

Spett.le

**O-I Italy Spa**

Località Quarto Inferiore, 274

14030 Asti (AT) – Italy

Alla CA

Fabrizio Coltella

Murano, 08/09/2022

**NOTA TECNICA: Stima emissioni Polveri, Ossidi di azoto e Ossidi zolfo con alimentazione mista gas metano/gasolio.**

#### **PREMESSA**

Nel luglio 2022 è stato chiesto alla Stazione Sperimentale del Vetro di esprimere un parere in merito al livello emissivo atteso nel caso di conduzione di forni fusori per la produzione di contenitori in vetro con combustione mista gas metano 60% e gasolio 40% al posto della tradizionale combustione a solo gas metano, conduzione potenzialmente necessaria a seguito delle condizioni di emergenza generate dalla crisi Ucraina.

La combustione mista gas metano 60% e gasolio 40% è totalmente nuova, tant'è che sulla base delle conoscenze attuali della Stazione Sperimentale del Vetro non si ha memoria di impianti funzionanti con tali configurazioni e infatti anche lo stesso BREF non contempla tale situazione. Tuttavia sappiamo che diversi stabilimenti a livello sia nazionale che europeo stanno valutando tale opzione, sia per la maggiore semplicità di conversione impiantistica rispetto ad una opzione più tradizionale quale l'olio combustibile che per la maggiore facilità di reperimento del combustibile e minor impatto ambientale. L'olio combustibile infatti, rispetto al gasolio, ha un maggior contenuto di zolfo che si traduce in un aumento abbastanza significativo delle emissioni dello stesso come ossidi di zolfo.

Premesso quanto sopra si riportano di seguito alcune considerazioni generali sulla tipologia di soluzione e un tentativo di stima delle possibili emissioni. Va da se che qualsiasi ipotesi, in assenza di esperienze concrete, andrà confermata attraverso delle prove in campo.

#### **EMISSIONI DA FORNI PER PRODUZIONE DI VETRO CAVO E STIMA EMISSIONI SENZA ELETTROFILTRO**

Le emissioni derivanti dal ciclo di produzione del vetro sono generate principalmente dal processo di fusione ad alta temperatura e dipendono sostanzialmente dal tipo di vetro prodotto (in particolare dal colore), dalla quantità e qualità delle materie prime utilizzate, dal tipo di forno e dal tipo di combustibile utilizzato.

Le principali emissioni inquinanti prodotte in un forno per vetro cavo sono:

- Polveri
- Ossidi di azoto
- Ossidi di zolfo
- Monossido di carbonio
- Acido cloridrico
- Acido fluoridrico
- Metalli

Tralasciando l'acido cloridrico e l'acido fluoridrico per i quali non si ritiene utile fare una stima essendo tali inquinanti influenzati principalmente dalle materie prime utilizzate e non dal combustibile, si riportano di seguito una serie di valutazioni per le polveri e i metalli, gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo. Si tralascia anche l'ossido di carbonio la cui concentrazione è direttamente legata alle modalità di conduzione del forno, in particolare dal rapporto di combustione, e quindi in qualche modo indipendente dal combustibile usato.

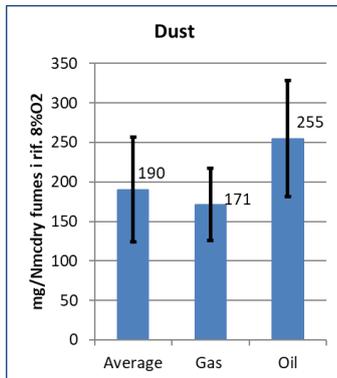
La valutazione del livello emissivo è stata eseguita tenendo conto che l'utilizzo di un combustibile alternativo più pesante comporta un aumento del volume dei fumi, quindi della portata a camino.

#### Polveri e metalli

Le polveri si generano prevalentemente come sottoprodotto della combustione, dallo spolverio delle materie prime dosate nel forno e dalla condensazione dei vapori prodotti durante la fusione delle materie prime e la produzione del contenitore di vetro. Quest'ultime sono costituite prevalentemente da solfato di sodio proveniente dalla decomposizione dei solfati e dalla successiva condensazione dei vapori provenienti dal bagno fuso.

L'utilizzo di un combustibile misto, gas metano 60 % e gasolio 40%, dovrebbe aumentare leggermente la concentrazione di polveri essendo quest'ultimo un combustibile con un residuo incombusto più elevato. Tale considerazione è confermata anche da alcuni dati storici della Stazione Sperimentale del Vetro ottenuti attraverso misure di concentrazione di polveri a monte filtro sia di forni a metano che di forni ad olio combustibile, dati presentati nel corso di diversi convegni sia in Italia che all'Estero.

Nel grafico sottostante si osserva che il valore medio delle polveri nel caso di una combustione a metano è 171 mg/Nm<sup>3</sup> (fumi secchi riferiti all'8% di O<sub>2</sub>), mentre nei forni a olio combustibile si ha una concentrazione media di 255 mg/Nm<sup>3</sup> (fumi secchi riferiti all'8% di O<sub>2</sub>). Tali valori medi si riferiscono a misure eseguite su forni rigenerativi (endport e sideport) con cavati diversi.



**Figura 1: concentrazione di polveri a monte filtro**

Considerando che il gasolio ha un residuo di combustione più basso dell'olio combustibile è possibile immaginare che una combustione mista gas metano con il 40 % di gasolio produrrà una concentrazione di polveri leggermente inferiore dell'olio combustibile.

Sulla base di quanto sopra e in assenza di informazioni sperimentali e da letteratura la stima dell'aumento delle emissioni di polveri è stata fatta quindi considerando i dati dell'olio combustibile, ossia ipotizzando una situazione peggiorativa rispetto allo scenario considerato.

Considerando una relazione lineare tra la concentrazione delle polveri dei forni a gas e quella dei forni ad olio combustibile si ottiene una concentrazione di polveri intorno ai 200 mg/Nm<sup>3</sup> (fumi secchi riferiti all'8% di O<sub>2</sub>), ossia un aumento di circa il 20% rispetto alla soluzione a metano. Tale valore, oltre ad essere relativamente basso, è ancora all'interno della deviazione standard sperimentale dei forni a metano.

Ovviamente va considerata la presenza dei sistemi di filtrazione già installati che come riportato di seguito risultano in media abbastanza efficienti. Sulla base di quanto riportato nel BREF Vetro (pag. 214) i precipitatori elettrostatici possono raggiungere concentrazioni tra i 5 e i 10 mg/Nm<sup>3</sup> (fumi secchi riferiti all'8 % di O<sub>2</sub>), tuttavia nel caso di impianti di filtrazione esistenti, ossia in uso da diversi anni, le performance potrebbero essere comprese tra i 20 e i 30 mg/Nm<sup>3</sup> (fumi secchi riferiti all'8 % di O<sub>2</sub>) con un minimo di 15 mg/Nm<sup>3</sup> (fumi secchi riferiti all'8 % di O<sub>2</sub>) nel caso di elettrofiltri ricondizionati. Per i filtri a maniche il medesimo documento indica delle performance sempre inferiori a 5 mg/Nm<sup>3</sup>, fumi secchi riferiti all'8 %.

Tali impianti hanno la caratteristica di essere indipendenti dal livello di polverosità e poco prone a subire scompensi per cambiamenti così poco marcati della concentrazione di polveri in ingresso.

In conclusione si ritiene che l'utilizzo di una combustione mista non modificherà di molto il livello emissivo a valle filtro e quindi è possibile ipotizzare che l'impianto non avrà grossi problemi a rispettare i limiti previsti nell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

Per il calcolo delle ricadute al suolo si consiglia quindi di considerare un incremento nullo per la concentrazione delle polveri o in alternativa il valore limite previsto nell'AIA, mentre per la portata fumi un aumento proporzionale all'uso del combustibile alternativo.

Le stesse considerazioni fatte per le polveri possono essere estese anche ai metalli. Questi ultimi infatti sono presenti prevalentemente in forma particellare, quindi l'aumento dei metalli a monte dei filtri come pure l'eventuale abbattimento ha lo stesso comportamento.

### Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto nella produzione di vetro per contenitori si formano principalmente durante la combustione per l'ossidazione ad alta temperatura dell'azoto presente nell'aria comburente o dalla decomposizione dei nitrati se utilizzati quale materia prima affinante del vetro. L'emissione degli ossidi di azoto è influenzata principalmente dall'eccesso d'aria di combustione, dalla temperatura di preriscaldamento dell'aria, dalla temperatura di fiamma e dall'età del forno che può causare un aumento delle infiltrazioni di aria esterna. Gli ossidi di azoto emessi dai forni per la produzione di vetro sono composti prevalentemente da NO (90-95 %), il resto è rappresentato da NO<sub>2</sub>.

La riduzione delle emissioni di NO<sub>x</sub> può essere ottenuta attraverso misure primarie e/o secondarie, in quest'ultimo caso con installazione di specifici impianti di trattamento. Indipendentemente dalla tipologia di misura adottata, l'utilizzo di combustibile misto gas metano e gasolio non dovrebbe aumentare di molto l'emissione, anzi è ipotizzabile che a parità di tecnologia del bruciatore l'effetto sia migliorativo.

Ciò è confermato anche in questo caso da alcuni dati sperimentali della Stazione Sperimentale del Vetro relativi alla concentrazione di ossidi di azoto di forni a metano e olio combustibile e ancor più dai dati disponibili nel BREF (tabella 3.16) relativi alla concentrazione di ossidi di azoto di forni a metano, olio combustibile e combustione mista. Si porta di seguito un estratto della tabella.

		Reported data	N° Values	Emissions NO <sub>x</sub> expressed as concentrations		
				mg/Nm <sup>3</sup> dry, 8 % O <sub>2</sub>		
				Mean	Min.	Max
<i>Unabated (without specific primary measures)</i>						
Fuel Type	Furnace type					
Gas-fired	All	100%	99	1259	384	3355
	All	5 – 95 %	88	1222	700	2300
Fuel oil-fired	All	100%	25	1170	840	1990
	All	5 – 95 %	20	1139	850	1538
Mixed gas/oil fired	All	100%	20	1025	547	5,13
	All	5 – 95 %	18	980	588	1687

**Tabella 2: estratto tabella 3.16 BREF**

In questo caso infatti la concentrazione media diminuisce passando da 1222 mg/Nm<sup>3</sup> fumi secchi riferiti all'8% di O<sub>2</sub> dei forni a metano ai 980 mg/Nm<sup>3</sup> fumi secchi riferiti all'8% di O<sub>2</sub> della combustione mista, con un valore intermedio di 1139 mg/Nm<sup>3</sup> fumi secchi riferiti all'8% di O<sub>2</sub> per i forni ad olio combustibile.

Tale riduzione è legata principalmente alla temperatura di fiamma che nel caso dei forni a combustione mista (gas/olio combustibile) è decisamente più bassa. Lo stesso comportamento è atteso anche nel caso di una combustione mista gas metano/gasolio.

Premesso quanto sopra si ritiene quindi che il passaggio da bruciatori a metano a bruciatori alternati metano/gasolio dovrebbe ridurre leggermente la concentrazione di ossidi di azoto, quindi anche in questo caso come per le polveri ci si aspetta che l'impianto non avrà grossi problemi a rispettare i limiti previsti nell'Autorizzazione Integrata Ambientale. L'unica variabile potrebbe essere il tipo di bruciatore, infatti nel caso del metano vengono spesso utilizzati bruciatori a Low-NOx che potrebbero portare a dei piccoli vantaggi in termini di riduzione degli NOx.

Per il calcolo delle ricadute al suolo si consiglia quindi di considerare un incremento nullo per la concentrazione degli ossidi di azoto o in alternativa il valore limite previsto nell'AIA, mentre per la portata fumi un aumento proporzionale all'uso del combustibile alternativo.

### Ossidi di zolfo

Gli ossidi di zolfo si formano in parte per ossidazione dello zolfo contenuto nel combustibile e in parte per decomposizione delle materie prime contenenti zolfo e presenti nella miscela vetrificabile. Tali materie prime possono essere solfato di sodio o calcio, utilizzati prevalentemente come affinananti. Oltre alle materie prime è possibile alimentare solfati attraverso il riciclo delle polveri dell'elettrofiltro.

Gli ossidi di zolfo emessi dai forni fusori sono costituiti prevalentemente da SO<sub>2</sub> (circa il 92-95 %), il resto è rappresentato da SO<sub>3</sub>.

I principali fattori che possono influenzare la concentrazione di ossidi di zolfo all'uscita dell'impianto di fusione sono la pulizia delle camere e il cambio colore (attività comunque non routinarie), la tipologia di rottame, la tipologia di combustibile e per finire la tipologia di vetro prodotto (colore).

Nel caso di passaggio da metano a una combustione mista gas metano e gasolio è possibile aspettarsi un aumento delle emissioni di ossidi di zolfo a causa del contenuto di zolfo presente nel gasolio. Considerando stabili tutte le altre fonti di emissioni la quantità di ossidi di zolfo in eccesso rispetto al metano è calcolabile attraverso un semplice bilancio di massa.

Nel caso si consideri l'utilizzo di una miscela con il 40 % di gasolio ed ipotizzando una concentrazione media di zolfo dello 0,1 % l'incremento atteso sarebbe dell'ordine del 5 %. Si tratta quindi di incrementi relativamente bassi, di certo molto più bassi di quelli che si avrebbero con l'olio combustibile. Va da se che la tipologia di gasolio acquistato potrà variare a seconda della disponibilità e del costo e quindi anche l'eventuale incremento degli ossidi di zolfo potrebbe cambiare, tuttavia vista l'intenzione dell'azienda di vincolare gli acquisti del gasolio ad un tenore non superiore allo 0,1 % quello riportato è il valore massimo atteso.

Ovviamente va poi considerato che tutti gli stabilimenti sono comunque dotati di impianti di abbattimento a valle dei forni fusori. L'efficienza di abbattimento per questi impianti dipende da diversi fattori:

- composizione del gas da depurare ed in particolare il livello di SOx nei fumi di ingresso;
- progettazione dell'impianto di abbattimento e in particolare dei tempi di contatto tra il flusso gassoso e il reagente alcalino utilizzato per l'abbattimento degli SOx (calce), ovvero sul tempo di reazione;

- temperatura del flusso gassoso da depurare: la temperatura ideale dovrebbe essere al di sotto del punto di rugiada dei fumi (inferiore a 180°C) oppure molto superiore a detto punto (circa 400°C); un range 180°C-350°C è meno adatto per l'abbattimento a secco del SO<sub>2</sub> con calce idrata;
- rapporto molare tra agente adsorbente e gas acidi e tipologia di reagente.

Da notare che come riportato nel documento BREF le rese di rimozione degli ossidi di zolfo non crescono linearmente ma raggiungono un limite massimo che è funzione dei fattori soprariportati. In particolare il documento BREF indica abbattimenti massimi del 40-50 % nel caso di utilizzo di calce idrata, con il valore più alto raggiungibile nel caso di temperature di esercizio ottimali prossime ai 400 °C.

Tali indicazioni sono confermate anche dall'esperienza della Stazione Sperimentale del Vetro che negli anni oltre ad eseguire diverse analisi a camino ha condotto degli interventi specifici di ottimizzazione degli impianti di trattamento con cambi di reagente e rapporti di dosaggio; in particolare è stato confermato che nel caso di impianti di filtrazione con lavaggio a secco con calce idrata abbinati ad elettrofiltro, indipendentemente dall'aumento del reagente, la rimozione si stabilizza ad un valore nel range compreso tra 40-60 %.

Premesso quanto sopra si ritiene quindi che l'utilizzo di una combustione mista non modificherà di molto il livello emissivo a valle filtro e quindi è possibile ipotizzare che l'impianto dovrebbe essere in grado di rispettare i limiti previsti nell'Autorizzazione Integrata Ambientale.

Per il calcolo delle ricadute al suolo si consiglia quindi di considerare un incremento del 5 % per la concentrazione degli ossidi di zolfo, mentre per la portata fumi un aumento proporzionale all'uso del combustibile alternativo.

## CONCLUSIONI

E' stato chiesto alla Stazione Sperimentale del Vetro di esprimere un parere in merito al livello emissivo atteso nel caso di conduzione di forni fusori per la produzione di contenitori in vetro con combustione mista gas metano 60% e gasolio 40% al posto della tradizionale combustione a solo gas metano.

La valutazione ha interessato le polveri e i metalli, gli ossidi di azoto e gli ossidi di zolfo, mentre sono stati tralasciati l'acido cloridrico, l'acido fluoridrico e il monossido di carbonio perché poco influenzati dalla tipologia di combustione.

I risultati della valutazione sono di seguito riportati:

- l'utilizzo di una combustione mista non modificherà di molto il livello emissivo delle polveri e dei metalli a valle filtro; l'impianto non avrà grossi problemi a rispettare i limiti previsti nell'Autorizzazione Integrata Ambientale;
- la concentrazione degli ossidi di azoto nel passaggio da metano ad una combustione mista dovrebbe ridursi. L'unica variabile potrebbe essere il tipo di bruciatore, infatti nel caso del metano vengono spesso utilizzati bruciatori a Low-NO<sub>x</sub> che potrebbero portare a dei piccoli vantaggi in termini di riduzione degli NO<sub>x</sub>.
- nel caso di una combustione mista con utilizzo di gasolio allo 0,1 % si prevede un aumento degli ossidi di zolfo a monte filtro di circa lo 5 %, valore tuttavia fortemente ridotto nel caso di utilizzo di

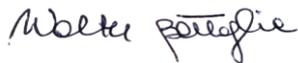
impianti di filtrazione con lavaggio a secco; anche in questo caso l'impianto non avrà grossi problemi a rispettare i limiti previsti nell'Autorizzazione Integrata Ambientale

Le valutazioni riportate nei punti precedenti sono state eseguita sulla base delle informazioni disponibili. Va da se che qualsiasi ipotesi, in assenza di esperienze concrete, andrà confermata attraverso delle prove in campo.

A disposizione per ogni chiarimento si porgono i più distinti saluti.

Walter Battaglia

Sale-Technical Manager

A handwritten signature in blue ink that reads 'Walter Battaglia'.

Nicola Favaro

Technical Director

A handwritten signature in blue ink that reads 'Nicola Favaro'.