

Cosa sta facendo l'Europa per la decarbonizzazione del settore industriale? L'esempio di HERCCULES

Dopo gli 80 miliardi di euro stanziati tra il 2014 e il 2020, continua l'impegno di Horizon con altri 95 miliardi di euro che tragheranno fino al 2027 il programma quadro europeo che finanzia attività di ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico. Tra questi, nell'Europa mediterranea spicca il progetto *HERCCULES*.

Testo di Martina Fantini, Manuele Gatti, Maurizio Spinelli, Edoardo De Lena

— I temi dello sviluppo sostenibile e della transizione energetica sono all'ordine del giorno da diverso tempo. Si può dire che l'anno di svolta sia stato il 2015 in cui l'Onu ha promulgato l'Agenda 2030 a cui ha fatto seguito l'Accordo di Parigi durante i lavori della COP21 (ventunesima Conferenza delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici), sempre nel 2015. Il lavoro iniziato in quegli anni è proseguito fino ad arrivare alla recente firma del Patto per il Clima di Glasgow durante la COP26 (portato avanti anche durante la COP27), nonché all'Implementation plan di Sharm el-Sheikh. Sono passati poco più di sette anni e i passi avanti a livello tecnologico ci sono stati, anche se è sempre più consolidata la consapevolezza che il cambiamento climatico necessita di un impegno globale di tutte le nazioni a cominciare dalla Cina, dagli USA e dall'India. È comunque innegabile che la sensibilità del mondo politico sia molto aumentata, basti pensare alla svolta europea del New Green Deal che ha il duplice obiettivo di accelerare la transizione verde e digitale e la conseguente trasformazione dell'economia e di fare dell'Europa la prima economia circolare e sostenibile, guidata dal digitale e dalla neutralità climatica. All'interno di questa strategia l'Unione Europea ha definito degli obiettivi, tra cui la riduzione di emissione di CO₂ del 55 per cento (rispetto ai livelli del 1990) al 2030 ed emissioni nette pari a zero entro il 2050. Questi sono gli anni della transizione e, come tali, sono caratterizzati da molteplici sfide quali, per esempio, la necessità di avere a disposizione energia pulita, in modo economicamente, socialmente e geopoliticamente sostenibile e, non da ultimo, senza interrompere l'affidabilità e la continuità degli approvvigionamenti (l'interruzione delle forniture, infatti, è un tema molto importante per la "sicurezza energetica" visto che da questo dipende il regolamento e il funzionamento delle infrastrutture fondamentali di comunicazione, produzione e trasporto). In linea con la visione strategica della Commissione Europea "A clean planet for all", il passaggio alla neutralità climatica trasformerà i settori dell'energia, dell'industria e della mobilità nei prossimi decenni e l'attività di ricerca e innovazione tecnologica influenzerà pesantemente la velocità di queste transizioni, determinandone i costi, gli impatti socio-economici e ambientali e i benefici associati. Un contributo fondamentale al successo dell'iniziativa è lo sviluppo di un ampio portfolio di alternative, valutate su tutto il ciclo di vita, efficienti ed efficaci sotto il profilo dei costi. La velocità con cui tali azioni di ricerca e innovazione riusciranno a sviluppare, potenziare, attuare e commercializzare le soluzioni innovative guiderà la competitività futura dell'UE. Tali innovazioni comportano quasi sempre

profondi cambiamenti nelle pratiche sociali e nei requisiti occupazionali. Nell'ottica di una progettualità partecipativa, è quindi imprescindibile il coinvolgimento della società nelle attività di co-progettazione, co-sviluppo e co-implementazione delle innovazioni. A che punto siamo e cosa sta facendo l'Europa per sostenere la ricerca e l'innovazione? Dotato di un bilancio complessivo di quasi 80 miliardi di euro, il programma quadro Horizon 2020 (2014 - 2020) ha rappresentato senza dubbio il più interessante e articolato strumento per finanziare attività di ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico in Europa. Il successo dei risultati ha portato la Commissione a investire ancora di più – oltre 95 miliardi di euro – nel nuovo programma quadro Horizon Europe (2021 - 2027) che vede dedicare al *cluster* "Clima, Energia e Mobilità" il secondo budget più corposo del programma, oltre 15 miliardi di euro. Soprattutto con Horizon, ovvero dal 2014 a oggi, la Commissione europea ha visto nascere, crescere e sviluppare molti progetti in ambito energetico legati non solo all'efficientamento, alle rinnovabili, alla mobilità sostenibile, alle reti intelligenti e allo stoccaggio energetico ma ha anche sostenuto tecnologie di cattura, utilizzo e stoccaggio del carbonio (CCUS - Carbon Capture, Utilisation and Storage) nei settori industriali altamente emissivi (*hard-to-abate industries*) quali, in primis, cemento, acciaio e raffinazione, senza le quali non è possibile raggiungere gli obiettivi di emissioni zero. Come detto, l'obiettivo dei progetti Horizon è rendere l'approvvigionamento energetico neutrale dal punto di vista climatico attraverso azioni di ricerca e innovazione che contribuiscono a rendere l'offerta di energia più pulita, più sicura e più competitiva grazie all'aumento delle prestazioni in termini di costi e affidabilità. Non solo. Le attività di ricerca e innovazione supportate dalla Commissione sono anche volte a sostenere la modernizzazione delle reti energetiche, l'integrazione dei sistemi energetici, compresa la progressiva elettrificazione dei settori (edifici, mobilità, industria), la produzione di vettori di energia rinnovabile, come l'idrogeno pulito e le soluzioni innovative di stoccaggio dell'energia (compresi gli accumuli elettrochimici, meccanici, elettrici e termici). Tutte queste azioni di ricerca e innovazione hanno l'obiettivo di far progredire il loro livello di maturità tecnologica fino all'applicazione su scala industriale. La storia dei progetti europei di successo in questi ultimi dieci anni indica chiaramente che i progetti finanziati propongono soluzioni sempre più vicine al mercato e vedono un massiccio coinvolgimento diretto dell'industria. È questo il caso di due progetti CCUS finanziati con bandi del 2022: *CaLby2030* e *HERCCULES*. Entrambi i progetti si occupano delle

tecnologie CCUS nell'industria. Mentre *CaLby2030* si concentra sul rendere competitivo dal punto di vista economico e commercializzabile al 2030 il processo di cattura con la tecnologia del Calcium Looping per i settori cemento, acciaio e centrali alimentate con biomasse e rifiuti, settori per cui si potrebbe arrivare a catturare, al 2050, a livello globale, 2 miliardi di tonnellate di CO₂ all'anno, *HERCCULES* vuole dimostrare la fattibilità dell'integrazione di tutti gli anelli della catena CCUS, dalla cattura allo stoccaggio, in Sud Europa usando come driver i settori del cemento e della termovalorizzazione. ➔

CaLby2030: Calcium Looping to capture CO₂ from industrial processes by 2030 (www.calby2030.eu). Il progetto, finanziato per circa 15 milioni di euro, mira, in 42 mesi (ottobre 2022 - marzo 2026) ad accelerare l'adozione della CCUS utilizzando sistemi di cattura della CO₂ di tipo Calcium Looping (CaL) a un livello di maturità (Tr1) pronto per l'impiego commerciale, su larga scala in industrie chiave (cemento, acciaio, biomasse e rifiuti) entro il 2030. Per raggiungere il suo ambizioso obiettivo, i 18 partner di progetto (circa la metà dei quali industrie) lavoreranno sinergicamente per sviluppare tre impianti pilota, in Germania, in Svezia e in Spagna, per testarli in condizioni operative rilevanti per l'industria. Coordinatore: INCAR-CSIC, Spagna.

Il progetto *HERCCULES*

Il progetto ha l'obiettivo ultimo di dimostrare la fattibilità dell'intera filiera di Cattura, Utilizzo e Stoccaggio di CO₂ in regioni del Sud Europa a elevata densità industriale, nella fattispecie in Pianura Padana e Grecia innescando azioni concrete per il contenimento delle emissioni di CO₂ con un approccio innovativo, integrato e replicabile.

Possiamo raggruppare le attività di progetto in tre diverse aree d'azione:

1. Attività modellistiche, ingegneristiche e sperimentali legate alla cattura, all'utilizzo, al trasporto e allo stoccaggio dell'anidride carbonica.
 - a. Cattura e purificazione: il focus primario è la decarbonizzazione della produzione di cemento e della termovalorizzazione dei rifiuti, due settori strategici per l'economia circolare. Per quanto riguarda il settore cemento, verranno costruiti impianti di cattura in ossi-combustione e post-combustione che saranno testati in tre diverse configurazioni:
 - (i) calcinazione in ossi-combustione combinata con processi criogenici di purificazione, in grado di separare CO₂ con efficienze e purezze prossime al 100 per cento. Il sistema verrà costruito in una cementeria greca operata da Titan Cement. L'unità di purificazione sarà realizzata da Tecno project Industriale, società italiana del gruppo SIAD specializzata nella progettazione e ingegnerizzazione di impianti di cattura della CO₂.
 - (ii) un'unità di post-combustione basata su un processo con solventi innovativi, realizzata da Tecno project industriale, verrà installata presso il cementificio di Vernasca (Piacenza) operato da Buzzi Unicem.
 - (iii) l'unità di post-combustione testata a Vernasca verrà mandata in Grecia dove verrà integrata con il sistema di ossi-combustione e purificazione in una configurazione cosiddetta "ibrida", potenzialmente caratterizzata da elevate efficienze energetiche e di cattura. Per quanto riguarda il settore della termovalorizzazione, l'impianto sperimentale testerà la tecnologia Calcium Looping grazie ad un dimostratore progettato e realizzato da Sumitomo SHI FW presso l'impianto "Silla2" (a Milano), operato da A2A. Il Calcium Looping sarà combinato con un processo criogenico di purificazione, in grado di separare CO₂ con efficienze e purezze prossime al 100 per cento, sempre realizzato da Tecno project industriale.
 - b. Utilizzo: una parte del flusso di CO₂ pura catturata presso gli impianti di Titan, di Buzzi e di A2A, sarà destinata all'utilizzo in

- processi produttivi di mineralizzazione per la produzione di nuovi materiali cementizi che potrebbero sostituire il convenzionale calcestruzzo (caratterizzato da un'elevata impronta carbonica) o impiegata nel settore dei gas tecnici. Le caratteristiche dei leganti idraulici da reimpiegare nel processo di produzione del calcestruzzo che verranno prodotti saranno valutate e confrontate con i materiali esistenti tenendo conto di eventuali necessità dal punto di vista di attività di standardizzazione necessarie per non precluderne l'utilizzo commerciale.
- c. Trasporto e Stoccaggio: la parte di CO₂ a elevata purezza non impiegata per i processi di utilizzo verrà mandata a stoccaggio. Il trasporto verrà gestito da Air Liquide per l'Italia e da Titan ed Energean per la Grecia. Lo stoccaggio geologico, qualora tutti gli iter autorizzativi andassero a buon fine, sarà testato nel quadro dei progetti già in fase realizzativa nel distretto di Ravenna (gestito da Eni) e in quello di Prinos in Grecia dove è attiva Energean, completando così l'intera filiera. Oltre alla dimostrazione dello stoccaggio e alla definizione e implementazione di un piano di monitoraggio dei siti, verranno effettuate valutazioni delle interazioni e delle implicazioni operative e pratiche tra i principali attori industriali coinvolti nella catena CCUS e nella sua logistica. Il lavoro sarà completato dalla pubblicazione di linee guida che dettagliano le fasi e i compiti rilevanti relativi all'iter autorizzativo e all'esperienza normativa anche con riferimento alla direttiva europea sullo stoccaggio e ai suoi più recenti aggiornamenti.
2. Attività di sfruttamento dei risultati sperimentali ottenuti sia in un'ottica di scale up delle tecnologie che di ottimizzazione dell'intero sistema. In particolare, l'intera rete di trasporto, utilizzo e stoccaggio della CO₂ sarà ingegnerizzata e ottimizzata per diversi scenari di evoluzione dei cluster industriali attraverso due principali tipi di attività.
 - a. Ottimizzazione: all'interno di *HERCCULES* ci saranno attività dedicate allo sviluppo di metodi di ottimizzazione multi-criteri per determinare la soluzione ottimale per il trasporto e la logistica della CO₂ catturata, tenendo conto delle condizioni specifiche e dei vincoli posti dalle caratteristiche della sorgente, dalla sua posizione geografica, dalle opportunità di integrazione con altre industrie vicine e dalla prossimità ai siti di stoccaggio geologico, Ravenna e Prinos. Il modello terrà conto della discretizzazione spaziale e temporale di (i) rete di trasporto, (ii) sorgenti puntuali collegate alla rete, (iii) stoccaggio, (iv) riutilizzo della CO₂ come materia prima rendendo così possibile il raggiungimento di più obiettivi: a) condurre l'analisi della

- catena CCUS su più scale; b) identificare il design ottimale della catena per l'implementazione della CCUS nei cluster di progetto al 2030 e al 2050; c) integrare ulteriori siti di cattura lungo il bacino del Mediterraneo ai siti di stoccaggio di Ravenna e Prinos; d) valutare la catena sulla base di indicatori di performance tecnica, ambientale, economica e sociale.
- b. Scale-up: tutti i principali partner industriali di *HERCCULES* lavoreranno sinergicamente per sfruttare al meglio i risultati sperimentali di tutti gli anelli della catena ottenuti lungo il corso del progetto, al fine di facilitare le successive fasi di pianificazione e attuazione della catena CCUS. Si valuteranno almeno sette casi di studio relativi a impianti di cemento e termovalorizzazione ad un livello di maturità della tecnologia vicino al mercato. I casi studio saranno situati nell'Europa mediterranea e saranno dotati delle tecnologie *HERCCULES* di cattura e utilizzo della CO₂. L'attività prevederà lo sviluppo di studi dettagliati di ingegneria per il retrofit delle tecnologie *HERCCULES* tenendo in considerazione anche aspetti legati alla sicurezza e prevedendo un piano di sviluppo per il futuro *up-scaling*. Le tecnologie *HERCCULES* saranno poi confrontate, attraverso un'attività di analisi e comparazione condotta da Air Liquide, con le soluzioni di cattura di CO₂ già disponibili su scala industriale completando quindi l'attività con un solido studio di benchmarking.
3. Gli aspetti tecnici saranno integrati con valutazioni dettagliate sulla sicurezza, sull'impatto sociale, sul coinvolgimento delle comunità locali, sulla legislazione e la finanza (meccanismi di mercato che sarebbe opportuno implementare per lo sviluppo della CCUS), adottando un approccio olistico per realizzare la transizione verso un'economia "low-carbon". L'obiettivo è quello di non fermarsi alla fattibilità tecnica della tecnologia ma di darle concretezza economica ed autorizzativa calandola nella realtà attraverso un processo partecipativo ed inclusivo per i non esperti. A questo scopo saranno rivolte attività informative e formative per diversi target group che andranno dagli studenti, "i cittadini di domani", alle comunità locali e in generale a tutta la società. La durata prevista delle attività è di cinque anni. I primi due anni sono dedicati all'ingegneria e alla costruzione dei tre piloti che verranno costruiti in Italia (cementeria di Buzzi Unicem di Vernasca e termovalorizzatore Silla 2 di A2A a Milano) e in Grecia (cementeria di Titan). Il terzo anno sarà dedicato alle attività sperimentali relativamente al lato cattura e gli ultimi due anni saranno incentrati sulle attività a valle del processo di cattura, cioè utilizzo e stoccaggio.

Il progetto *HERCCULES* risponde

Perché il Sud Europa?
In Europa esistono oggi circa 70 progetti di CCUS in varie fasi di sviluppo, concentrati quasi esclusivamente nei Paesi del Nord. In questo quadro, *HERCCULES* si propone di accelerare l'applicazione del CCUS nell'Europa mediterranea, facendo leva sulle iniziative di trasporto e stoccaggio già in fase di realizzazione in Italia e Grecia e sviluppando tecnologie di cattura innovative non solo efficienti, ma anche particolarmente flessibili e replicabili, per essere adattabili alle evoluzioni tecnologiche dei settori industriali di riferimento.

Perché i settori del cemento e della termovalorizzazione?
Che la CCUS svolga un ruolo cruciale nel processo di transizione verso la neutralità climatica è noto e condiviso nella comunità scientifica. Altrettanto noto e condiviso è il fatto che la CCUS resterà fondamentale anche in futuro per quei settori come cemento e acciaio dove una considerevole quantità di CO₂ prodotta lungo il processo è associata alla materia prima utilizzata. Che il progetto *HERCCULES* si concentri sul settore cemento quindi non stupisce. La sinergia con il settore della termovalorizzazione è invece uno degli elementi più innovativi del progetto per molteplici aspetti, non da ultimo il fatto che, combinando la CCUS con l'uso di biomassa sostenibile, si può ambire a emissioni negative.

Qual è il contenuto innovativo del progetto?
L'innovazione del progetto *HERCCULES* è sia a livello tecnologico che di filiera. Per la prima volta, infatti, nell'ambito di progetti finanziati, le attività progettuali non copriranno solo alcuni passaggi della catena CCUS, com'era stato per esempio per il precedente progetto Horizon 2020 CLEANKER, focalizzato sul processo di cattura nei cementifici, e per l'attuale progetto Horizon Europe CaLby2030, ma la ricerca si concentrerà sulla fattibilità dell'intera catena CCUS concentrandosi non solo sulla cattura ma anche su utilizzo e stoccaggio, estendendo lo studio a *cluster* di emettitori e integrando gli aspetti tecnici con valutazioni dettagliate di sicurezza, impatto sociale, coinvolgimento delle comunità locali, legislazione e finanza

Progetto *HERCCULES* in numeri: data di avvio: 1 gennaio 2023; durata totale progetto: 60 mesi; budget totale: 39.627.208,00 euro; contributo EU: 29.632.076,48 euro; 23 partner: LEAP (coordinatore), EU CORE Consulting (Italia), Energan Oil&Gas (Grecia), Buzzi Unicem (Italia), Titan cement (Grecia), Sumitomo SHI FW (Finlandia), Air Liquide (Italia), Fraunhofer ISI (Germania), Politecnico di Milano (Italia), BCG (Italia), CSIC (Spagna), Celitement (Germania), Università di Utrecht (Paesi Bassi), Wietersdorfer Alpacem (Austria), Artidek (Ucraina), Shogenergy (Estonia), Università di LUT (Finlandia), TPI (Italia), ClustER Greentech (Italia), CRES (Grecia), A2A Ambiente, ENI (Italia), A2A Spa (Italia).

Quali sono gli obiettivi tecnico-economici degli impianti dimostrativi?
Fra i principali obiettivi degli impianti dimostrativi *HERCCULES* vi è la dimostrazione, attraverso oltre 9.000 ore di test, di quattro tecnologie di cattura implementate in *retrofit*, tre per il cemento e una per la termovalorizzazione, che permettano emissioni di gas serra prossime allo zero (e potenzialmente negative); la dimostrazione, con oltre 1.000 ore di test, di un nuovo legante idraulico per la produzione di calcestruzzo; il mantenimento del costo di cattura di CO₂ nel settore cemento lungo tutta la catena, al di sotto di 50 € a tonnellata; e il contenimento delle tasse per il trattamento rifiuti al di sotto dei 55 € a tonnellata di rifiuto trattato.

Qual è il contenuto strategico del progetto?
Il progetto *HERCCULES* vede tra i suoi partner ENI (Italia) ed Energean (Grecia), a oggi i due player principali per lo stoccaggio dell'anidride carbonica in Sud Europa. Sfruttando infatti i loro giacimenti dismessi, adatti a immagazzinare la CO₂ in modo permanente, al largo di Ravenna (Italia) e Prinos (Penisola Calcidica) con una capacità totale di stoccaggio pari rispettivamente a 500 Megatoni e 30 Megatoni e una portata di stoccaggio annua al 2030 di 4 e 2,5 Megatoni rispettivamente, il progetto si configura come game changer per la realizzazione del più grande hub al mondo per la CCS. ●

