

# Allegato A – Dettagli del progetto

## INTRODUZIONE

Il presente allegato intende fornire una chiave di lettura per l'interpretazione dei requisiti minimi inderogabili enumerati nell'avviso consultivo del mercato relativo all'acquisto di un'apparecchiatura prototipale per lo studio delle prestazioni di una nuova tipologia di reattore chimico strutturato, denominata Structured Reactor Pilot Plant (SRPP), nell'ambito del progetto di ricerca ERC "INTENT" (GA 694910) guidato dal Prof. Enrico Tronconi.

L'allegato A include una descrizione generale dell'apparecchiatura e del funzionamento previsto, nonché le caratteristiche geometriche e le dotazioni dei locali destinati ad ospitarla.

## 1. GENERALITÀ DEL PROGETTO ERC "INTENT" (GA 649410)

L'industria chimica è continuamente alla ricerca di miglioramenti volti alla massimizzazione dell'efficienza dei processi e all'ottimizzazione delle risorse disponibili. Tra i vari aspetti oggetto di studio, particolare attenzione viene dedicata a nuove possibili configurazioni dei reattori chimici, che rappresentano, in quanto sede della trasformazione delle materie prime in prodotti, il cuore di ogni processo.

In particolare, da decenni l'industria chimica si avvale di reattori a letto fisso impaccati con catalizzatori in pellet, che presentano però limitazioni sia nella rimozione che nell'approvvigionamento del calore, rendendo difficile mantenere una temperatura omogenea in tutto il reattore. Ciò causa un peggioramento delle prestazioni offerte dal catalizzatore rispetto a quelle registrate negli esperimenti di laboratorio.

Una possibile alternativa, oggetto di studio del progetto ERC "INTENT" (GA 694910), consiste nell'utilizzo di reattori strutturati ad elevata conducibilità (Figura 1), dove il catalizzatore è collocato all'interno di substrati strutturati di innovativa concezione, ovvero schiume a celle aperte fabbricate con materiali metallici altamente conduttivi.

Si tratta di materiali attualmente impiegati per le applicazioni più disparate, come ad esempio nel settore aerospaziale o per la fabbricazione di oggetti di design, ma il cui uso sarebbe assolutamente innovativo nell'ambito dell'ingegneria chimica.

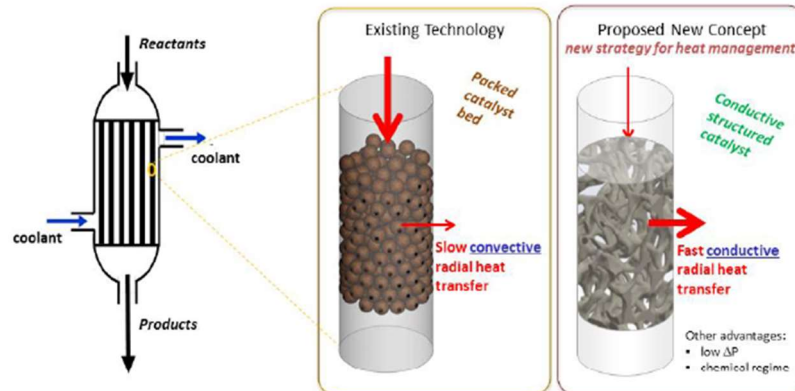


Figura 1 - Reattore tradizionale e reattore strutturato

Il progetto si articola in tre attività:

- Attività 1: Investigazione delle proprietà di trasporto delle nuove strutture conduttive, basata sull'interazione sinergica tra misure sperimentali di trasporto di calore e massa e tecniche di modellazione CFD avanzata.
- Attività 2: Sviluppo di nuove tipologie di catalizzatori strutturati con elevate proprietà di trasporto di energia, in accordo con quanto studiato durante l'attività 1.
- Attività 3: Studio delle prestazioni del reattore strutturato attraverso campagne sperimentali condotte ad una scala rappresentativa (scala pilota), usando catalizzatori strutturati prototipali ideati e sviluppati durante l'attività 2.

## 2. RAGIONI ALLA BASE DELL'ACQUISTO DELL'APPARECCHIATURA SRPP

Mentre le attività 1 e 2 possono sfruttare strutture già esistenti nei laboratori del Politecnico di Milano (edifici B 18, sede di Milano Campus Bovisa, via La Masa 34), l'attività 3 deve essere realizzata ad una scala maggiore, poichè le migliori performance di trasmissione del calore del nuovo reattore strutturato non possono essere dimostrate ed investigate ad una scala come quella di laboratorio, operando cioè a basse portate in reattori di piccole dimensioni.

Si rende quindi necessario allestire un'apparecchiatura, denominata Structured Reactor Pilot Plant.

### 3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'APPARECCHIATURA SRPP

L'apparecchiatura denominata Structured Reactor Pilot Plant (SRPP) consiste in un impianto chimico su scala pilota sede di un processo Fischer-Tropsch che dovrà operare, in presenza di un catalizzatore a base di cobalto, a pressioni maggiori di quella atmosferica ( $P \approx 25$  barg) e sarà alimentato con idrogeno ( $H_2 \approx 240$  NI/h) e monossido di carbonio ( $CO \approx 120$  NI/h) per produrre da essi acqua ( $H_2O \approx 100$  g/h) e una vasta gamma di idrocarburi da  $C_1$  a  $C_{50}$  ( $\approx 80$  g/h), oltre a piccole quantità di sottoprodotti.

L'apparecchiatura SRPP lavorerà 24h/24h, 7giorni/7giorni, per campagne. L'esecuzione di ciascuna campagna di prove richiederà diverse fasi operative.

#### 3.1. Funzionamento in marcia ( $T \approx 220$ °C, $P \approx 25 - 30$ barg, durata $\approx 60$ giorni)

Lo schema in Figura 2 rappresenta in via semplificata le diverse componenti e le connessioni che nel loro insieme andranno a costituire SRPP e individua le quattro zone in cui questo può essere idealmente suddiviso.

**Zona di alimentazione:** L'impianto è alimentato da 4 linee che trasportano reagenti ( $CO$ ,  $H_2$ ), inerti ( $N_2$ ), altri gas (miscele  $O_2/Ar$ ) provenienti da bombole/pacchi bombola. I limiti di batteria sono posizionati a monte dei regolatori di pressione, che dovranno invece essere inclusi nella fornitura. Durante la normale marcia dell'impianto il monossido di carbonio ( $CO$ ) viene purificato dai ferrocobaltili eventualmente presenti in un'apposita trappola (T1) prima di miscelarsi all'idrogeno ( $H_2$ ) e passare attraverso dei setacci molecolari (T2).

**Zona di reazione:** La corrente di  $CO$  e  $H_2$ , a circa 25 bar, viene preriscaldata (E1) e alimentata ad un reattore tubolare incamiciato (R1) dove, per mezzo di un apposito catalizzatore solido (non incluso nella fornitura), ha luogo la trasformazione dei reagenti in una miscela bifase di idrocarburi e acqua, oltre a piccole quantità di sottoprodotti. Durante la normale marcia dell'impianto, nella

camicia del reattore fluisce un mezzo refrigerante (olio diatermico) alimentato da una stazione di termoregolazione (E2).

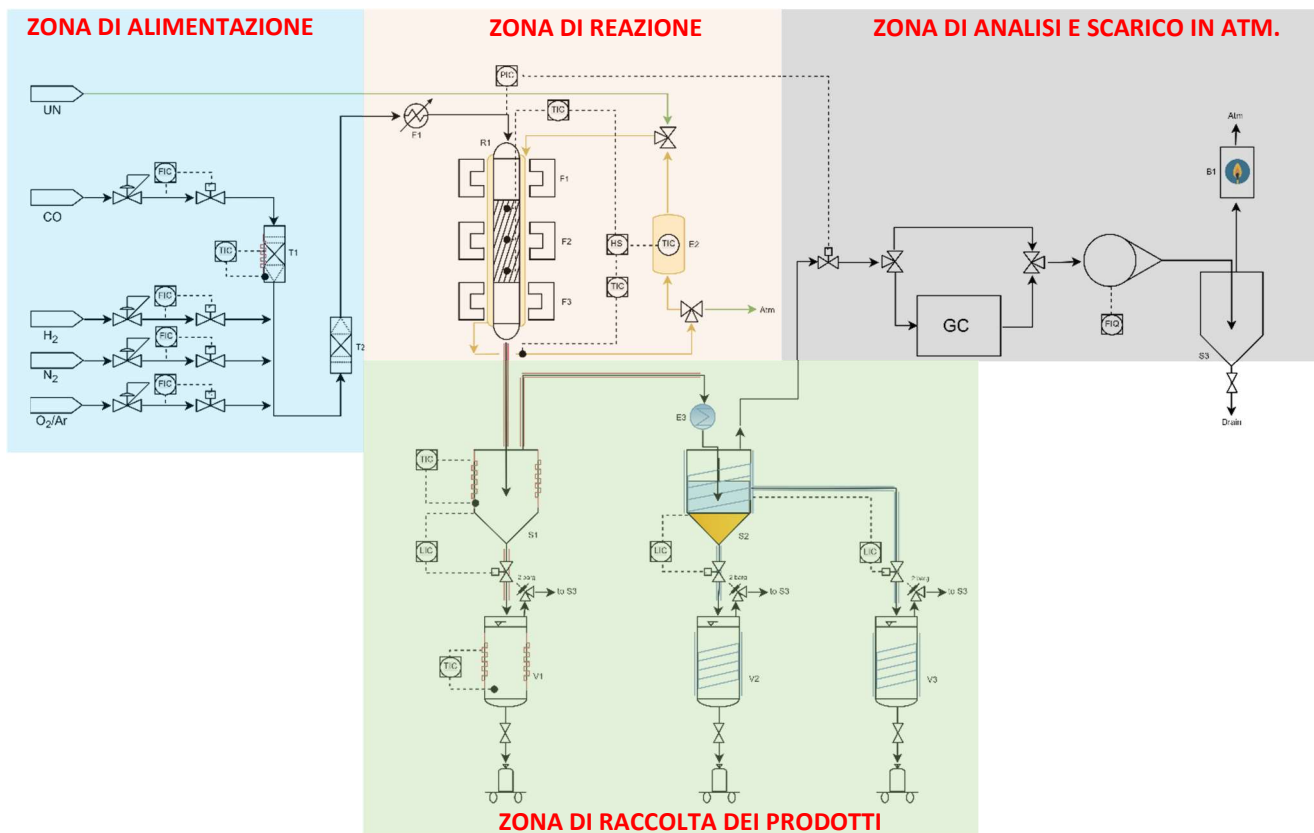


Figura 2 - Schema di marcia ipotizzato per SRPP

**Zona di raccolta dei prodotti:** La miscela bifase uscente dal reattore entra nella zona di raccolta dei prodotti, dove gli stessi vengono condensati facendo uso di un separatore LV "caldo" (S1) per le specie più pesanti in forma liquida (cere) e di uno LLV "freddo" (S2) per le specie leggere (acqua e idrocarburi leggeri). Le fasi liquide separate da S1 e S2 vengono trasferite a serbatoi di accumulo (V1, V2, V3). La necessità di avere due serbatoi di accumulo collegati al separatore S2 dipende dal fatto che in S2 smiscelano due fasi immiscibili. Tra S1 e S2 è interposto uno scambiatore di calore (E3) per raffreddare la corrente.

**Zona di analisi e scarico in atmosfera:** Dopo essere stata riportata a pressione ambiente, la corrente uscente viene analizzata in termini di composizione da un gas cromatografo online e in termini di portata da un misuratore/totalizzatore, venendo poi rilasciata in atmosfera. Qualora le norme lo prevedano, andrà previsto un sistema di abbattimento opportuno, ad esempio tramite combustore catalitico.

## 3.2. Altre procedure fondamentali per la gestione dell'impianto

### 3.2.1. Prova di tenuta ( $T_{amb}$ , $P \approx 40$ barg, durata $\approx 12$ ore):

Al fine di appurare che non vi siano perdite lungo l'apparecchiatura, ogni campagna sperimentale ha inizio con una prova di tenuta della durata minima di 12 ore. Nell'impianto viene fatto fluire azoto ( $N_2$ ) fino al raggiungimento di una pressione di circa 40 barg. L'impianto viene quindi parzializzato e l'andamento delle pressioni nelle successive 24 ore viene monitorato. La prova di tenuta viene considerata superata se la pressione di tutte le zone non diminuisce più di 1 bar.

### 3.2.2. Attivazione del catalizzatore ( $T \approx 400$ °C, $P \approx 0 - 5$ barg, durata $\approx 20$ ore)

Il catalizzatore, così come si presenta al termine della sua preparazione, non risulta attivo nella sintesi Fischer-Tropsch, ma richiede che il cobalto ossido ( $Co_3O_4$ ) sia ridotto a cobalto metallico ( $Co^0$ ), che costituisce la fase attiva nel processo. A tale scopo il catalizzatore viene riscaldato a 400°C ed esposto ad una corrente di  $H_2$  a pressione atmosferica per circa 20h. Per portare a 400°C il catalizzatore è impiegato un forno elettrico, costituito da una o più zone riscaldanti (ad esempio in Figura 2 ne sono mostrate tre). Per massimizzare il trasferimento di calore dal forno al catalizzatore, la camicia del reattore viene riempita di  $N_2$  stagnante.

### 3.2.3. Start up dell'impianto ( $T$ da 400 a 220°C, $P$ da 0 a 25 barg, durata $\approx 10$ ore)

La transizione dalla fase di attivazione a quella di reazione (marcia) viene effettuata in modo graduale, raffreddando il reattore da 400°C fino ad una temperatura inferiore a 200°C, sostituendo all' $H_2$  di riduzione la corrente di  $CO + H_2$ , pressurizzando lentamente l'impianto fino a 25 barg e infine riscaldandolo fino alla temperatura di marcia. A questo punto il forno (o i forni) viene spento, l' $N_2$  stagnante viene fatto uscire dalla camicia e inizia la circolazione dell'olio diatermico. In questo momento ha inizio la marcia.

### 3.2.4. Shut down dell'impianto ( $T$ da 230°C a $T_{amb}$ , $P$ da 25 a 0 barg, durata circa 50 – 60 ore)

Al termine della marcia si introduce una corrente di  $N_2$ , interrompendo subito dopo l'immissione di syngas. L'impianto viene quindi progressivamente

depressurizzato fino a  $P_{amb}$  e lasciato in queste condizioni per almeno 48 ore, al termine delle quali la temperatura del reattore viene abbassata fino a  $T_{amb}$ .

### 3.2.5. Trattamento finale del catalizzatore dopo lo spegnimento ( $T_{amb}$ , $P \approx 0 - 5$ barg)

La corrente di  $N_2$  viene progressivamente sostituita da  $O_2$  diluito in Ar. Il trattamento viene protratto per alcune ore, durante le quali la temperatura viene costantemente monitorata per individuare eventuali picchi esotermici. Lo scopo di questa procedura è ossidare il cobalto metallico a cobalto ossido in modo tale da garantire che il catalizzatore non sia piroforico una volta esposto all'aria.

## 4. LABORATORIO NEL QUALE ANDRÀ' INSTALLATO SRPP

Politecnico di Milano, Campus Bovisa Via La Masa 34, 20156 Milano, ITALY.

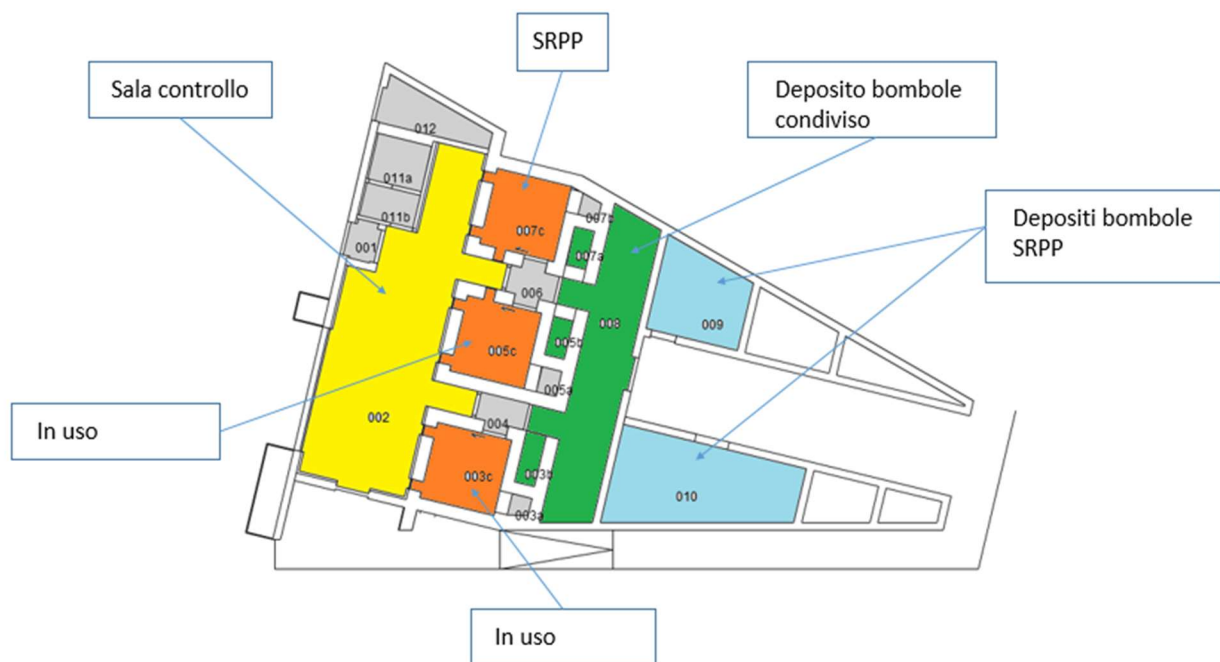


Figura 3 - Edificio B 18C e futura collocazione SRPP (locale 007c)

L'apparecchiatura sarà collocata all'interno dei laboratori di prove alte pressioni (edificio B 18C, Figura 3), in particolare nel locale 007c di misure (L x W x H) 3m x 3m x 4m, mentre il relativo sistema di acquisizione, controllo e monitoraggio sarà situato in sala controllo (002).

#### 4.1. Misure delle vie d'accesso

Le vie d'accesso alla locale 007c sono mostrate in figura 4.

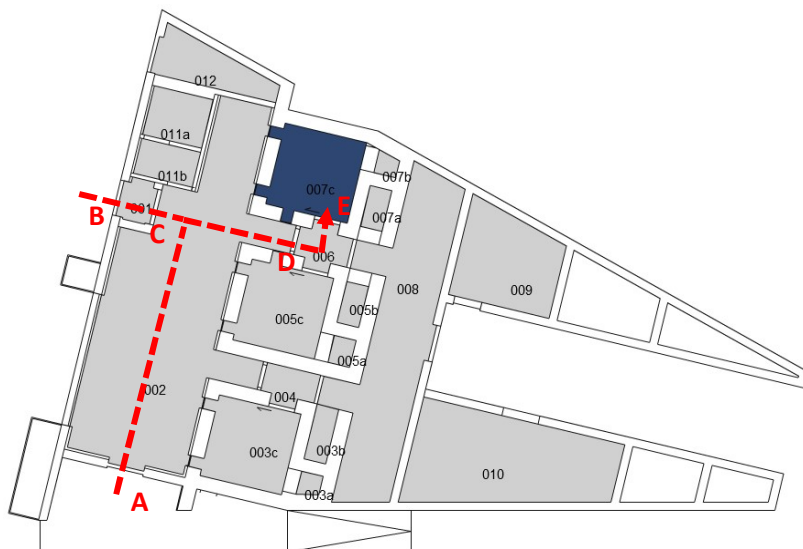


Figura 4 - Percorso di accesso alla cella

Di seguito vengono riportate le misure (W x H) delle porte che è necessario varcare per accedere al locale 007C:

- Porta A: 125 cm x 210 cm;
- Porta B: 125 cm x 210 cm;
- Porta C: 115 cm x 205 cm;
- Porta D: 70 cm x 210 cm;
- Porta E (serranda): 90 cm x 220 cm.

#### 4.2. Dotazione locale 007c

Il locale 007c dispone attualmente di:

- Serranda e pareti anti deflagrazione;
- Ricambio aria forzato, garantito da estrattori indipendenti (ovvero non condivisi con altri laboratori) con portata pari a 720 m<sup>3</sup>/h d'aria ciascuno posti sul tetto dell'edificio;
- Sistema di aspirazione localizzata;
- Sensori gas (CO, infiammabili) e fumi e relativi allarmi locali;
- Alimentazione elettrica:
  - Due prese elettriche industriali 3P+G 380-415 Vac/50Hz;

- Quattro prese elettriche industriali 2P+G 200-250Vac/50Hz;
- Potenza disponibile  $\approx 15$  kW;
- Prese Ethernet per la trasmissione dei dati sulla rete LAN dell'edificio B18C.

#### 4.3. Alimentazione ai limiti di batteria

- Alimentazione principale (@P  $\approx 200$  barg, T = T<sub>amb</sub>): CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Ar/O<sub>2</sub>;
- Gas ausiliari (@P  $\approx 6$  barg, T = T<sub>amb</sub>): Aria strumenti, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He.