



Ricerca di Sistema elettrico

## Messa a punto impianto Solteca3

R. Liberatore, A. Miliozzi, D. Nicolini, G. Napoli, G. Giorgi

## MESSA A PUNTO IMPIANTO SOLTECA3

R. Liberatore, A. Miliozzi, D. Nicolini, G. Napoli, G. Giorgi

Aprile 2021

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo: Tecnologie

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

Pacco di lavoro: 2 Accumulo termico

Linea di Attività: LA2.4 Sviluppo e caratterizzazione di materiali con proprietà termiche incrementate per accumulo termico in calcestruzzo

Responsabile del Progetto: Giulia Monteleone, ENEA

Responsabile del Pacco di Lavoro: Raffaele Liberatore, ENEA

### RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare va agli ingg. Giuseppe Mauro Giannuzzi e Domenico Mazzei, che hanno ispirato l'intera attività, ne hanno portato avanti gran parte di essa nelle fasi precedenti e sono stati fondamentali per tutti i consigli profusi e che continuano a fornire, per il buon esito del presente lavoro.

## Indice

|  |    |
|--|----|
| SOMMARIO.....  | 4  |
| 1 INTRODUZIONE.....                                      | 5  |
| 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....     | 5  |
| 2.1 MISURATORE DI PORTATA.....                           | 5  |
| 2.2 SCAMBIATORE OLIO E-102.....                          | 8  |
| 2.3 COIBENTAZIONE.....                                   | 9  |
| 2.4 SOSTITUZIONE SERBATOIO DI ACCUMULO OLIO TERMICO..... | 12 |
| 3 CONCLUSIONI.....                                       | 16 |
| 4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....                         | 16 |

## Sommario

Nel presente report sono descritte le attività di messa a punto dell'impianto Solteca3, necessario alla movimentazione, riscaldamento e raffreddamento di un olio termico da inviare in moduli di accumulo termico per simulare le fasi di carica e scarica, con una potenza massima di 21 kWth.

Tale messa a punto si è rivelata necessaria in vista delle prove sperimentali per la caratterizzazione di elementi di accumulo termico compatti in calcestruzzo con proprietà termiche incrementate (LA2.12) e di un prototipo ottimizzato che usa materiali a cambiamento di fase (LA2.15).

Queste attività hanno riguardato:

- la sostituzione del misuratore di portata con uno con maggiore precisione (errore da 1.6% a 0.1%), che si avvale dell'effetto Coriolis ed ha il vantaggio di essere indipendente dalle caratteristiche del fluido di processo liquido;
- la sostituzione dello scambiatore olio/acqua per il raffreddamento del fluido di processo, per simulare le condizioni di scarica dell'accumulo termico, con un dispositivo di raffreddamento olio/aria, in modo da poter meglio modulare gli scambi termici, poiché quello olio/acqua non era regolabile a portate troppo basse a causa della possibile evaporazione dell'acqua nei tubi e conseguente aumento di pressione, a basse portate;
- la coibentazione di alcune parti dell'impianto per limitare le perdite termiche. Queste hanno interessato in particolare la pompa di circolazione e il tratto di collegamento verso e dal modulo di accumulo;
- la sostituzione della pompa a trascinamento magnetico, che perdeva olio con una nuova di caratteristiche identiche;
- la sostituzione del serbatoio di accumulo dell'olio termico, che si era danneggiato. In questo caso il serbatoio è stato realizzato in acciaio inossidabile (AISI 304), invece che acciaio al carbonio come quello preesistente.

## 1 Introduzione

Il presente studio è parte integrante del lavoro previsto nell'ambito della Linea di Attività LA2.4, relativa allo "Sviluppo e caratterizzazione di materiali con proprietà termiche incrementate per accumulo termico in calcestruzzo". Tale attività rientra nel WP2 "Accumulo termico" del Progetto "Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti", afferenti al PAR2020 dell'Accordo di Programma ENEA-MISE 2019-2021.

In una prima fase di questa attività, documentata in [1], sono state effettuate prove di caratterizzazione termica di elementi in calcestruzzo (200x200x3000 mm) con miscela "base" in un range di temperature da 220 a 280 °C avvalendosi dell'impianto sviluppato da ENEA, detto Solteca3 in grado di movimentare olio termico fino a 1500 kg/h e riscaldarlo e/o raffreddarlo con una potenza fino a 21 kW<sub>th</sub>. Tale impianto era stato realizzato con fondi provenienti da precedenti progetti (PTR2012-14 e STAGE-STE).

L'impianto è anche stato utilizzato per la caratterizzazione termica di un prototipo LHTES modulare con l'utilizzo dell'impianto in questione [2]

Dalle prove effettuate ci si è resi conto che fossero auspicabili alcuni aggiornamenti per i seguenti motivi:

- Precisione del flussimetro: al posto del rotometro Yokogawa modello RAMC, Metal short stroke, si è quindi preferito installare un rotometro con tecnologia Coriolis, già posseduto da ENEA;
- Procedura di raffreddamento eseguita con circuito ad acqua che andava a raffreddare l'olio in uno scambiatore e successivo raffreddamento dell'acqua con un air-cooler. Tale procedura produceva eccessiva rimozione del calore e, per ovviare a questo problema, si doveva ridurre la portata di acqua, che tuttavia rischiava di produrre l'evaporazione della stessa con sovrappressioni all'interno del circuito. Si è quindi proceduto all'installazione di un raffreddamento diretto aria/olio.
- Eccessive perdite di calore nell'impianto Solteca3 dovuti a punti freddi localizzati, che disperdevano un elevato quantitativo del calore prodotto dal riscaldatore di tale apparecchiatura. Si è quindi proceduto alla coibentazione delle parti più esposte.
- Pompa a trascinamento magnetico. Le numerose prove effettuate la hanno danneggiata, soprattutto per alcune perdite dell'olio di raffreddamento della pompa stessa, per cui erano necessari continui rabbocchi per evitare che lavorasse a "secco" e si rompesse completamente. Si è proceduto alla sostituzione di tale pompa con una identica, mentre l'altra è stata mandata in manutenzione per la sostituzione di alcune parti in modo da averne due e poter assicurare la continuità delle prove anche in caso della momentanea indisponibilità di una di esse.
- Recipiente di accumulo dell'olio diatermico da 50 L realizzato in acciaio al carbonio. Le numerose prove effettuate e, soprattutto, una perdita accidentale avvenuta nello scambiatore acqua/olio, che ha veicolato vapore nell'olio, lo hanno danneggiato, per cui si è resa necessaria la sua sostituzione con un recipiente in acciaio inossidabile AISI304.

Nei paragrafi successivi sono descritte in dettaglio le attività svolte

## 2 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 2.1 Misuratore di portata

Originariamente nell'impianto era installato un rotometro della Yokogawa modello RAMC, Metal short stroke, Figura 2-1, ottimo strumento ma che presenta un errore dell'1.6%. Poiché la misura della portata è importante nel determinare la potenza termica trasferita al/dal modulo nelle varie fasi (caricamento e scaricamento) e quindi la relativa energia termica, si è deciso di sostituire lo strumento con uno di maggiore accuratezza, il Rotamass TI Coriolis Mass flow meter, Figura 2-2.

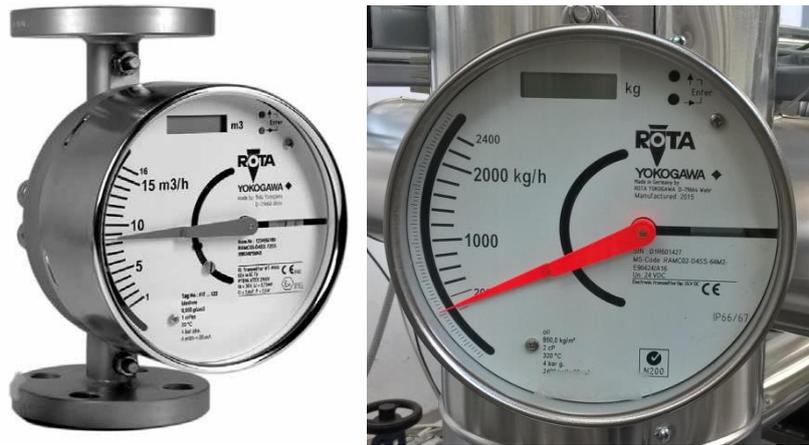


Figura 2-1: Misuratore di portata precedentemente installato.

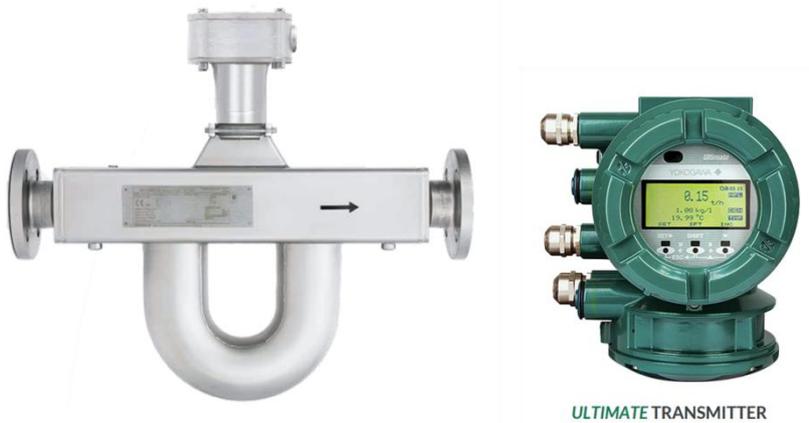


Figura 2-2: Misuratore di portata Rotamass con trasmettitore

Questo strumento può operare fino a 350°C con un range massimo di portata di 4350 kg/h (nell'impianto SOLTECA3 la portata massima è di 1500 kg/h), ed ha il vantaggio di essere indipendente dalle caratteristiche del fluido di processo (calcola la densità del fluido), l'errore della misura della portata in massa è pari allo 0.1%, mentre quella nella determinazione della densità è di 3 kg/m<sup>3</sup>.

Per installare lo strumento è stato necessario togliere la coibentazione nel tratto di tubazione interessato e smontare il vecchio strumento (Figura 2-3).



**Figura 2-3: Smontaggio vecchio misuratore di portata.**

Poiché il nuovo strumento è più lungo del vecchio, è stato necessario realizzare un nuovo tronchetto con le relative flange. Il nuovo misuratore inoltre è stato alloggiato all'interno di un box in alluminio adeguatamente coibentato.



**Figura 2-4: Montaggio nuovo misuratore di portata.**

E' stato necessario apportare delle modifiche anche al quadro di controllo. Il vecchio strumento infatti funzionava a 24 V e l'alimentazione era presa direttamente dal regolatore FIC-101, il nuovo funziona invece a 220 V e quindi si è prelevata la tensione dagli interruttori generali del quadro, inserendo un nuovo interruttore (evidenziato in Figura 2-5), per isolare lo strumento in caso di manutenzione. E' stato inoltre necessario modificare il collegamento del segnale 4-20 mA del trasmettitore, spostando il segnale 0414 dalla porta 36 del regolatore alla porta 11 mentre il segnale 0412 è rimasto connesso alla porta 12.

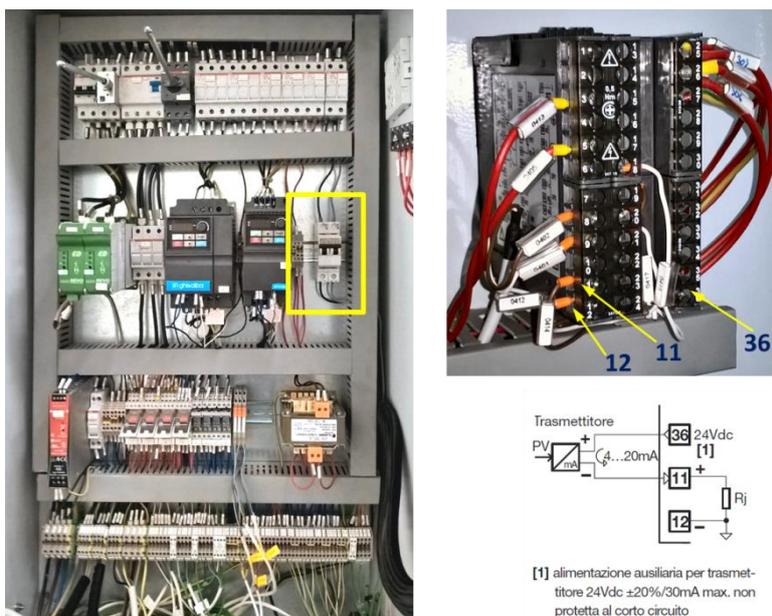


Figura 2-5: Cablaggio nuovo misuratore di portata.

## 2.2 Scambiatore olio E-102

Come descritto in precedenza è stato necessario eliminare l'acqua dal circuito secondario dello scambiatore E-102 e quindi l'olio nel fascio tubiero scambia con l'aria della cassa dello scambiatore E-102 disperdendo poi il calore con l'ambiente attraverso la superficie esterna. Per rendere più efficiente il sistema e controllare i tempi di raffreddamento si è deciso di rendere forzata la circolazione dell'aria all'interno della cassa dello scambiatore utilizzando l'aria compressa della rete del centro. E' stata quindi inserita un'elettrovalvola collegata alla flangia di uscita dell'acqua dello scambiatore, Figura 2-6. L'apertura della valvola avviene tramite un relè comandato dal segnale di temperatura dell'olio in uscita dallo scambiatore, TT-102. Se questa è superiore al valore di set-point, la valvola si apre, l'aria compressa passa lato cassa dello scambiatore lambendo i tubi dell'olio aumentando l'efficacia dello scambio termico.

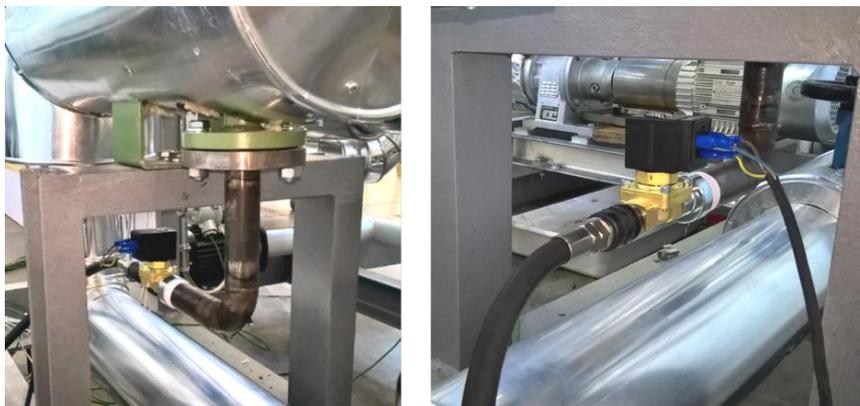
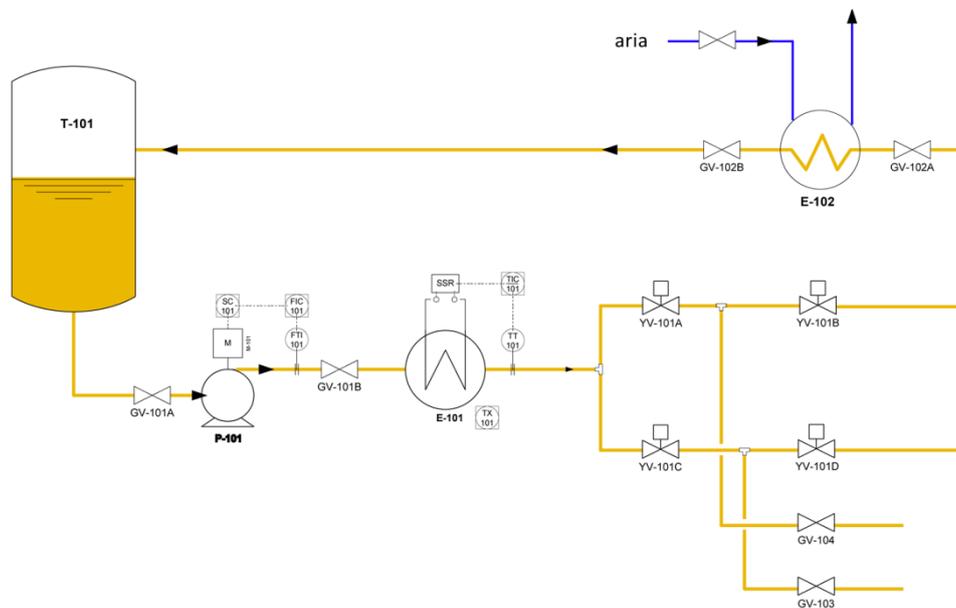


Figura 2-6: E-102: circuito aria compressa.

Il nuovo schema dell'impianto è quindi riportato in Figura 2-7.



**Figura 2-7: Nuovo schema funzionale circuito SOLTECA3.**

### 2.3 Coibentazione

Le altre modifiche hanno riguardato la coibentazione di alcune parti dell'impianto per limitare le perdite termiche. Queste hanno interessato in particolare la pompa di circolazione e il tratto di collegamento verso e dal modulo di accumulo.

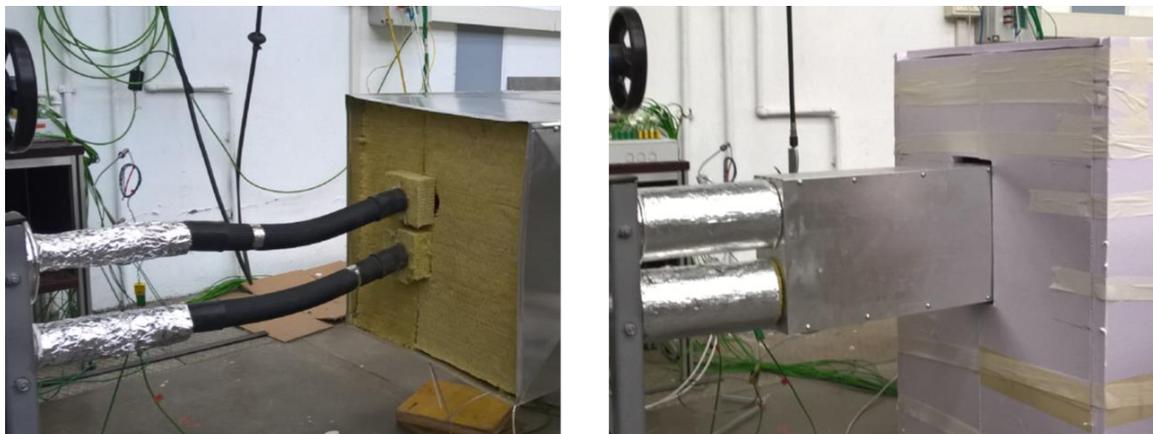
Per quanto riguarda la pompa di circolazione, a trascinamento magnetico, il corpo della girante, Figura 2-8, non era coibentato con conseguente raffreddamento dell'olio. Per ridurre le dispersioni termiche è stata quindi rivestita utilizzando un foglio di pyrogel da 15 mm.



**Figura 2-8: Coibentazione girante pompa di circolazione.**

In questo modo è stato possibile contenere l'abbassamento della temperatura della girante: con olio nel serbatoio a 240°C la temperatura del corpo della girante risulta di 195°C con un incremento di circa 50°C rispetto alla situazione precedente.

Altra parte dell'impianto interessata dalla coibentazione è stata il tratto di collegamento dall'impianto verso il modulo e di ritorno dal modulo stesso. In questo tratto ci sono due flessibili che hanno una coibentazione interna ma che si è rivelata insufficiente, inoltre anche i due tratti di tubazione erano scarsamente coibentati, Figura 2-9.



**Figura 2-9: Coibentazione flessibili.**

E' stata notevolmente migliorata la coibentazione dei due tratti di tubo utilizzando coppelle rigide in lana di rocca, mentre per i flessibili è stato realizzato un box in alluminio rivestito internamente in pyrogel. Come si vede, anche il modulo di accumulo è stato rivestito con pannelli di polietilene da 3 cm (comunemente utilizzati in edilizia), con l'obiettivo di eliminare disturbi esterni. Infatti l'impianto è alloggiato all'interno di una hall/officina e le condizioni interne possono influenzare il comportamento termico del modulo come è stato evidenziato nelle test preliminari. Nei due tratti di tubazione sono presenti due pozzetti contenenti due termocoppie di tipo K da 3 mm per la misura diretta della temperatura del fluido. Dalle prove effettuate è risultato che l'asta della termocoppia agiva da aletta, raffreddando il pozzetto e quindi influenzando la temperatura del fluido. E' stato quindi coibentato lo stelo della termocoppia eliminando questo effetto (Figura 2-10).



**Figura 2-10: Coibentazione stelo termocoppia. Sostituzione pompa a trascinamento magnetico**

La pompa precedentemente installata era una GreenPumps a trascinamento magnetico con turbina tipo GPTA 40 ss316 vers. bf- pz 1 5.066,00 10,00 30/05/20 versione con cassa olio per alte temperature- con flange din 1" pn 16 - albero in carburo di silicio - boccole in carburo di silicio - reggispinta in grafite sinterizzata pcarbon - o-rings teflon fep giunto magnetico ht per alte temperature - design pompa 320°C - giunto magnetico ht in cobalto samario. Ha un motore da 3kW - 400/3/50 ip55 gr.100 b3 - 2900 pz 1 1.350,00 5,00 30/03/20 rpm atex zona 1 adatto con inverter.

Questa pompa consentiva una portata da 0 a 1500 kg/h con perdite di carico fino a 4 bar.

Si sono tuttavia riscontrati, dopo l'effettuazione delle numerose prove, problemi di usura ed in particolare perdite di olio motore (Figura 2-11), che ne hanno consigliato la sostituzione con una identica (



Figura 2-12), poiché necessitava di presenza continua di personale che rimboccasse tali perdite. La pompa danneggiata è stata comunque portata in manutenzione per le seguenti sostituzioni:

- cuscinetti a sfera
- bearing frame lip seals
- bearing frame cover gasket.

In tal modo, l'opportunità di avere due pompe identiche assicurerà il normale svolgimento delle prove sperimentali anche in caso di rottura di una di esse, che, visti i lunghi tempi richiesti per la riparazione, pregiudicherebbe lo svolgimento dei test nei tempi previsti dalle linee di attività del WP2.



Figura 2-11: particolari che mostrano la perdita di olio riscontrato nel pompa GPTA40, usata per i test del 2019.

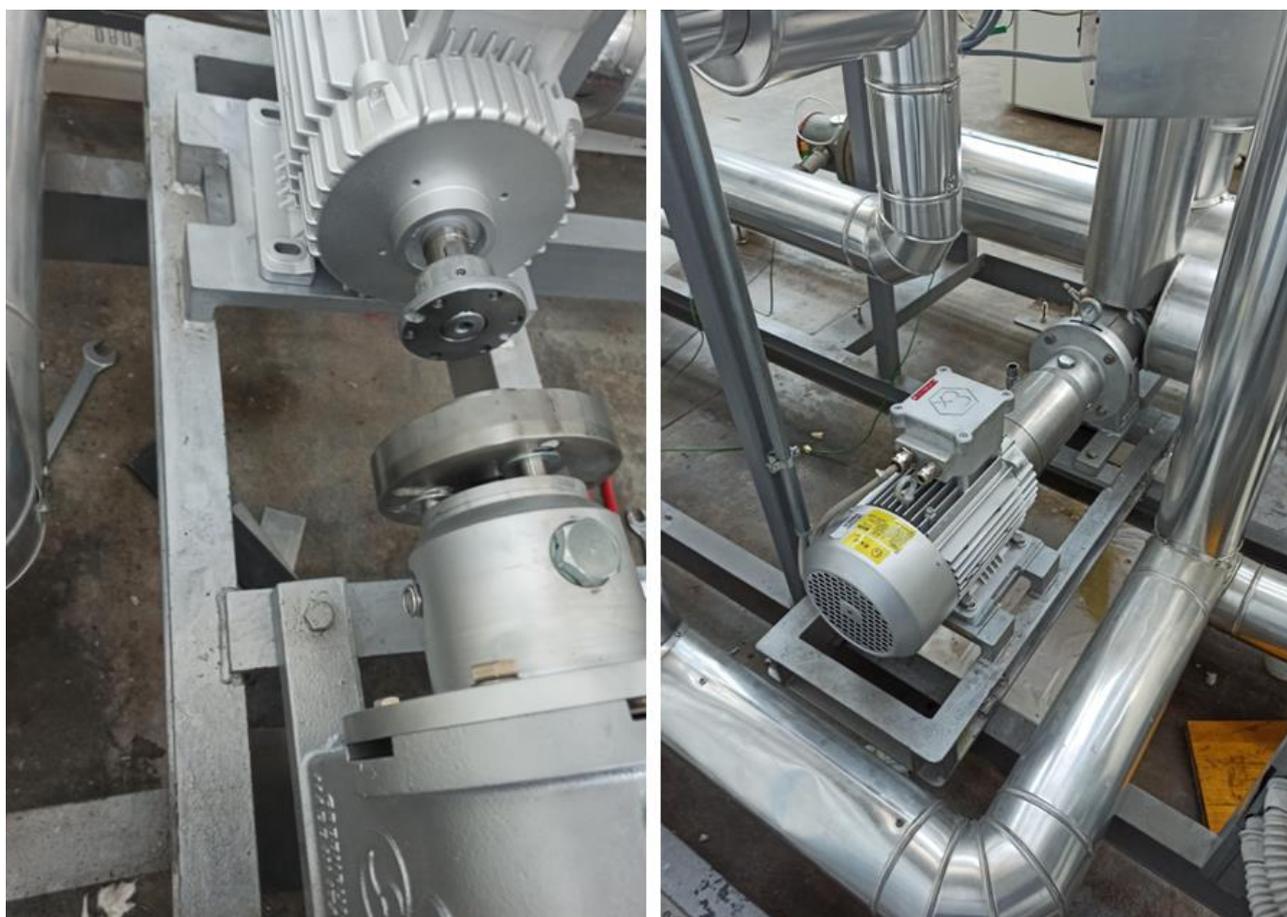


Figura 2-12: particolari che mostrano l'installazione della nuova pompa nell'impianto Solteca3.

#### 2.4 Sostituzione serbatoio di accumulo olio termico

Il serbatoio da 50 L, precedentemente installato in Solteca3 era costruito in acciaio al Carbonio, che in linea teorica era adatto alle caratteristiche e temperature dell'olio termico che doveva contenere. Tale serbatoio è necessario per l'accumulo dell'olio e funge da buffer per avere un vettore termico alla temperatura

desiderata (di carico o di scarico) da immettere, tal quale, negli elementi di accumulo, sospinto dalla pompa precedentemente descritta.

Una rottura dello scambiatore acqua/olio del circuito di raffreddamento, per quanto molto piccola, ha provocato l'immissione di vapore di acqua nell'olio che ha provocato il danneggiamento delle pareti interne del serbatoio stesso (Figura 2-14).

E' stato così sostituito detto serbatoio con uno di identiche dimensioni, ma in acciaio inossidabile (AISI 304). Al nuovo serbatoio sono stati re-istallati i controlli di livello, la termocoppia e la valvola di sicurezza (nuovamente certificata) del precedente.

In Figura 2-13 è mostrato l'impianto Solteca3 durante la fase di smontaggio del serbatoio, mentre in Figura 2-15 sono riportate alcune fasi della costruzione del nuovo serbatoio.



**Figura 2-13: particolari che mostrano lo smontaggio del serbatoio precedentemente installato su Solteca3.**



Figura 2-14: particolari che mostrano l'interno del vecchio serbatoio, chiaramente danneggiato.



Figura 2-15: alcune fasi della costruzione del nuovo serbatoio.

### 3 Conclusioni

Nel presente report sono state descritte le attività di messa a punto dell'impianto Solteca3, in vista delle prove sperimentali per la caratterizzazione di elementi di accumulo termico compatti in calcestruzzo con proprietà termiche incrementate (LA2.12) e di un prototipo ottimizzato che usa materiali a cambiamento di fase (LA2.15).

Queste attività hanno riguardato la sostituzione del misuratore di portata con uno più preciso (errore da 1.6% a 0.1%) e che si avvale dell'effetto Coriolis; la sostituzione dello scambiatore olio/acqua per il raffreddamento del fluido di processo, per simulare le condizioni di scarica dell'accumulo termico, con un dispositivo di raffreddamento olio/aria, in modo da poter meglio modulare gli scambi termici anche quando sono richieste piccole quantità di calore da rimuovere; la coibentazione di alcune parti dell'impianto per limitare le perdite termiche; la sostituzione della pompa a trascinamento magnetico, che perdeva olio con una nuova di caratteristiche identiche; la sostituzione del serbatoio di accumulo dell'olio termico, che si era danneggiato. In questo caso il serbatoio è stato realizzato in acciaio inossidabile (AISI 304), invece che acciaio al carbonio come quello preesistente.

### 4 Riferimenti bibliografici

- 1 D. Mazzei, G. Giorgi, R. Liberatore, G. Napoli, A. Miliozzi. Caratterizzazione termica di un elemento di accumulo termico realizzato con calcestruzzo base a temperature medio-alte a seguito di un ripetuto carico ciclico. Report RdS/PAR2019/118
- 2 A. Miliozzi, R. Liberatore, G. Giorgi, G. Napoli, D. Nicolini. Caratterizzazione termica di un prototipo LHTES modulare con l'utilizzo dell'impianto sperimentale Solteca3. Analisi ed interpretazione dei dati sperimentali". Report RdS/PTR2019/122