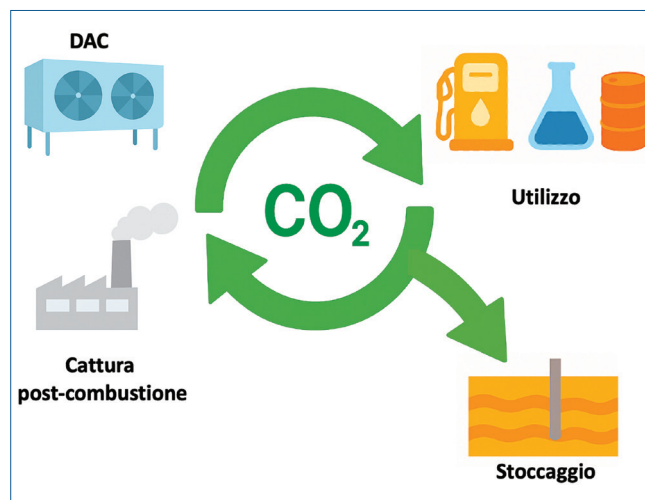
ANIDRIDE CARBONICA: RISORSA O RISCHIO?

L'anidride carbonica (CO_2) è il principale responsabile dell'effetto serra antropico e del riscaldamento globale, che nel 2024 ha superato il limite di $+1,5^\circ\text{C}$ rispetto all'era preindustriale. Per contrastare questa tendenza, è necessario agire su più fronti: decarbonizzazione dei settori produttivi, aumento dell'efficienza energetica, elettrificazione e, soprattutto, gestione del ciclo della CO_2 .

La CO_2 può essere, d'altra parte, una preziosa materia prima per alimentare un'economia sostenibile che trasformi lo "scarto" in risorsa. Può essere valorizzata attraverso tecnologie innovative per catturarla e trasformarla in prodotti utili. Tra questi figurano i combustibili sintetici (*e-fuels*), prodotti chimici di base, materiali per batterie, polimeri, plastiche e prodotti per l'industria alimentare e farmaceutica. Queste applicazioni non solo contribuiscono a chiudere il ciclo del carbonio antropogenico, ma favoriscono anche una maggiore indipendenza da fonti fossili e una riduzione complessiva delle emissioni climalteranti.

Le tecnologie per la cattura, l'utilizzo e lo stoccaggio della CO_2 (CCUS) stanno evolvendo rapidamente. La cattura post-combustione con solventi amminici è già implementata su larga scala. Come si può leggere nell'articolo di A. Di Russo e C. Mondelli, soluzioni avanzate basate su packing strutturati Mellapak™ CC e MellaTech™ di Sulzer Chemtech migliorano l'efficienza e riducono i costi della cattura di CO_2 mediante ammine.

La *Direct Air Capture* (DAC) rappresenta un'alternativa interessante per catturare la CO_2 direttamente dall'aria, anche se la concentrazione atmosferica è inferiore rispetto alle emissioni derivanti, ad esempio, dalle centrali termiche a carbone. La start-up italiana CarpeCarbon (si veda l'articolo di F. Antoniciello e F. Marocco Stuardi) ha sviluppato un processo DAC ad alta efficienza termica, riducendo del 90% il consumo di energia elettrica e permettendo installazioni modulari *off-grid*, ideali per contesti difficili come, ad esempio, le zone desertiche. Sul fronte della conversione della CO_2 , progetti europei come DAM4CO2 e BIOCUF stanno facendo



progressi significativi. DAM4CO2 sviluppa membrane bifunzionali che catturano e convertono, contemporaneamente, la CO_2 in combustibili sintetici (C_{4+}) grazie a fotocatalizzatori integrati, riducendo costi e dimensioni degli impianti (vedi articolo di A. Fuoco e V. Crocella). BIOCUF, invece, mira a trasformare la CO_2 in formiato tramite un sistema biomimetico basato su anidrasi carbonica e formiato deidrogenasi, operando in condizioni blande e utilizzando fotocatalizzatori per rigenerare i cofattori redox (vedi articolo di M. Calamante). Sempre su questo fronte, si inserisce l'articolo di F. Trifirò incentrato sulla sintesi di e-metanolo attraverso l'idrogenazione della CO_2 con idrogeno verde.

Nell'articolo di M.V. Barbarulo e F. Calascibetta, infine, troviamo un'interessante analisi storica di come l'aumento della CO_2 atmosferica e l'effetto serra fossero già stati previsti dallo scienziato svedese Svante Arrhenius in una sua ricerca del 1896. La CO_2 , quindi, non è solo una minaccia, ma anche una risorsa preziosa. La sua gestione richiede una sinergia tra chimica, ingegneria, biotecnologie ed altre discipline, con l'obiettivo di integrare tecnologie di cattura e valorizzazione della CO_2 , nel rispetto dei criteri di sostenibilità ambientale ed economica. Solo così sarà possibile affrontare efficacemente il cambiamento climatico e gestire il ciclo del carbonio antropogenico.