
RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE

CLIENTE (CUSTOMER): **Verallia Italia Spa**
Via del Lavoro 1 – 36045 Lonigo (VI)

DATA (DATE): **16/09/2022**

COMMESSA (JOB ORDER.): **PU2219**

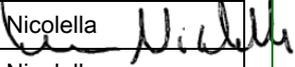
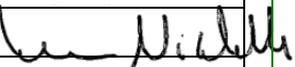
FILE: **PU2219_Rel01_Rev01.doc**

CONSEGNATO A (DISTRIBUTED TO): **Dott.ssa Eleonora Viale**
Ing. Serena Derossi

Consorzio Polo Tecnologico Magona

Via Magona – 57023 Cecina (LI) Tel: +39 0586 632142 Fax: +39 0586 635445
Website: www.polomagona.it Email: info@polomagona.it PEC (Certified email): polomagona@pec.it
P. IVA (VAT no.): 01228620496 REA Livorno: 110915 Fondo consortile: € 240.250

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

<i>Rev</i>	<i>Data</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Redatto</i>	<i>Verificato</i>	<i>Approvato</i>
00	01/09/22	Prima Emissione	VERALLIA/CPTM	Vanni, Nicolella	Nicolella 
01	16/09/22	Integrazione	VERALLIA/CPTM	Vanni, Nicolella	Nicolella
02					
03					
04					

INDICE

1	SCOPO	3
2	FILTRO ELETTROSTATICO	4
2.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTROFILTRO	4
2.2	FUNZIONAMENTO DELL'ELETTROFILTRO	6
2.3	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'ELETTROFILTRO	6
2.4	CONSIDERAZIONI TECNICHE	7
2.5	CONSIDERAZIONI ECONOMICHE	8
3	FILTRO A CANDELE CERAMICHE	9
3.1	DESCRIZIONE CARATTERISTICHE IMPIANTO	9
3.2	CONSIDERAZIONI TECNICHE	11
3.3	CONSIDERAZIONI ECONOMICHE	12
4	FILTRO A MANICHE	13
4.1	DESCRIZIONE CARATTERISTICHE IMPIANTO	13
4.2	CONSIDERAZIONI TECNICHE	15
4.3	CONSIDERAZIONI ECONOMICHE	16
5	CONFRONTO TECNOLOGIE DI RIDONDANZA	17
6	CONCLUSIONI	19

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

1 SCOPO

Scopo della presente relazione è di approfondire i risvolti tecnici e economici delle diverse tecnologie disponibili come secondo impianto di trattamento, per gestire le situazioni di bypass dell'ESP Lurgi. La presente relazione è integrativa alla relazione, predisposta da Area Impianti, "Analisi delle Performance dell'elettrofiltro (ESP) Lurgi", che contempla le analisi di opportunità di installazioni in ridondanza per gestione scenari di by-pass.

Come già riportato in altra documentazione infatti, per garantire la continuità del trattamento fumi e la sua efficienza nel tempo è necessario provvedere periodicamente ad una manutenzione ordinaria e pulizia degli elettrodi del filtro e al loro posizionamento. Inoltre, è necessario tutelare l'impianto nel caso in cui certe condizioni di temperatura e funzionamento non siano rispettate, al fine di evitare danni che compromettano nel tempo la struttura dell'impianto.

L'operazione di pulizia dell'elettrofiltro e l'allineamento dei campi, così come la verifica dei sistemi di scuotimento richiedono l'ingresso di personale all'interno dell'impianto, che, essendo uno spazio confinato, richiede personale adeguatamente formato e condizioni di temperatura e ossigeno tali da poter svolgere l'attività in sicurezza.

Verallia ha identificato con frequenza su base circa annuale la manutenzione con ESP fermo.

La durata dell'operazione va da un minimo di 5gg a un massimo di 10gg a seconda dello stato e comprendente i tempi di raffreddamento, svolgimento dell'attività e rimessa in servizio, il tutto in condizioni di sicurezza per le persone e l'impianto.

Premesso che Verallia si impegna a mettere in campo ogni contromisura possibile per limitare le fermate per guasto, esiste comunque il rischio di tali eventi in quanto l'impianto lavora H24/G365.

Come già indicato in diverse trattazioni, per le sue caratteristiche il processo di fusione non può essere interrotto in quanto un'interruzione prolungata della combustione comporterebbe principalmente due problemi:

- Congelamento del bagno di vetro con impossibilità poi di rifonderlo o demolirlo.
- Contrazione termica dei refrattari che essendo installati a secco e avendo diversi coefficienti di dilatazione farebbero collassare la struttura se non gestiti in modo controllato.

La fermata di un forno in condizioni di sicurezza comporta:

- **Lo svuotamento del forno dal vetro fuso:** operazione complessa che comporta l'intervento di personale altamente specializzato di ditte esterne per la foratura del forno e la gestione del vetro fuso.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

- **Il raffreddamento controllato** da 1600°C a temperatura ambiente con una durata di circa 7 giorni e che necessita di attrezzature particolari per la gestione della curva di temperatura.
- **Il preriscaldamento del forno** della durata di circa 10-12gg
- **Il riempimento del forno** della durata di circa 4-6 giorni.

Vista l'impossibilità di fermare il forno durante il bypass, Verallia ha predisposto una procedura di riduzione del cavato che verrà applicata sia nelle manutenzioni ordinarie che nelle manutenzioni straordinarie o guasti.

Verallia ha preso inoltre in esame l'analisi di opportunità di installazioni di ridondanza per gestione scenari di bypass.

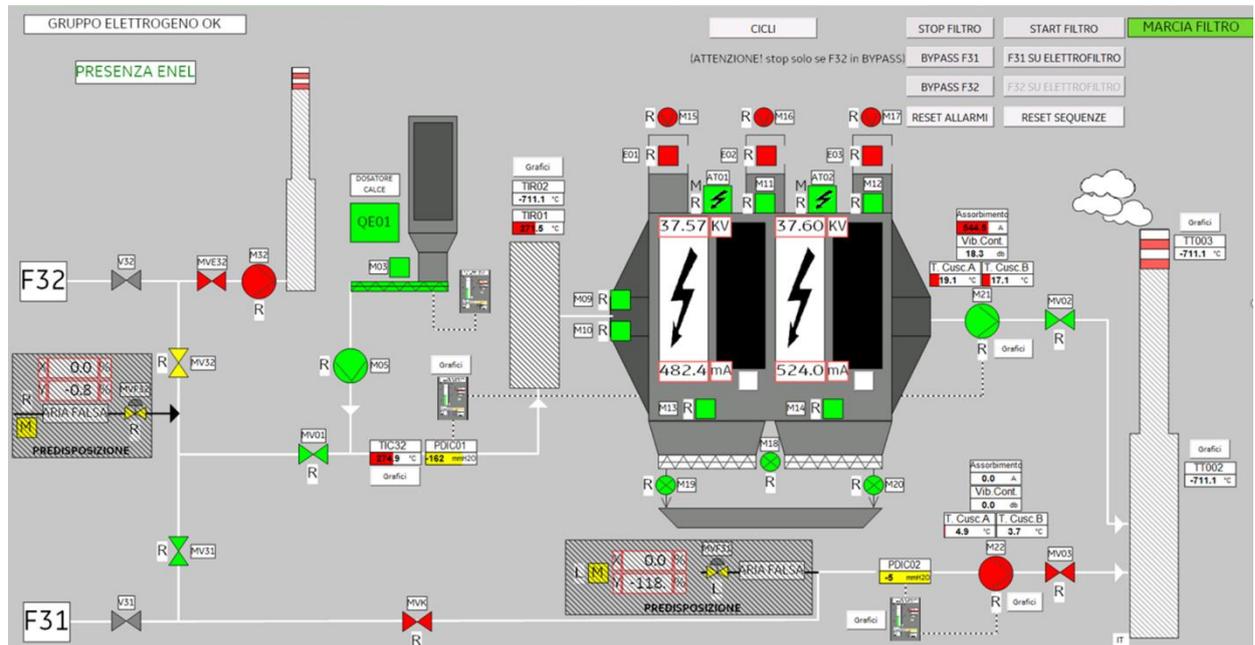
Si riportano in questa relazione gli aspetti tecnici ed economici di dettaglio presi in esame nella valutazione.

2 FILTRO ELETTROSTATICO

2.1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTROFILTRO

I fumi dei forni fusori sono convogliati all'interno dell'impianto di assorbimento, depurazione ed emissione costituiti da:

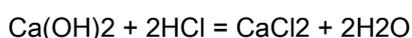
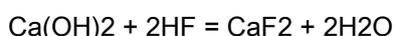
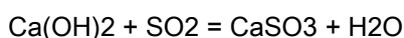
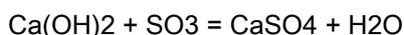
- Torre di contatto (o reattore a secco)
- Elettrofiltro
- Camino

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

Figura 1 Sinottico di processo elettrofiltro

Nel condotto fumi prima della torre di contatto viene introdotta la calce a mezzo di un impianto di dosaggio, costituito da:

- Silo in acciaio per lo stoccaggio del reagente
- Sistema pneumatico di fluidificazione del reagente per impedire la formazione di agglomerati o ponti all'interno del silo
- Sistema di segnalazione riempimento silo
- Sistema di dosaggio composto di coclea, rotocella, serbatoio intermedio
- Tubazione e ventilatore per il trasporto del reagente fino al condotto fumi

I fumi uniti alla calce entrano nella torre di contatto. All'interno della torre vi è una gola che obbliga il flusso di gas e reagente ad acquistare velocità e successivamente ad espandersi in una più ampia camera il cui sbocco superiore è collegato all'elettrofiltro. Nella torre di contatto si completano le reazioni:



TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

Trattandosi di un processo a secco in fase mista solido-gas l'efficienza della reazione può essere influenzata da parametri come la granulometria della calce, la miscelazione delle fasi e la temperatura.

2.2 FUNZIONAMENTO DELL'ELETTROFILTRO

L'elettrofiltro è costituito da due campi elettrostatici che vengono attraversati dai fumi in senso orizzontale, l'involucro è costruito in lamiera di acciaio ricoperta di isolamento termico. Ogni campo è costituito da sistema emittente e piastre di captazione. Per asportare le polveri depositate sulle piastre di captazione, sugli elettrodi emittenti e sui dispositivi di distribuzione gas all'ingresso del filtro questi elementi sono sottoposti a percussione motorizzata. La polvere generata e captata (attualmente circa $35 \pm 10\text{Kg/h}$) si raccoglie nella tramoggia disposta sotto il filtro e da qui viene continuamente scaricata mediante una coclea su di un propulsore per caricare 2 silo. Queste polveri, costituite dai prodotti di reazione riportati sopra, calce non reagita ed altri prodotti del processo di fusione, sono riutilizzate come componente della miscela vetrificabile.

Per produrre la necessaria corrente continua ad alta tensione è stato previsto per ciascun campo elettrico un convertitore di tensione A.T. costituito da un trasformatore, un raddrizzatore a semiconduttori immersi in dielettrico ed un sistema di regolazione. L'impianto di alta tensione è gestito con un sistema a microprocessori Coromatic situato in cabina elettrica. Le tensioni e le correnti in gioco sono dell'ordine dei 30-40kV e dei 200-700mA. La perdita di pressione dei fumi durante l'attraversamento dell'elettrofiltro viene compensata da un ventilatore, che convoglia i fumi depurati al camino E3.

2.3 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'ELETTROFILTRO

L'elettrofiltro attualmente installato nello stabilimento di Lonigo ha le seguenti caratteristiche:

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

Dato	U.M.	
Modello		12/10/2x12/400
Campi	#	2
Superficie di captazione proiettata	m ²	2765 *
Superficie di captazione sviluppata	m ²	3697
T/R	#	1 x trifase + 1 x monofase
Tramogge di raccolta	#	2
Canali	#	12
Larghezza canali	mm	400
Altezza piastre	m	10
Lunghezza attiva totale	m	5,76 x 2 = 11,52
Larghezza attiva totale	m	4,8
Lunghezza netta piastra captante	mm	480

Temperature, tensioni, correnti nei condotti e nell'elettrofiltro sono in acquisizione continua dal sistema di supervisione.

2.4 CONSIDERAZIONI TECNICHE

L'elettrofiltro è un sistema molto robusto che non richiede particolare manutenzione oltre alla fermata annuale di pulizia, controllo e sostituzione parti meccaniche usurate e degradate ma molto ingombrante e costoso a causa delle alte tensioni in gioco, consumi energetici e sicurezze necessarie.

Il sistema in fase di spegnimento richiede circa 24h di raffreddamento durante il quale i campi vengono isolati dai trasformatori, dalle tensioni in arrivo e messi a terra (operazioni delicate che devono essere eseguite da personale esperto e qualificato). Le fasi di avviamento e raffreddamento sono le più delicate in un ciclo accensione/spegnimento a causa della inevitabile formazione di condense acide dei fumi di combustione. L'acqua solubilizza le anidridi dello zolfo e condensando forma acido solforoso e solforico che si deposita su piastre, condutture, ventilatori e tutto il sistema erodendolo. Ciclicamente tutte le parti del sistema vengono sostituite in maniera preventiva quando la corrosione diventa evidente nelle programmate annuali. Ad ogni fermata prolungata dell'elettrofiltro (più di 24h) sarebbe opportuno prevedere una pulizia delle piastre ed elettrodi captanti da parte di ditte specializzate ed addestrate a lavorare in spazi confinati ed estremi: depositi di reagente e polveri dei fumi abbattuti con l'umidità tendono ad indurirsi rivestendoli e limitando drasticamente l'efficienza d'abbattimento alla ripartenza. L'elettrofiltro è un sistema pensato per lavorare in continuo: ogni fermata deteriora e riduce la vita delle parti esposte alle elevate temperature ed all'ambiente acido.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

La fase di avviamento richiede una fase di preriscaldamento con i fumi dei forni fusori che lo attraversano con lo scopo di eliminare condense che possano creare arco elettrico e cortocircuitare i campi della durata di circa 6-8 ore, dipendente dal gradiente termico sopportabile dagli isolatori ceramici e dagli internals (piastre di captazione, elettrodi emissivi). Al termine di questa fase, i campi dell'elettrofiltro vengono attivati e può iniziare l'abbattimento.

Dal punto di vista del raggiungimento delle prestazioni, nello specifico nell'abbattimento dei gas acidi (SO_x, HCl, HF), è da considerare un ulteriore tempo, durante il quale si deve formare un determinato spessore di residui, contenenti anche calce non reagita, sulle piastre di captazione. Le tempistiche, dipendenti dalle condizioni termoigrometriche dei fumi e dalla quantità di reagente iniettata, arrivano anche a 6-8 ore dall'energizzazione del campo.

Gli ingombri di un elettrofiltro in grado di abbattere i fumi di entrambi i forni sono considerevoli. L'elettrofiltro attuale occupa 15m*6m.

Per installare un secondo elettrofiltro sarebbe necessario modificare significativamente il layout attuale, spostando la vasca di prima pioggia e la rete degli scarichi idrici attualmente in uso, con i relativi costi aggiuntivi. Inoltre, si dovrebbero sacrificare spazi vitali per la sicurezza e la viabilità dei trasportatori di materie prime (decine di camion ogni giorno).

2.5 CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

I consumi dell'elettrofiltro in normale funzionamento derivano principalmente dai due trasformatori dei due campi necessari a generare la differenza di potenziale. Il sistema nel complesso in funzionamento standard consuma sui 200'000 kWh al mese.

Il dettaglio dei costi che Verallia dovrebbe sostenere a fronte dell'installazione ed esercizio di un secondo elettrofiltro nei giorni di bypass annuali si stimano esser circa:

- 3'500 k€ per il corpo dell'elettrofiltro
- 10k€ per il sistema di dosaggio calce condiviso con l'elettrofiltro esistente per risparmiare spazi e costi, altrimenti altri 60k€ per un secondo silo da 20t di calce. Da aggiungere nella seconda ipotesi lo svuotamento del silo di calce (altri 2k€ circa) non utilizzato per la maggior parte dell'anno a causa dei fenomeni di indurimento alla quale la calce è soggetta se lasciata ferma con gli sbalzi termici giorno/notte e di stagione
- 200k€ adeguamento condutture coibentate e valvole fumi e giunti di compensazione
- 30k€ adeguamento supervisione e logiche
- 50k€ stimati per ogni pulizia e ricambi necessari per ogni fase di accensione/spegnimento
- 200 k€ stimati per la platea
- 450 k€ Cambio layout legato a spostamento della vasca di prima pioggia e relativi scarichi
- 250K€ Ventilatore, motore, inverter, valvole, condutture e giunti

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

3 FILTRO A CANDELE CERAMICHE

3.1 DESCRIZIONE CARATTERISTICHE IMPIANTO

Il filtro a candele ceramiche è un sistema utilizzato per l'abbattimento di polveri e fumi inquinanti prodotti soprattutto da forni fusori.

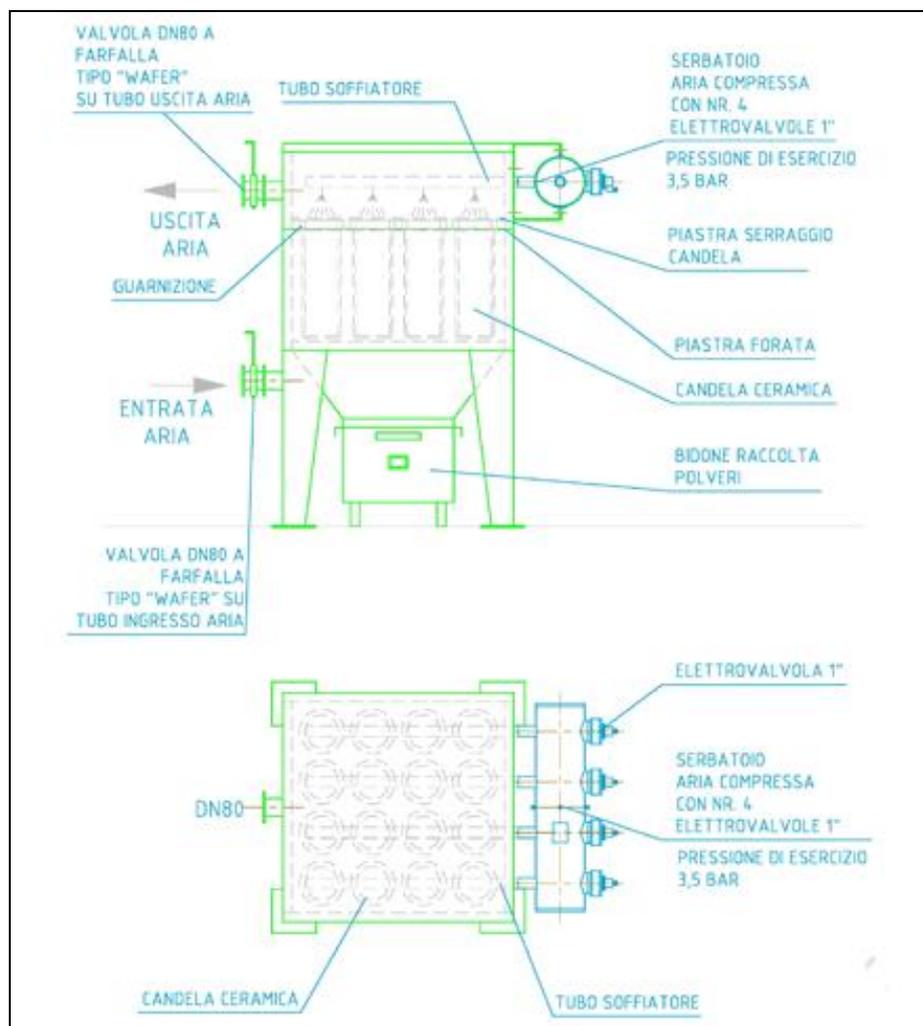


Figura 2 Schema tipo filtro a candela

Lo scopo del filtro a candela è quello di raccogliere la polvere del forno trasportata dai gas, e agire come un dispositivo fisso per il processo di disacidificazione.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

Le candele sono verticali e con forma rotonda, rigide e di bassa densità, le candele sono costituite da fibre ceramiche, con una struttura altamente porosa.

All'uscita del forno i fumi vengono raffreddati tramite uno scambiatore di calore aria/fumi e poi guidati verso il filtro. La temperatura di esercizio tipica è di 300-400°C.

Un pre-condizionamento, realizzato con calce durante la fase d'avviamento dell'installazione, permette la formazione di uno strato intermedio che protegge gli elementi filtranti durante la fase di riscaldamento del filtro. Per le candele ceramiche si distingue:

- La prima messa in servizio (candele nuove)

Le candele ceramiche catalitiche richiedono una fase di rimozione del legante organico e di ricondizionamento. Questa fase è indispensabile per garantire un buon funzionamento degli elementi filtranti e consiste in:

- Riscaldare progressivamente gli elementi filtranti per degradare l'agente legante organico. Le curve di preriscaldamento richiedono circa 10 ore da temperatura ambiente fino a 160°C poi circa 16 ore di permanenza a 160°C prima del reale esercizio.

- Creare una pellicola stabile sulla superficie delle candele, pur mantenendo la perdita di carico residua al minimo.

I parametri da controllare durante la prima messa in servizio sono:

- Temperatura dei fumi attraverso gli elementi filtranti.
- Dosaggio di una determinata quantità di polvere di calce pari a circa 200g/m² con sistema di pulizia delle candele spento per formare l'ambiente adatto alla filtrazione.

Non seguire la procedura su descritta può causare danni importanti ed irreversibili al filtro.

- Messa in servizio dopo un fermo impianto

Dopo un lungo fermo impianto, le candele filtranti vanno riscaldate lentamente con una rampa di 8-10 ore da temperatura ambiente fino ai 250°C. Non eseguire la curva di preriscaldamento può causare danni importanti ed irreversibili al filtro.

Polveri e calce sono trattenute sulla superficie delle candele, formando in questo modo un residuo di filtrazione chiamato anche "torta di filtrazione". I gas acidi sono neutralizzati con la calce.

Un sistema d'iniezione d'aria compressa permette la pulizia ciclica delle candele. La decolmatazione viene eseguito aprendo delle valvole pilotate da un'unità di controllo a tempo o a partire da una misura di perdita di pressione.

Durante i cicli di decolmatazione, le polveri sono raccolte ed indirizzate verso un sistema di trasporto ed insilaggio. Il sistema di trasporto e contenimento è mantenuto a temperature tra i 100-150°C per evitare la formazione di condense che possono causare il blocco delle polveri e, conseguentemente, del filtro. I fumi filtrati vengono poi evacuati attraverso la ciminiera tramite tiraggio forzato.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

3.2 CONSIDERAZIONI TECNICHE

I filtri a candele ceramiche sono molto efficaci, tuttavia richiedono particolari attenzioni oltre che in fase di messa in servizio, come già descritto sopra, anche in fase di conduzione normale.

Gli elementi filtranti devono essere montati perfettamente e non devono presentare difetto alcuno pena il deterioramento rapido degli stessi e mancato abbattimento dei fumi da trattare. Per un filtro a candele che tratti i fumi di entrambi i forni fusori si parla di più di 2000 candele ceramiche.

Prima della messa in servizio al termine dell'installazione dei gruppi filtranti è prevista una verifica di tenuta e corretto montaggio degli stessi di circa mezza giornata mediante l'utilizzo di polveri fluorescenti inserite nel condotto fumi a monte delle candele con il sistema in tiraggio aria ambiente. Se le candele sono state montate erroneamente o presentano dei difetti, la polvere riuscirà ad attraversarle ed evidenzierà le perdite. Queste verifiche sono fondamentali per non rischiare di preriscaldare le candele e trovarsi con rese di abbattimento basse che peggiorano velocemente nel tempo per il deterioramento delle stesse. Le fasi di preriscaldamento non possono essere interrotte: rampe di preriscaldamento errate possono compromettere tutti i gruppi filtranti e costringere alla sostituzione delle candele con elevato dispendio economico e di energie.

In conduzione normale le candele ceramiche possono forarsi, causando elevate perdite di resa e fuori limiti. Ad ogni rottura anche di una singola candela il filtro va fermato e raffreddato in maniera controllata per circa 24h. Al termine di questa fase si può ispezionare alla ricerca della candela compromessa, l'individuazione della stessa può non essere veloce. Una volta individuata si può decidere di installarne una nuova, procedere alla fase di preriscaldamento controllata descritta sopra della durata di circa 26 ore per candele nuove oppure si può tappare il foro dedicato alla candela rotta e procedere alla riattivazione del filtro con la rampa di preriscaldamento più corta (8-10 ore). Questa seconda opzione non è percorribile all'infinito: il numero di candele è dimensionato in maniera tale da suscitare meno stress possibile alle stesse, andarne a ridurne il numero ne velocizza il deterioramento e può diminuirne la resa.

Questo tipo di filtro è poco indicato a sostenere diversi cicli di accensione/spegnimento a causa di:

- Rischi elevati shock termici candele, molto delicate
- Lunghi tempi di spegnimento/accensione dettati principalmente dal punto sopra, quindi lunghi periodi di fumi non trattati/abbattuti
- Formazione di condense acide sulle maniche in raffreddamento che le bucano (stesso fenomeno descritto nel capitolo dedicato all'elettrofiltro)

Per dimensionare un filtro a candele ceramiche in grado di trattare ed abbattere i fumi di entrambi i forni nelle varie situazioni di cavato possibili (temperature e portate fumi altalenanti) servirebbe anche un sistema di condizionamento della temperatura costituito tipicamente da scambiatori di calore o quencher.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

Anche il filtro a candele richiede un'impronta a terra importante, seppur leggermente inferiore all'elettrofiltro. Valgono quindi le medesime considerazioni già riportate al capitolo precedente.

3.3 CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

Il costo di installazione di un nuovo filtro a candele ceramiche si stima essere attorno ai 5.500k€.

I costi di esercizio sono legati soprattutto all'elevato utilizzo di aria compressa per pulire le candele ed alle elevate perdite di carico caratteristiche di questo tipo di filtro che costringono all'utilizzo di grossi ventilatori con grossi consumi.

Il consumo di energia elettrica totale si stima essere compreso tra i 150'000 ed i 300'000 kWh al mese a seconda dello stato e dell'età dei forni (maggiore la vita del forno, maggiori le portate di fumi da trattare dovute all'invecchiamento ed alle perdite di efficienza).

Il consumo di aria compressa a 7 bar si stima essere tra i 300 ed i 450 Nm³/h, portate che richiederebbero l'adeguamento del parco compressori e l'acquisto di un almeno un nuovo compressore da 150-200kW dedicato per un costo stimato sui 300k€, adeguamento piping escluso.

Costi manutenzione annuale paragonabili a quelli dell'elettrofiltro, sempre condotti da ditte specializzate a lavorare in ambienti confinati ed estremi ma con costo dei ricambi molto superiore (ogni candela ceramica costa almeno 350€), quindi stimati sui 65k€.

Il dettaglio dei costi che Verallia dovrebbe sostenere a fronte dell'installazione ed esercizio di un filtro a candele ceramiche in ridondanza nei giorni di bypass annuali si stima esser circa:

- 4500 k€ per il corpo del filtro a candele
- 10k€ per il sistema di dosaggio calce condiviso con l'elettrofiltro esistente per risparmiare spazi e costi, altrimenti altri 60k€ per un secondo silo da 20t di calce. Da aggiungere nella seconda ipotesi lo svuotamento del silo di calce (altri 2k€ circa) non utilizzato per la maggior parte dell'anno a causa dei fenomeni di indurimento alla quale la calce è soggetta se lasciata ferma con gli sbalzi termici giorno/notte e di stagione
- 200k€ adeguamento condutture coibentate e valvole fumi e giunti di compensazione
- 30k€ adeguamento supervisione e logiche
- 65k€ stimati per ogni pulizia e ricambi necessari per ogni fase di accensione/spegnimento
- 180 k€ stimati per la platea
- 300K€ Ventilatore, motore, inverter, valvole, condutture e giunti
- 450 k€ Cambio layout legato a spostamento della vasca di prima pioggia e relativi scarichi
- 300K€ Nuovo compressore per pulizia in continuo delle maniche

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

4 FILTRO A MANICHE

4.1 DESCRIZIONE CARATTERISTICHE IMPIANTO

In questo tipo di separatori solido-gas gli elementi filtranti sono costituiti da maniche in tessuto infilate su gabbie di filo di acciaio verniciato o inox e fissate sulla piastra tubiera, a mezzo di appositi sistemi di tenuta (tipicamente chiamati snap ring).

La corrente gassosa entra attraverso il bocchello di ingresso situato nella tramoggia o nella parete. La polvere più grossolana cade direttamente nella tramoggia mentre le particelle più fini restano sulla superficie esterna delle maniche.

L'aria pulita passando attraverso le maniche raggiunge la parte superiore dell'apparecchiatura e fuoriesce attraverso il bocchello di uscita.

La pulizia delle maniche avviene in sequenza mediante getti di aria compressa proveniente dai tubi di soffiaggio posizionati sopra le maniche. Secondo il principio dell'iniettore, l'aria compressa soffiata nelle maniche richiama altra aria della zona circostante. L'espansione prodotta dall'aria di lavaggio si propaga con un'onda di pressione lungo tutte le maniche, provocando uno scuotimento delle stesse. La polvere trattenuta sulle maniche viene così rimossa cadendo liberamente nella tramoggia sottostante per la relativa semplice rimozione.

La sequenza degli impulsi di pulizia viene comandata automaticamente da un temporizzatore elettronico o da un pressostato e da valvole elettromagnetiche.

La durata dei getti di aria compressa e i relativi intervalli possono essere facilmente regolati, nel caso sia previsto un temporizzatore, in modo da adattarsi alle condizioni di impiego.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

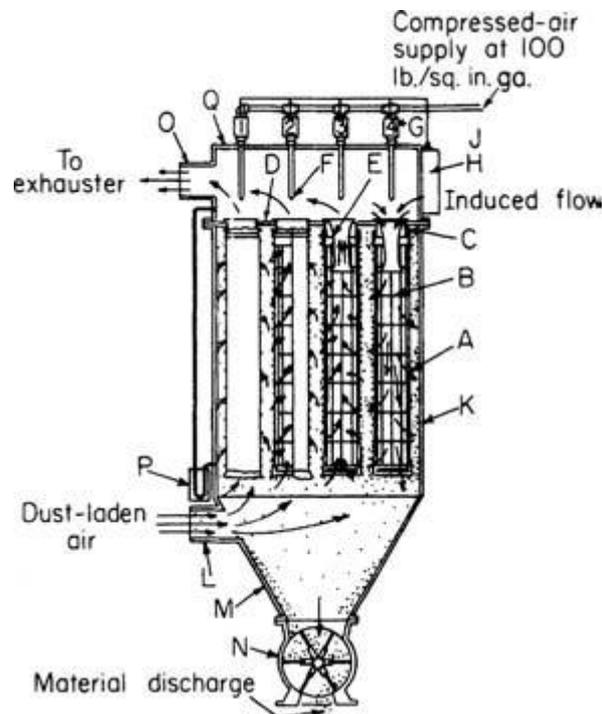


Figura 3: filtro a maniche pulsate con aria rovescia. [Perry'chemical engineer's handbook, VIII° ed.]

Le maniche filtranti sono realizzate normalmente in feltro agugliato con inserto in tessuto e con membrane microporosa in PTFE, applicata sul lato esterno (lato polveroso).

Il feltro agugliato riunisce in sé le caratteristiche peculiari del feltro e del tessuto. Il feltro ha una composizione più omogenea rispetto al tessuto e quindi porosità finissima con efficienza di filtrazione elevata pur mantenendo una buona permeabilità all'aria. Il tessuto di sostegno inserito all'interno del feltro agisce come un'armatura garantendo un'alta resistenza alla trazione e un allungamento ridotto. La membrana microporosa in PTFE contribuisce all'arresto in superficie delle particelle e favorisce il distacco delle stesse a seguito dell'impulso generato dalla pulizia.

Vi sono diverse tipologie di maniche in commercio, ma per il settore del vetro le maniche normalmente utilizzate sono le seguenti:

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

Tipo di fibra	Massima temperatura di esercizio/ picco
Feltro agugliato in PTFE con membrana microporosa in PTFE	240/260
Fibra di vetro con membrana microporosa in PTFE	240/260

Caratteristica precipua dei filtri a maniche è il costo d'impianto inferiore ad altre soluzioni industriali, ma abbinato a limitazioni tecniche importanti, quali l'aumento delle perdite di carico nei fumi e relativi costi di ventilazione, minore affidabilità d'esercizio dovuto alle rotture dei tessuti, inapplicabilità ai fumi con temperature elevate.

4.2 CONSIDERAZIONI TECNICHE

I filtri a maniche sono l'alternativa impiantistica più economica ai filtri elettrostatici. Stante però la temperatura di esercizio richiesta dai fumi Verallia (superiore ai 370°C), per poterli utilizzare bisogna installare dei dispositivi di raffreddamento (quencher o scambiatori di calore) al fine di riportare la temperatura nei dintorni di 200-210 gradi.

Nell'ipotesi di una installazione ad uso by-pass elettrofiltro attuale, l'impianto sarebbe così composto:

- quencher di raffreddamento dei gas;
- dosaggio di calce idrata per l'abbattimento di SO_x, HF ed HCl. La calce viene iniettata tramite coclea immediatamente a valle del quencher, dove reagisce con i gas acidi presenti nei fumi, con la conseguente formazione di sali che verranno poi separati, per filtrazione, assieme alle polveri emesse dal processo di fusione del vetro. La regolazione della quantità di calce iniettata viene effettuata manualmente, sulla base dei risultati analitici delle misure alle emissioni;
- filtro a maniche per l'abbattimento delle polveri, composto da più settori tra loro indipendenti.

I dispositivi di raffreddamento sono molto costosi e ingombranti per i seguenti motivi:

- Lo scambiatore deve essere concepito per evitare sia la creazione di punti caldi (che potrebbero causarne il collasso), sia la creazione di punti freddi. In questi ultimi, infatti, vi

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

sarebbe la formazione di SO₃ (la reazione chimica che porta l'SO₂ a SO₃ è fortemente favorita alle basse temperature). Per evitare queste condizioni si rende necessario utilizzare come mezzo di raffreddamento aria preriscaldata, pertanto si dovrebbe prevedere un ricircolo di aria calda con proprio impianto accessorio. Il ΔT medio logaritmico sarà tipicamente basso e ciò implica una superficie di scambio molto elevata. Per raffreddare i fumi di entrambi i forni sarebbe quindi preferibile installare due scambiatori separati.

- La velocità di filtrazione è tipicamente bassa (<0,7 m/min) in funzione del particolato da separare (0,3 μ m). Questo fa sì che le superfici filtranti debbano essere molto grandi che vengono normalmente definite in sede di progettazione.
- Come già detto precedentemente si deve assolutamente evitare la creazione di punti freddi, pertanto anche il filtro a maniche dovrebbe avere una scocca coibentata (come avviene anche per elettrofiltro e filtro a candele ceramiche).
- Per quanto riguarda la tipologia di maniche sarebbe necessario prevederle di un materiale che agevoli il distacco delle polveri (tipicamente membrana microporosa) in quanto il fouling factor delle polveri da separare è molto elevato. Anche il sistema di pulizie delle maniche deve essere correttamente dimensionato in funzione dell'elevato sporco delle stesse con un consumo molto elevato di aria.
- Come facile intuire le perdite di carico di questa tipologia di impianto sono tipicamente molto alte (un ordine di grandezza rispetto a un elettrofiltro) pertanto il ventilatore di tiraggio dei fumi sarà molto più grande (potenzialmente potrebbero volerci due ventilatori, uno per forno).
- Lavorando a una temperatura di 200-210 gradi, la cinetica di reazione tra l'SOX e la calce si riduce drasticamente, portando quindi a un crollo dell'efficienza di abbattimento dei gas acidi, con la necessità di aumentare il dosaggio del reagente, che va poi smaltito, all'interno del forno, fino a determinate quantità, o come rifiuto.
- A livello di ingombri si stima lo stesso impatto delle altre due tecnologie, proprio per la necessità di impianti accessori di cui sopra

È importante inoltre ricordare che questa tipologia di filtri nasce per lavorare in continuo; utilizzare un filtro per dieci giorni in un anno vuol dire rischiare l'impaccamento o l'indurimento delle maniche a ogni nuova accensione, se la manica filtrante perde la sua elasticità il rischio di forature aumenta in maniera significativa. Le maniche devono avere anche un'alta resistenza alla corrosione per evitare che si danneggino dopo il primo utilizzo.

4.3 CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

Per le ragioni esposte al paragrafo precedente l'installazione di un filtro a maniche non si discosta tanto a livello economico rispetto a un classico elettrofiltro perché la tecnologia richiesta per la

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

particolare tipologia di fumi è sostanzialmente diversa da quella dei normali filtri utilizzati in altri ambiti (per esempio un filtro per acciaieria costa circa tre volte di meno).

Il dettaglio dei costi che Verallia dovrebbe sostenere a fronte dell'installazione ed esercizio di un filtro a maniche in ridondanza nei giorni di bypass annuali si stima esser circa:

- 2700 k€ filtro, inclusi i costi di coibentazione e installazione con maniche di materiale specifico con scambiatore dissipativo di calore, il quale deve essere progettato in modo tale da evitare di avere punti freddi e caldi con adeguati sistemi di pulizia
- 14 k€ Costo maniche in membrana microporosa di scorta da tenere a magazzino in caso di necessità di sostituzione. Costo singola manica 15-20 €. La stima è effettuata su 700 maniche (come nei depolveratori attuali nei reparti di composizione). Il valore è sottostimato in quanto, come da considerazione tecniche, la superficie di scambio necessaria è molto più elevata.
- 150 k€ Impianto pulizia (aria 7 bar) dello scambiatore
- 150 k€ compressore aggiuntivo
- 250 k€ Ventilatore aggiuntivo in funzione solo nei 10 giorni di by pass
- 180 k€ stimati per la platea
- 450 k€ Cambio layout legato a spostamento della vasca di prima pioggia e relativi scarichi

I costi di manutenzione annuale sono paragonabili a quelli dell'elettrofiltro, sempre condotti da ditte specializzate.

5 CONFRONTO TECNOLOGIE DI RIDONDANZA

Di seguito si riassumono svantaggi tecnici e costi di installazione relativi alle tre tipologie di gruppo filtrante in ridondanza, per la gestione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e guasti:

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

	ESP	Filtro candele ceramiche	Filtro a maniche
Svantaggi tecnici	<ul style="list-style-type: none"> -Accensione e spegnimenti delicati per formazione di condense acide -Manutenzione opportuna ad ogni fermata (depositi di reagenti e polveri con riduzione di efficienza di abbattimento) -Utilizzo on/off di un sistema pensato per lavorare in continuo che riduce la vita dello stesso -6-8h di avviamento + 6-8h per raggiungere efficienza di abbattimento gas acidi -Sistema costoso per consumi energetici, tensioni in gioco e sicurezze necessarie -Ingombro e obbligo modifica lay-out attuale (scarichi idrici prima pioggia e trasporto materie prime) 	<ul style="list-style-type: none"> - Impianto che richiede particolari attenzioni sia nella messa in esercizio che nella normale conduzione - Necessaria installazione di un sistema di condizionamento della temperatura dei fumi (T di esercizio: 300°-400° C) - Messa in servizio dopo fermo impianto: rampa 8-10h - Fragilità delle candele (rischio di foratura e conseguente elevata perdita di resa e fuori limiti) - Per rottura singola candela necessario fermare l'impianto e raffreddare per 24h per poter svolgere la manutenzione e successivi tempi di ravviamento (da 8-10h a 26h) - Compressore ad aria aggiuntivo per decolmatazione - Filtro poco indicato a sostenere diversi cicli di accensione/spegnimento (shock termici, tempi di avviamento, condense acide) -Ingombro e obbligo modifica lay-out attuale (scarichi idrici prima pioggia e trasporto materie prime) 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura di esercizio molto bassa - Necessaria installazione di un sistema di condizionamento della temperatura dei fumi (T di esercizio: 200°-210°C): sistemi costosi e ingombranti - Necessità di impianto di aria preriscaldata con due scambiatori separati per evitare punti caldi e freddi - Superficie di scambio del filtro molto elevata - Velocità di filtrazione bassa - Bassa efficienza di abbattimento di gas acidi in particolare SOx - Filtri in materiale specifico per evitare il fouling - Elevato consumo d'aria per pulizia maniche - Perdite di carico elevate: doppio ventilatore - Ingombro e obbligo modifica lay-out attuale (scarichi idrici prima pioggia e trasporto materie prime)
Costi installazione*	4640 k€	5970 k€	3894 k€
Costi manutenzione*	50 k€	65 k€	50 k€

* Si rimanda al paragrafo per il dettaglio voci di costo

Le tempistiche di realizzazione per le diverse tecnologie sono di circa 18 – 24 mesi tra la fase di progettazione, approvvigionamento materiali e realizzazione dell'opera.

TITOLO DEL DOCUMENTO: RELAZIONE INTEGRATIVA SU ANALISI DI OPPORTUNITA' DI INSTALLAZIONI IN RIDONDANZA PER GESTIONI SCENARI DI MANUTENZIONE -

6 CONCLUSIONI

Le tre tecnologie sono stata analizzate sia dal punto di vista tecnico che dal punto di vista economico; per tutti e tre gli scenari i tempi di realizzo non sarebbero inferiori ai 18/24 mesi.

In tutti e tre i casi si parla di un investimento economico significativo per installare una tecnologia che nasce per essere sempre in funzione, tenendola in standby per la maggior parte dell'anno, a fronte di un funzionamento previsto di soli 5-10 giorni all'anno. Questa condizione di utilizzo sporadico, come indicato nei paragrafi sulle considerazioni tecniche, impatta sulle condizioni di esercizio e sull'efficienza del gruppo filtrante, con conseguente necessità di significative attività di manutenzione e sostituzione di componenti di impianto, comportando di conseguenza ulteriori costi aggiuntivi.

La realizzazione di un gruppo filtrante di ridondanza, per qualsiasi delle tre tecnologie (o per il filtro in sé o per gli impianti accessori), inoltre richiede il cambiamento di lay-out dello stabilimento (scarichi idrici delle acque di prima pioggia, modifica layout trasporto materie prime), che comporta delle difficoltà tecniche di realizzazione, nonché costi indiretti.

Nello specifico, tra le tre tecnologie prese in considerazione per trattare i fumi di processo in fase di bypass dell'ESP Lurgi, il filtro a candele ceramiche non è una soluzione tecnicamente percorribile per tutte le ragioni su descritte, quindi è da scartare a priori.

Anche il filtro a maniche, visti tutti gli impianti accessori da prevedere in considerazione della specificità del processo di fusione del vetro e le criticità identificate, risulta una tecnologia tecnicamente ed economicamente non giustificabile.

L'installazione di un secondo elettrofiltro per gestire le fasi di bypass sarebbe concettualmente una soluzione più percorribile ma non è economicamente sostenibile per Verallia e tecnicamente non giustificabile.

L'elettrofiltro in ridondanza soffrirebbe degli stessi fenomeni di invecchiamento al pari dell'elettrofiltro in marcia regolare, a causa delle condense acide di ogni accensione discusse sopra e duplicherebbe quindi gli sforzi per mantenerli entrambi efficienti. Tutte le componenti di campi elettrici e trasformatori e motori fermi per mesi rischiano di presentare guasti e problemi legati a fattori ambientali derivanti dalla mancanza di tensione. Inoltre, potrebbero verificarsi altri fattori non conosciuti utilizzando un elettrofiltro in maniera diversa da come concepito.

All'installazione di un secondo filtro sono quindi preferibili misure di contenimento delle emissioni legate alla riduzione delle portate di inquinanti, come la riduzione di cavato, proposta da Verallia con la procedura dedicata, riportata in allegato (Allegato 2.1.4 Procedura di riduzione del cavato nei casi di manutenzione ordinaria, straordinaria e guasti dell'impianto).

Infine, sulla base delle esperienze dei fornitori contattati con esperienza a livello nazionale e europeo, non ci sono stati segnalati altri stabilimenti che abbiano installato gruppi filtranti in ridondanza per la gestione delle fasi manutenzione dell'elettrofiltro, in ragione della loro brevità.