

# **Messa in servizio e sicurezza di un impianto sperimentale per la produzione, compressione e stoccaggio di idrogeno**

**Autore:** Manuel Rossi

## **Abstract**

Scopo del seguente report tecnico è quello di descrivere le attività per la messa in servizio ed in sicurezza dell'impianto sperimentale per la produzione, compressione e stoccaggio di idrogeno in utilizzo presso l'Università di Bologna. Nella prima parte viene descritto l'impianto con indicate le principali sezioni. Nella seconda fase vengono descritte le attività svolte per la messa in servizio. Infine sono riportate le conclusioni.

## **Introduzione**

La tecnologia Power to Gas può rappresentare una valida soluzione al problema di gestione di un parco energetico italiano sempre più rinnovabile. Infatti, se da un lato la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile contribuisce alla decarbonizzazione del sistema energetico, dall'altro la loro imprevedibilità mal si sposa con una rete elettrica estremamente rigida. Onde evitare congestioni di rete, ovvero l'interruzione della produzione, il Power to Gas rappresenta una valida soluzione di stoccaggio per svincolare produzione e domanda [1-3]. Tuttavia, il settore Power to Gas in Italia sta muovendo i primi passi solo ora a causa delle numerose barriere presenti [4]. Una sempre maggiore sinergia fra industria e mondo della ricerca sarà quindi necessaria nei prossimi anni.

All'interno di questo contesto è importante sviluppare e testare soluzioni impiantistiche innovative. Per lo scopo, si rendono necessarie infrastrutture di ricerca dedicate la cui messa in servizio e sicurezza richiede particolari attenzioni e soluzioni ingegneristiche. Di seguito si descrivono sinteticamente le attività per la messa in servizio e sicurezza di uno di questi impianti.

## **Descrizione dell'impianto**

L'impianto in oggetto è un impianto sperimentale per la produzione, compressione e stoccaggio di idrogeno presso l'Università di Bologna. Il layout dell'impianto è suddiviso su due cabinati. Nel primo è installato il processo (cabinato processo – area classificata). Nel secondo il sistema di monitoraggio e controllo (cabinato controllo – area sicura). Il layout è schematizzato in figura 1. I due cabinati sono di uguale dimensione pari a 6000mm x 2420mm x 2700mm. Il cabinato controllo è dedicato al sistema di monitoraggio e controllo. All'interno sono posizionati tre quadri elettrici: quadro di potenza, quadro di gestione logiche e quadro di controllo compressore. Il quadro di controllo compressore contiene un PLC di marca Siemens che gestisce le logiche di funzionamento e sicurezza del compressore.

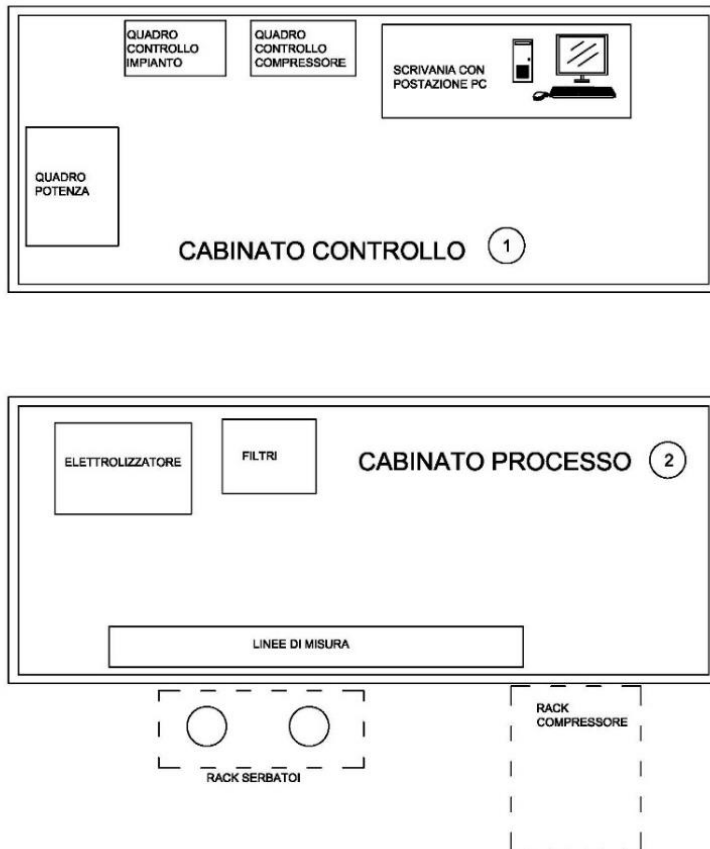


Figura 1. Layout schematico dell'impianto con suddivisione fra cabinato processo e cabinato controllo.

Il quadro di gestione logiche contiene un PLC di marca Schneider modello M340 che gestisce, elabora tutti i segnali provenienti dal processo, attua logiche di sicurezza e gestisce sequenze semiautomatiche per l'esercizio dell'impianto. Il PLC comunica con l'interfaccia grafica che memorizza i segnali provenienti dall'impianto. Come mostrato in figura 2, i due PLC comunicano fra di loro attraverso segnali di dialogo.



Figura 2. Schematizzazione dei segnali fra i due quadri elettrici. In blu il quadro compressore e in verde quello generale dell'impianto.

Relativamente al processo, ovvero a tutto ciò che è installato nell'area del cabinato 2, si riporta in figura 3 il Process Flow Diagram (PFD) dell'impianto. Il cabinato 2 contiene l'elettrolizzatore (di capacità pari a 1 Nm<sup>3</sup>/h), i filtri e le linee di misura di processo. L'elettrolizzatore è un elettrolizzatore alcalino che produce

idrogeno ad una pressione massima di 3.5 barg. La sezione di filtrazione, posta a valle, è costituita da filtri essiccatori a sali igroscopici e da un reattore de-oxo al cui interno è posto del platino che funge da catalizzatore per la reazione fra idrogeno e ossigeno. I filtri installati consentono di ottenere una purezza dell'idrogeno dell'ordine del 99.999% e un contenuto in ossigeno inferiore ai 5/10 ppm. La linea di misura, infine, permette l'acquisizione dei parametri di processo, ovvero pressione, temperatura e portata, tramite strumentazione dedicata ed idonea all'installazione in zona atex.

All'esterno del container sono posizionati su rack separati ed indipendenti fra di loro:

- La sezione di stoccaggio realizzata mediante accumulo di idrogeno gassoso in pressione. Questa sezione è realizzata mediante un serbatoio di bassa pressione (270 lt, pmax = 7 barg) ed uno di alta pressione (80 lt, pmax = 50 barg).
- La sezione di compressione costituita da un compressore del tipo a diaframma (1 Nm<sup>3</sup>/h, p=35 barg).

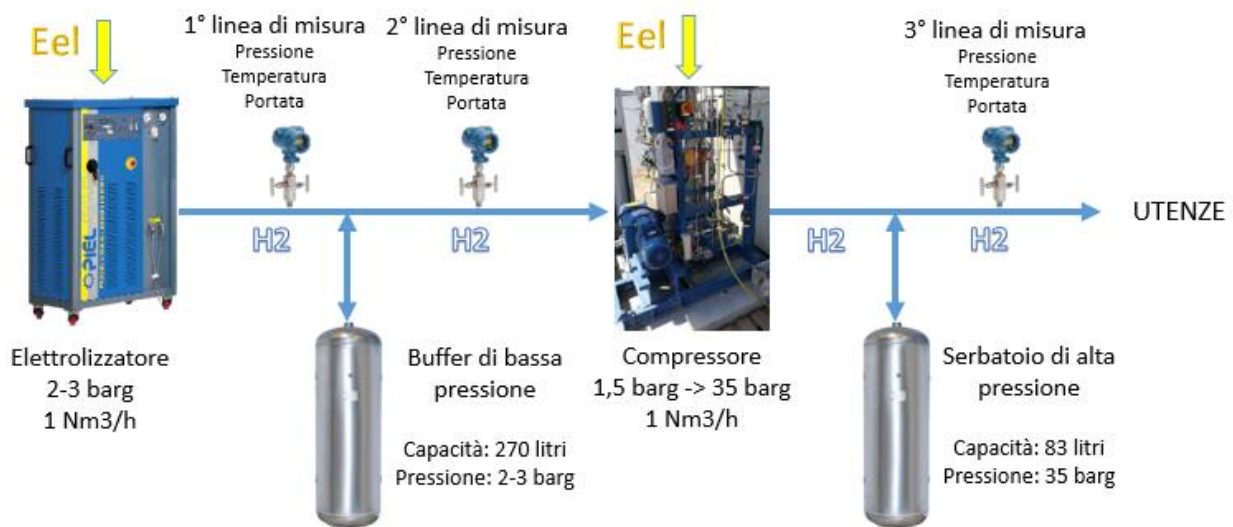


Figura 3. Process Flow Diagram dell'impianto.

### Messa in servizio e in sicurezza

Le attività per la messa in servizio ed in sicurezza dell'impianto risultano essere numerose e complesse, richiedendo competenze specifiche e dovendo, nella maggior parte dei casi, essere svolte contemporaneamente. In figura 4 sono mostrate le principali attività messe in campo per la messa in servizio e sicurezza dell'impianto. Come si vede, a valle dell'attività di ingegneria che richiede un'attenzione particolare in virtù della natura altamente infiammabile ed esplosiva del fluido, si passa alla costruzione dell'impianto, durante la quale occorre seguire passo dopo passo le attività svolte dagli specialisti idraulici ed elettrici al fine evitare interferenze, ovvero rallentamenti rispetto al piano lavori. Solamente dopo il completamento della fase di installazione ed interconnessione della componentistica idraulica ed elettrica ovvero della predisposizione del sistema di controllo, supervisione ed acquisizione dati, si può procedere alla fase di messa in servizio e collaudi, ovvero l'ultima fase prima della consegna al cliente, utile ad identificare e correggere eventuali anomalie.



Figura 4. Fase delle attività attuate per la messa in servizio dell'impianto.

Fra le principali attività svolte durante le attività ci si concentra sulla fase di collaudo indicata come fase 3 che ha previsto:

- Test punto a punto
- Test in pressione
- Prove spessimetriche dei serbatoi
- Prove funzionali

I test punto a punto hanno lo scopo di verificare la corretta installazione e funzionamento degli strumenti all'interno dei quadri elettrici ma soprattutto che le attività di interconnessione siano state eseguite a regola d'arte. Un errato collegamento fornirebbe all'operatore, ovvero al sistema di supervisione e controllo un dato errato, con tutti i rischi conseguenti. Durante il test viene verificata ogni connessione con gli strumenti sul processo e la loro acquisizione al PLC. Nel caso dei segnali 4-20 mA viene simulato tramite un multimetro digitale il segnale. In caso di discrepanze (segnale al PLC acquisito come altro strumento o assenza di segnale) si procede a verificare i cablaggi. Nel caso di segnali digitali di output, invece, l'approccio è diverso. In questo caso il tecnico specializzato nella preparazione di software PLC forza la variabile di output al valore 0 e 1. A questo punto, in campo, si procede a misurare ai terminali la presenza o assenza di tensione a 24 Vdc.

Nel test in pressione, invece, si pongono tutte le parti dell'impianto in pressione utilizzando un gas inerte (azoto) al fine di verificare la tenuta delle componenti, ovvero identificare eventuali trafile prima dell'utilizzo con idrogeno.

In accordo al Decreto Ministeriale 329/2004, ed in particolare all'Allegato A dello stesso, al fine di verificare l'integrità dei recipienti in pressione sono state realizzate prove spessimetriche sui serbatoi. Dopo una prima fase di ispezione visiva volta a verificare la presenza di contaminazioni e corrosione sulla superficie esterna, la prova è realizzata in accordo a quanto indicato nella UNI EN 14127 attraverso lo svolgimento della prova indicata PC-003UTSS. Questa prova prevede la misura dello spessore del serbatoio sia sul fasciame che sui fondi in corrispondenza di una matrice di punti equidistanti sulla superficie esterna. Completata questa fase, si procede alla misura dello spessore mediante il misuratore ultrasonoro SONOTEC ST10 collegato ad una sonda che emette e riceve gli impulsi sonori. Occorre sottolineare che prima di procedere a misura occorre tarare lo strumento in funzione del materiale e della tipologia di misura. In particolare, al fine di ottenere un'accuratezza adeguata, lo strumento deve essere programmato con la velocità del suono all'interno del materiale. Per fare ciò si usano i blocchetti di taratura mostrati in figura 5. I blocchetti sono composti da più cilindri di altezza variabile e ben precisa, sono costituiti dallo stesso metallo su cui si devono effettuare le misure. A seguito della taratura si procede alla misura (figura 6), ovvero alla verifica che lo spessore residuo sia superiore alla soglia di tolleranza posta pari al 87.5% (=100 – 12.5%)



Figura 5. Blocchetti di taratura.



Figura 6. Svolgimento delle prove spessimetriche.

Infine le prove funzionali sono volte a verificare il corretto funzionamento dell'impianto e delle logiche di funzionamento dell'impianto con particolare riferimento alla parte di automazione.

## Conclusioni

Per poter competere con le altre tecnologie concorrenti, infatti, al settore Power to Gas è richiesto un aumento delle prestazioni che una riduzione dei costi di investimento iniziale. L'impianto sperimentale è infatti un utile banco di prova per testare apparecchiature, strumentazione e metodi di controllo per gli impianti dedicati alla produzione, alla compressione, allo stoccaggio ed all'utilizzo dell'idrogeno verde.

Tuttavia, progettare, realizzare e mettere in esercizio un impianto Power to Gas è un'attività estremamente complessa che richiede l'integrazione di numerose competenze diverse al fine di realizzare un impianto

certificato, dunque sicuro. Infatti, sebbene si tratti di un impianto sperimentale, le automazioni, i sistemi di controllo, di sicurezza e le accortezze impiegate sono quelle tipiche di impianti per l'Oil&Gas e dunque possono benissimo far parte di un background utile per lo sviluppo di impianti modulari e su larga scala. Il Power to Gas rappresenta infatti un'ottima opportunità per un settore che negli ultimi anni è stata caratterizzata da crisi.

### **Bibliografia**

- [1] Nigliaccio, G.; Branchetti, S.; Agostini, R.; Scaccabarozzi, R.; Magli, F; Gatti, M.; Bianchini, A.; Guzzini A.; Bianchi, F.; Gambarotta, A.; Morini, M.; Riboni, N.; Saragoni, L. 2020. E-CO<sub>2</sub>- Produzione ed utilizzo nei cicli industriali di combustibili sintetici da CO<sub>2</sub> ed energia elettrica rinnovabile. Atti Ecomondo, 3-6 novembre 2020
- [2] Götz, M.; Lefebvre, J.; Mörs, F.; McDaniel Koch, A.; Graf, F.; Bajohr, S.; Reimert, R.; Kolb, T. Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review. *Renew. Energy* 2016, 85, 1371–1390.
- [3] Buttler, A.; Spliethoff, H. Current status of water electrolysis for energy storage, grid balancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 82, 2440–2454
- [4] Sacconi, C.; Pellegrini, M.; Guzzini, A. 2020. Analysis of the Existing Barriers for the Market Development of Power to Hydrogen (P2H) in Italy. *Energies.* 13, 4835