



Ricerca di Sistema elettrico

## Progettazione di massima dell'impianto sperimentale P2G/L

F. Dessì, S. Lai, M. Mureddu, A. Porcu, S. Sollai, F. Ferrara, G. Cau,  
R. Cara, A. Orsini, D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, G. Calì, D.  
Multineddu

## PROGETTAZIONE DI MASSIMA DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L

F. Dessì, S. Lai, M. Mureddu, A. Porcu, S. Sollai, F. Ferrara, G. Cau, R. Cara, A. Orsini, D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, G. Calì, D. Multineddu

Dicembre 2021

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 – II-III annualità

Obiettivo: Sistema Elettrico

Progetto: 1.2 Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti

Work package: 3 Power-to-gas

Linea di attività: LA 3.18 – Power to Gas/Liquid: progettazione dell'impianto pilota

Responsabile del Progetto: Giulia Monteleone, ENEA

Responsabile del Work package: Eugenio Giacomazzi, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "POWER-to-Gas/Liquid Utilizzo della CO<sub>2</sub>"

Responsabile scientifico ENEA: Paolo Deiana

Responsabile scientifico Co-beneficiario SOTACARBO: Marcella Fadda

## Indice

SOMMARIO .....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 PROGETTAZIONE DI MASSIMA DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L.....	8
2.1 SEZIONE DI ALIMENTAZIONE .....	10
2.2 SEZIONE DI MISCELAZIONE E PRE-RISCALDO DELLA MISCELA GASSOSA.....	16
2.3 SEZIONE DI REAZIONE .....	16
2.4 SEZIONE DI RICIRCOLO.....	23
2.5 SEZIONE DI SEPARAZIONE E RACCOLTA DEI PRODOTTI.....	24
2.6 SISTEMA CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI PRODOTTI.....	27
2.7 STRUMENTAZIONE .....	31
2.8 SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO.....	32
2.9 TORCIA.....	34
2.10 SEZIONE DI PRODUZIONE DI IDROGENO.....	34
3 STIMA DEI COSTI DI REALIZZAZIONE E DI ESERCIZIO DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L .....	43
3.1 STIMA DEI COSTI DI REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO .....	43
3.2 STIMA DEI COSTI DI ESERCIZIO DELL'IMPIANTO .....	47
4 CONCLUSIONI .....	50
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	51
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI .....	54
7 CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO .....	55

## Sommario

La presente attività di ricerca si inquadra nell'ambito degli studi volti all'avanzamento delle conoscenze nel settore dei processi innovativi di riutilizzo dell'anidride carbonica e di accumulo dell'energia da fonti rinnovabili. In particolare, nell'ambito del Piano triennale di realizzazione 2019-2021 della ricerca di sistema elettrico nazionale, si intende realizzare un prototipo sperimentale di impianto Power-to-Gas/to-Liquid (P2G/L) per lo sviluppo dei processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante l'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub> derivante da processi di cattura, con idrogeno prodotto dal surplus di produzione elettrica da fonte rinnovabile.

Nello specifico, nel presente rapporto tecnico si riporta la progettazione di massima dell'impianto sperimentale P2G/L, che è stata definita dopo aver concluso la procedura di dialogo competitivo che ha consentito di individuare la soluzione più idonea a soddisfare le specifiche esigenze del progetto e definire la configurazione finale dell'impianto. Nella progettazione è stata dedicata particolare attenzione alla tipologia dei reattori, alle condizioni operative dei processi (temperature, pressioni, ricircoli, integrazioni energetiche, ecc.) e alle criticità che li caratterizzano. In particolare, data la natura sperimentale dell'impianto, è stata selezionata una configurazione estremamente flessibile (dotata di due differenti reattori, uno monotubolare e uno multitubolare, con elevato rapporto lunghezza/diametro) che consenta da un lato l'ottimizzazione dei processi di interesse in diverse condizioni operative e dall'altro l'acquisizione di dati sperimentali per il futuro scale-up delle tecnologie. Per quanto riguarda il controllo della temperatura, l'impianto sarà dotato di un sistema innovativo, basato su un design a doppia camicia, che consente una regolazione efficiente della temperatura anche con reazioni particolarmente esotermiche. A valle della sezione di reazione, l'impianto sarà dotato di un sistema di separazione dei prodotti composto da: una trappola per il recupero di eventuali prodotti ad elevato peso molecolare; un separatore gas-liquido ad alta pressione e un separatore gas-liquido a bassa pressione per separare la fase gassosa dalle due fasi condensate (acquosa e organica). Inoltre, al fine di aumentare la resa di reazione, specialmente per la sintesi del metanolo, sarà predisposta una linea di ricircolo dei gas non reagiti. Lo studio comprende l'individuazione della strumentazione necessaria per il monitoraggio, controllo e analisi del processo. Durante lo sviluppo del progetto, anche se inizialmente non previsto, è stata analizzata la possibile integrazione di una sezione di produzione di idrogeno verde per garantire la sostenibilità dell'intero processo. Visti i tempi di realizzazione, si è valutato opportuno posticipare la realizzazione di tale sezione ad altri progetti di ricerca.

Infine, questa fase dello studio è stata completata con la stima dei costi di realizzazione e di esercizio dell'impianto.



Ricerca di Sistema elettrico

## Progettazione di dettaglio dell'impianto sperimentale P2G/L

F. Dessì, S. Lai, M. Mureddu, A. Porcu, S. Sollai, F. Ferrara, A. Orsini,  
D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, G. Calì, D. Multineddu

## PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L

F. Dessì, S. Lai, M. Mureddu, A. Porcu, S. Sollai, F. Ferrara, A. Orsini, D. Marotto, S. Meloni, P. Miraglia, G. Cali, D. Multineddu

Dicembre 2021

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 – II-III annualità

Obiettivo: Sistema Elettrico

Progetto: 1.2 Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti

Work package: 3 Power-to-gas

Linea di attività: LA 3.18 – Power to Gas/Liquid: progettazione dell'impianto pilota

Responsabile del Progetto: Giulia Monteleone, ENEA

Responsabile del Work package: Eugenio Giacomazzi, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "POWER-to-Gas/Liquid Utilizzo della CO<sub>2</sub>"

Responsabile scientifico ENEA: Paolo Deiana

Responsabile scientifico Co-beneficiario SOTACARBO: Marcella Fadda

## Indice

SOMMARIO .....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L .....	7
2.1 SEZIONE DI ALIMENTAZIONE .....	10
2.2 SEZIONE DI MISCELAZIONE .....	16
2.3 SEZIONE DI REAZIONE .....	17
2.4 SEZIONE DI RICIRCOLO.....	22
2.5 SEZIONE DI SEPARAZIONE E RACCOLTA DEI PRODOTTI.....	26
2.6 SISTEMA DI CAMPIONAMENTO E ANALISI DEI PRODOTTI .....	31
2.7 STRUMENTAZIONE .....	36
2.8 SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO.....	37
2.9 PROGETTAZIONE STRUTTURALE E MECCANICA DELL'INFRASTRUTTURA.....	45
2.10 IMPIANTO ELETTRICO E LIMITI DI BATTERIA .....	49
3 CRONOPROGRAMMA PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE P2G/L .....	53
4 CONCLUSIONI .....	54
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	63
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI .....	64
7 CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO .....	65

## Sommario

La presente attività di ricerca si inquadra nell'ambito degli studi volti all'avanzamento delle conoscenze nel settore dei processi innovativi di riutilizzo dell'anidride carbonica e di accumulo dell'energia da fonti rinnovabili. In questo contesto, nell'ambito del piano triennale di realizzazione 2019-2021 della ricerca di sistema elettrico nazionale, si intende realizzare un prototipo sperimentale Power-to-Gas/to-Liquid (P2G/L) per lo sviluppo dei processi di sintesi di metano, metanolo e dimetiletere (DME) mediante l'idrogenazione catalitica della CO<sub>2</sub>, derivante da processi di cattura, con idrogeno prodotto dal surplus di produzione elettrica da fonte rinnovabile.

Nello specifico, nel presente rapporto tecnico si riporta la progettazione di dettaglio dell'impianto sperimentale P2G/L in cui sono state definite le principali caratteristiche di tutti i componenti dell'impianto. In particolare, sono stati ridefiniti i *Piping & Instrumentation Diagrams* (P&ID) e il *Process Flow Diagram* (PFD) delle diverse sezioni. Il progetto è stato completato con la progettazione strutturale e meccanica, l'automazione del processo e i modelli 2D e 3D dell'infrastruttura sperimentale.

L'impianto P2G/L è stato progettato per una produzione massima di 5 kg/h (120 kg/giorno) di prodotto finale. In particolare, è stata selezionata una configurazione estremamente flessibile (dotata di due differenti reattori, uno monotubolare e uno multitubolare, con elevato rapporto lunghezza/diametro) che consenta da un lato l'ottimizzazione dei processi di interesse in diverse condizioni operative e dall'altro l'acquisizione di dati sperimentali per il futuro scale-up delle tecnologie. Entrambi i reattori possono essere utilizzati per tutti i processi di interesse poiché progettati sulla base delle condizioni operative individuate sia per la sintesi di metanolo/DME che per il processo di metanazione. Per quanto riguarda il controllo della temperatura, l'impianto è dotato di un sistema innovativo, basato su un design a doppia camicia, che consente una regolazione efficiente della temperatura anche con reazioni particolarmente esotermiche. A valle della sezione di reazione, è presente un sistema di separazione dei prodotti composto da: una trappola per il recupero di eventuali prodotti ad elevato peso molecolare; un separatore gas-liquido ad alta pressione e un separatore gas-liquido a bassa pressione per separare la fase gassosa dalle due fasi condensate (acquosa e organica). Al fine di aumentare la resa di reazione, specialmente per la sintesi del metanolo, è stata predisposta una linea di ricircolo dei gas non reagiti. La progettazione comprende inoltre l'individuazione della strumentazione necessaria per il monitoraggio, controllo e analisi del processo. In questa fase del progetto, è stato predisposto il *Bill of materials* (BOM) che riporta in modo esaustivo il dettaglio di tutti gli strumenti, le apparecchiature e i carichi elettrici che costituiranno l'impianto P2G/L. Oltre alle principali specifiche operative in termini di temperature e pressioni di esercizio e di progetto, sono riportati, per i vari componenti, modelli e casa costruttrice, tipologia di materiale e di connessione sia meccanica che elettrica, oltre alla tipologia di connessione analogica e digitale di ogni singolo strumento.

Infine, è stato definito il diagramma di *Gantt* per la realizzazione dell'impianto P2G/L.