

Processo di metanazione idrogenotrofa in modalità ex-situ ENEA CR BOLOGNA

I sistemi di purificazione (upgrading) del biogas a biometano più diffusi sul mercato si basano su processi chimico-fisici di rimozione e cattura della CO₂. Di recente sono stati sviluppati processi alternativi di tipo biologico che grazie alla capacità di alcuni microorganismi (metanogeni idrogenotrofi) consentono di trasformare, in presenza di idrogeno (H₂), la CO₂ contenuta nel biogas (modalità ex-situ) in ulteriore metano (CH₄), migliorando le rese energetiche rispetto alle tecnologie tradizionali di upgrading. Nonostante le rilevanti potenzialità applicative dei sistemi biologici, per essi non sono ancora disponibili attività in scala industriale vista l'esigenza di migliorare diversi aspetti quali l'elevata incidenza dei costi di investimento e di gestione, oltre alla necessaria ottimizzazione della fase di diffusione dell'H₂ in fase liquida.

Le attività di ricerca e sviluppo tecnologico presso i centri di ricerca ENEA di Bologna e Brasimone riguarderanno la messa a punto su scala pilota (bioreattori da 50 e 200L) di un processo di metanazione idrogenotrofa in modalità ex-situ, ovvero di trasformazione in CH₄ di flussi gassosi contenenti H₂ e CO₂.

Le attività di sviluppo sperimentale saranno articolate in diverse fasi. Inizialmente, si intende effettuare il confronto della capacità di solubilizzazione di substrati gassosi in fase acquosa tra diversi dispositivi passivi di diffusione gas (i.e. non prevedono componenti meccaniche in movimento); tale confronto sarà effettuato attraverso opportuni test sperimentali, che consentiranno di quantificare le costanti cinetiche (KLa) di trasferimento dei gas associati a ciascun dispositivo e selezionare quello in grado di garantire le migliori performance. In una seconda fase, il dispositivo selezionato sarà implementato su un impianto pilota di grossa taglia (200L), con il duplice scopo di selezionare le condizioni operative (i.e. portata di ricircolo, portata di gas in ingresso al sistema) ottimali di funzionamento e quantificare le relative rese energetiche (kWh/Nm³ CH₄ prodotto). Al fine di incrementare il livello di sviluppo della tecnologia e di consentire una sua validazione su scala preindustriale, si procederà alla sua modellazione e automazione. Attraverso la determinazione dei principali parametri cinetici e la simulazione delle principali condizioni di funzionamento riscontrabili in scala reale e acquisendo i segnali generati da sonde on-line, sarà sviluppato un modello di simulazione del processo fisico-biologico e saranno effettuati test per la definizione di logiche di controllo automatico del processo.

Nel dettaglio le attività nel corso del triennio saranno articolate nel modo seguente:

- Analisi della normativa nazionale ed europea sull'immissione del biometano nella rete di distribuzione del gas naturale e utilizzo nel settore dei trasporti.
- Analisi di letteratura sulle tecnologie di upgrading del biogas attraverso sistemi biologici e chimico-fisici.
- Benchmarking su sistemi di upgrading biologico basati sul processo di metanazione idrogenotrofa (modalità in-situ ed ex-situ).
- Test sperimentali finalizzati al confronto della capacità di solubilizzazione dei gas in mezzo liquido da parte di diversi sistemi di trasferimento gas-liquido di tipo passivo (es. eiettori venturi, diffusori a membrana, cavitazione idrodinamica).
- Long-run sperimentali di biometanazione ex-situ su reattore pilota da 200L a partire da flussi di gas contenenti CO₂ (biogas/syngas) finalizzati a definire le rese di produzione massima di biometano in relazione a diversi parametri operativi e soluzione impiantistica.
- Sviluppo, implementazione e validazione di modello matematico descrittivo delle cinetiche biologiche e della fluidodinamica del sistema.
- Definizione di logiche di controllo automatico del processo attraverso la simulazione delle principali condizioni riscontrabili in scala reale (es. start and stop, fermi impianto, variazioni di carico e del rapporto dei substrati gassosi in ingresso).
- Valutazioni tecnico-economiche nell'ottica di pre-industrializzazione della tecnologia.

Dal punto di vista analitico le attività prevedono il monitoraggio dell'impianto sperimentale (installato presso il C.R ENEA del Brasimone) sia sotto il profilo chimico (pH, solidi totali e volatili, ammoniaca, acidi grassi volatili, etc.) che microbiologico (es. Specific Hydrogenotrophic methanogenic activity, FISH, Metagenomica).

Le valutazioni tecnico-economiche saranno condotte per valutare la competitività della tecnologia in esame rispetto alle tecnologie di up-grading più diffuse sul mercato. Esse saranno effettuate alla luce del nuovo schema incentivante dettato dal decreto biometano di recente emanazione (Decreto MiTE 240/2022) e dei nuovi costi di approvvigionamento di energia elettrica e di acquisto del gas naturale. Le valutazioni saranno accompagnate da una analisi di sensitività, al fine individuare il range di variabilità dei parametri chiave che influenzano la competitività della tecnologia, in modo da fornire ulteriori indicazioni per i futuri decision makers di settore.