


D.M. 29-1-2007

Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, in materia di fabbricazione di vetro, fritte vetrose e prodotti ceramici, per le attività elencate nell'allegato I del D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59.

Pubblicato nella Gazz. Uff. 31 maggio 2007, n. 125, S.O.

D.M. 29 gennaio 2007 [\(1\)](#).

Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, in materia di fabbricazione di vetro, fritte vetrose e prodotti ceramici, per le attività elencate nell'allegato I del [D.Lgs. 18 febbraio 2005, n. 59](#).

[\(1\)](#) Pubblicato nella Gazz. Uff. 31 maggio 2007, n. 125, S.O.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA

TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

di concerto con

IL MINISTRO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

e

IL MINISTRO DELLA SALUTE

Visto il decreto legislativo 18 gennaio 2005, n. 59 recante «Attuazione integrale della [direttiva 96/61/CE](#) relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 4, comma 1 che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, nonchè che l'autorizzazione integrata ambientale sia rilasciata, tra l'altro, nel rispetto delle linee guida medesime e l'art. 4, comma 2, che prevede che, fino all'istituzione di una nuova commissione integrata secondo le disposizioni dello stesso comma, operi la commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. [3, comma 2](#) del [decreto legislativo n. 372/1999](#);

Acquisiti gli elaborati tecnici riportati in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. [3, comma 2](#) del [decreto legislativo n. 372/1999](#);

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 25 agosto 1997, n. 281 nella seduta del 5 ottobre 2006;

Decreta:

1. Emanazione delle linee guida per l'individuazione delle migliori tecniche disponibili.

1. Ai sensi dell'art. 4, comma 1 e 2 [decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59](#), sono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte ai seguenti punti dell'allegato I del medesimo decreto:

3.3. impianti per la fabbricazione del vetro compresi quelli destinati alla produzione di fibre di vetro, con capacità di fusione di oltre 20 tonnellate al giorno;

3.4. impianti per la fusione di sostanze minerali compresi quelli destinati alla produzione di fibre minerali, con una capacità di fusione di oltre 20 tonnellate al giorno;

3.5. impianti per la fabbricazione di prodotti ceramici mediante cottura, in particolare tegole, mattoni, mattoni refrattari, piastrelle, gres, porcellane, con una capacità di produzione di oltre 75 tonnellate al giorno e/o con una capacità di forno superiore a 4 m³ e con una densità di colata per forno superiore a 300 kg/m³.

Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

2. Per criteri di tipo generale e per la definizione dei sistemi di monitoraggio, relativamente alle categorie di attività citate al comma 1, le linee guida riportate in allegato sono da considerarsi unitamente alle linee guida generali e alle linee guida in materia di sistemi di monitoraggio già emanate per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'*allegato I* del [decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372](#) con decreto del 31 gennaio 2005, pubblicato nel supplemento ordinario n. 107 alla Gazzetta Ufficiale 13 giugno 2005.

2. Entrata in vigore.

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Allegato I

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. [3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999](#)

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

3.5. Impianti per la fabbricazione di prodotti ceramici mediante cottura, in particolare tegole, mattoni, mattoni refrattari, piastrelle, gres, porcellane, con una capacità di produzione di oltre 75 tonnellate al giorno e/o con una capacità di forno superiore a 4 m³ e con una densità di colata per forno superiore a 300 kg/m³.

L'Art. [3, comma 2](#), del [D.Lgs. n. 372/99](#), recante «Attuazione della [direttiva 96/61/CE](#) relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» - **abrogato e sostituito dal [D.Lgs. 59/05](#)** - ha previsto l'emanazione di Linee Guida volte alla «individuazione ed utilizzazione delle migliori tecniche disponibili per le attività elencate nell'Allegato 1 dello stesso decreto».

Ciò deve ritenersi orientato al duplice scopo di agevolare l'attività delle Amministrazioni competenti al rilascio dell'«Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A.)» e di pervenire ad un quadro autorizzatorio nazionale, regionale e provinciale efficace ai fini del raggiungimento di elevati obiettivi di salvaguardia ambientale, rispettoso della situazione del tessuto industriale esistente nel nostro Paese e, al tempo stesso, in un contesto per quanto possibile omogeneo e coordinato, che eviti o comunque minimizzi distorsioni della concorrenzialità interaziendale e intersettoriale.

Il presente documento definisce le linee guida nazionali per l'individuazione e l'utilizzo delle migliori tecniche disponibili per il settore «ceramico», in coerenza e nel rispetto dei criteri generali che esplicitino e concretizzino i principi informatori della [direttiva 96/61/CE](#), così come recepiti dal [D.Lgs. n. 59/05](#), quali:

- il principio dell'approccio integrato, quale mezzo per conseguire un'elevata protezione ambientale attraverso la riduzione integrata dell'inquinamento, nelle varie componenti ambientali (la considerazione dei «cross-media effects» costituisce un passaggio essenziale per «prevenire» l'inquinamento);

- la sostenibilità economica delle scelte tecniche conseguenti all'attuazione della Direttiva, che impone l'ottenimento da ciascun impianto della sua migliore performance ambientale senza che ciò penalizzi i livelli produttivi (i costi associati alle migliori tecniche disponibili devono essere tali da non indurre distorsioni del mercato, a salvaguardia della competitività internazionale dell'industria ceramica italiana, già fortemente penalizzata da costi energetici elevati rispetto agli altri Paesi dell'area comunitaria; nella valutazione e scelta delle migliori tecniche disponibili devono inoltre essere considerate le esigenze qualitative, quantitative e di costo del prodotto);

- la contestualizzazione ambientale ed economica al fine di tenere conto di particolari specifiche esigenze ambientali locali.

L'industria ceramica comprende diversi settori che differiscono per prodotti e tecniche di produzione, aventi in comune la trasformazione dell'argilla, eventualmente addizionata con materiali organici ed inorganici, attraverso operazioni di pre-lavorazione, essiccazione e cottura:

- piastrelle per pavimento e rivestimento
- laterizi (mattoni, blocchi, tegole, ecc.)
- ceramica ornamentale
- materiali refrattari
- ceramica sanitaria
- ceramica per usi tecnici
- tubi di argilla vetrificata
- argilla espansa.

Per l'industria ceramica è in corso di predisposizione il BRef comunitario, documento tecnico con validità europea riportante le BAT per i sopraelencati prodotti ceramici. Attualmente risulta disponibile - <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm> - il *Second Draft* del *BRef Ceramics* del giugno 2005.

In tale contesto, le presenti Linee Guida intendono fornire le necessarie informazioni per la valutazione dell'impatto ambientale dei diversi settori industriali e per l'individuazione delle migliori tecniche di produzione.

Al momento, le Linee Guida per i prodotti ceramici prendono in considerazione esclusivamente il settore di produzione delle *piastrelle per pavimento e rivestimento* e di produzione di *laterizi (mattoni, blocchi, tegole, ecc.)*.

Per le attività non considerate potranno essere adottate successivamente ulteriori Linee Guida.

Per il settore «argilla espansa» si rimanda alle Linee Guida «produzione di calce, cemento e argilla espansa».

In accordo all'*allegato 1 del D.Lgs. n. 59/05*, riportante le «Categorie di attività industriali di cui all'art. 1», sono soggetti alla direttiva IPPC i seguenti impianti ceramici:

3.5. Impianti per la fabbricazione di prodotti ceramici mediante cottura, in particolare tegole, mattoni, mattoni refrattari, piastrelle, gres, porcellane, con una capacità di produzione di oltre 75 tonnellate al giorno e/o con una capacità di forno superiore a 4 m³ e con una densità di colata per forno superiore a 300 kg/m³.

Laddove:

- per «*capacità di produzione*» si intende la produzione potenziale giornaliera, in t/d, valutata su 24 ore, di un impianto. Tale capacità di produzione non identifica necessariamente la produzione corrente;

- per «*capacità di forno*» si intende il volume interno totale massimo del forno, in m³. Tale volume, V, è dato da:

$$V[m^3] = w[m] \times h[m] \times L[m]$$

dove, come illustrato nella figura seguente, w è la larghezza massima, h l'altezza massima e L la lunghezza massima del forno (nei forni continui, L è la distanza fra la sezione di ingresso e quella di uscita).



- per «*densità di colata*» si intende la densità di carica, ovvero il rapporto, in kg/m³, fra la massima massa di materiale ceramico contenuta nel forno, espressa in kg di prodotto cotto, e il volume interno totale massimo del forno (capacità di forno) in m³.

In tal senso, sono da considerare soggetti all'Autorizzazione Integrata Ambientale gli impianti ceramici che soddisfano almeno uno dei seguenti criteri:

A) capacità di produzione superiore a 75 tonnellate per giorno;

B) capacità di forno superiore a 4 m³ e densità di carico superiore a 300 kg/m³.

Qualora nello stesso impianto o sito siano operanti più attività comprese al punto 3.5 dell'*allegato 1 del D.Lgs. n. 59/05*, le capacità delle singole attività andranno sommate. Ad esempio nel caso di un forno avente la capacità di produzione di 50 tonnellate per giorno e di un secondo forno con capacità di produzione di 30 tonnellate per giorno, al sito sarà attribuita una capacità di produzione superiore a 75 tonnellate per giorno e ricadrà, quindi, nel campo di applicazione del decreto.

L'autorizzazione integrata ambientale sostituisce ad ogni effetto ogni altro visto, nulla osta, parere o autorizzazione in materia ambientale, previsti dalle disposizioni di legge e dalle relative norme di attuazione. È comunque fatta salva la normativa in materia di valutazione di impatto ambientale (*direttiva n. 97/11/CE* e precedenti) e rischi di incidente rilevante (*direttiva n. 96/82/CE*, attuata a mezzo del *D.Lgs. n. 334/1999*).

La presente sezione intende fornire una breve rassegna delle vigenti disposizioni normative rilevanti per l'industria ceramica ed assorbite dall'Autorizzazione Integrata Ambientale. Ad esse vanno aggiunte le regolamentazioni di fonte regionale.

- Emissioni in atmosfera

L'inquinamento atmosferico è disciplinato dal D.P.R. 24 maggio 88, n. 203 e dalle Linee guida del D.M. 12 luglio 90; è da evidenziare, però, che gli Enti Locali hanno la facoltà di stabilire, in particolari condizioni, limiti alle emissioni maggiormente restrittivi.

D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203

Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'*art. 15 della L. 16 aprile 1987, n. 183*.

D.P.C.M. 21 luglio 1989

Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni, ai sensi dell'*art. 9 della legge 8 luglio 1986, n. 349*, per l'attuazione dell'interpretazione del *D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*, recante norme in materia di qualità dell'aria relativamente ad agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali (con modifiche e integrazioni).

D.M. 12 luglio 1990

Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.

D.P.R. 25 luglio 1991

Modifiche dell'atto di indirizzo e coordinamento in materia di emissioni poco significative e di attività a ridotto inquinamento atmosferico, emanato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 21/7/91.

D.M. 25 agosto 2000

Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del *D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203*.

D.P.C.M. 8 marzo 2002

Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione.

Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 2003

che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la *direttiva 96/61/CE* del Consiglio.

Industria dei laterizi

Per l'industria dei laterizi sono previsti limiti nazionali - per gli stessi inquinanti sono, generalmente, individuati a livello locale limiti più restrittivi - alle emissioni dei forni di cottura:

<i>Ossido di zolfo</i>	<i>1.500 mg/m³</i>
<i>Ossido di azoto</i>	<i>1.500 mg/m³</i>
<i>Fenoli e aldeidi</i>	<i>40 mg/m³</i>
<i>Polveri totali</i>	<i>50 mg/m³, per flusso di massa ≥ 0,5 kg/h</i>
	<i>150 mg/m³, per flusso di massa ≥ 0,1 kg/h e < 0,5 kg/h</i>
<i>Composti inorganici del cloro, espressi come acido cloridrico</i>	<i>30 mg/m³, per flusso di massa ≥ 0,3 kg/h</i>
<i>Fluoro e suoi composti, espressi come acido fluoridrico</i>	<i>5 mg/m³, per flusso di massa ≥ 50 g/h</i>

I valori di emissione si riferiscono ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 18%.

Industria delle piastrelle di ceramica

Per l'industria delle piastrelle di ceramica le Linee guida nazionali prevedano, all'allegato 2, i seguenti limiti settoriali, che prevalgono su quelli generali previsti per le diverse sostanze inquinanti nell'allegato 1.

[Estratto da allegato 2 al [D.M. 12 luglio 1990](#)]

§ 9 Forni per la cottura di prodotti ceramici a base di argilla (i valori di emissione si riferiscono ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 18%)

<i>Ossidi di zolfo</i>	<i>1500 mg/m³</i>
<i>Ossidi di azoto</i>	<i>1500 mg/m³</i>
<i>Fenoli e aldeidi</i>	<i>40 mg/m³</i>

§ 11 Impianti per la produzione di piastrelle di ceramica

<i>Fluoro e i suoi composti</i>	<i>10 mg/m³</i>
<i>Valore di emissione dai forni fusori, dai forni del vetrato e monocottura, dai forni del biscotto e del grés</i>	
<i>Polveri</i>	<i>75 mg/m³</i>
<i>Valori di emissione dagli essiccatoi a spruzzo (atomizzatori)</i>	

L'elevatissima concentrazione territoriale di questo settore che vede l'80% circa della produzione nazionale localizzato nel Distretto di Sassuolo (vedi infra D.2.), ha favorito lo sviluppo da parte della Regione Emilia-Romagna di una precoce e severa regolamentazione nel campo delle emissioni in atmosfera che ha fissato limiti di emissione inferiori a quelli indicati, motivati dalle peculiarità ambientali di quel contesto territoriale interessato dal forte raggruppamento di impianti.

- Scarichi idrici

La materia relativa agli scarichi idrici è regolamentata dal D.Lgs. 11 maggio 99, n. 152 che, basandosi su un approccio integrato, aggiunge alle prescrizioni autorizzative la definizione di obiettivi di qualità delle acque.

D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152

Decreto legislativo recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della [direttiva 91/271/CEE](#) concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della [direttiva 91/676/CEE](#) relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

D.Lgs. 18 agosto 2000, n. 258

Disposizioni correttive e integrative del [D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152](#), in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'art. [1, comma 4](#), della [legge 24 aprile 1998, n. 128](#).

- Rifiuti

La gestione dei rifiuti è regolamentata dal D.Lgs. 22 febbraio 97, n. 22, fondato sul principio della prevenzione nella produzione di rifiuti da attuare attraverso le operazioni di recupero e riciclaggio dei rifiuti.

In attuazione del decreto Ronchi è stato emanato il D.M. 5 febbraio 98 per la regolamentazione del recupero dei rifiuti non pericolosi, in procedura semplificata. Sono ben 101 i rifiuti non pericolosi (33 tipologie) per i quali il DM prevede il recupero nell'industria dei laterizi. Lo stesso decreto prevede poi, alle voci 7.3 e 12.6 dell'allegato 1, le operazioni di recupero dei rifiuti tipici della produzione di piastrelle di ceramica.

In materia di gestione di particolari rifiuti esistono poi diverse norme specifiche applicabili a tutti i settori produttivi quali ad esempio quelle relative ai PCB/PCT ed agli oli esausti.

D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 e successive modifiche ed integrazioni

Attuazione delle direttive 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.

D.M. 5 febbraio 1998

Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli [31](#) e [33](#) del [D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22](#).

Oli esausti:

[D.Lgs. 27 gennaio 1992, n. 95](#)

Attuazione delle direttive 75/439/CEE e 87/101/CEE relative alla eliminazione degli oli usati.

[D.M. 16 maggio 1996, n. 392](#)

Regolamento recante norme tecniche relative alla eliminazione degli oli usati.

PCB/PCT:

[D.Lgs. 22 maggio 1999, n. 209](#)

Attuazione [direttiva 96/59/CE](#) relativa allo smaltimento di PCB e PCT.

[D.M. 11 ottobre 2001](#)

Condizioni per l'utilizzo dei trasformatori contenenti PCB in attesa della decontaminazione o dello smaltimento.

- Rumore esterno

Per gli aspetti riguardanti il rumore esterno la normativa di riferimento è rappresentata dalla legge quadro sull'inquinamento acustico - [Legge n. 447/1995](#) e suoi decreti attuativi - e dal [D.P.C.M. 1 marzo 1991](#), in materia di emissioni sonore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

La [Legge n. 447/95](#) non è immediatamente operativa in quanto subordina la sua attuazione completa ad una serie di altri provvedimenti, in attesa dei quali occorrerà rispettare un «regime transitorio» che prevede l'applicabilità delle norme contenute nel [D.P.C.M. 1 marzo 1991](#) e nel [D.P.C.M. 14 novembre 1997](#).

[D.P.C.M. 1° marzo 1991](#)

Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

[Legge 26 ottobre 1995, n. 447](#)

Principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

Disciplina tutte le emissioni sonore prodotte da sorgenti fisse e mobili.

[D.M. 11 dicembre 1996](#)

Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo ubicati nelle zone diverse da quelle esclusivamente industriali o le cui attività producono i propri effetti in zone diverse da quelle esclusivamente industriali.

[D.P.C.M. 14 novembre 1997](#)

Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore in attuazione dell'art. 3, comma 1, lett. a), [L. n. 447/1995](#).

D.1. Dati sulla produzione

L'industria italiana del laterizio immette sul mercato numerose tipologie di prodotto, caratterizzate da prestazioni ed usi diversi.

Elementi per strutture murarie. I mattoni ed i blocchi vengono prodotti sia in laterizio normale che alleggerito in pasta, allo scopo di incrementarne le prestazioni di isolamento termico ed acustico (i laterizi alleggeriti in pasta si ottengono miscelando all'impasto dell'argilla, prima della loro

formatura, materiale combustibile finemente suddiviso che, a cottura avvenuta, determina la formazione di piccolissimi vuoti all'interno della massa del laterizio).

Mattoni (volume < 5,5 dm ³)	Pieni	(foratura < 15 %)
Blocchi (volume > 5,5 dm ³)	Semipieni	(15% < foratura < 45 %)
	Semipieni	(15% < foratura < 45 %)
	Forati	(foratura > 45%)

Elementi per murature faccia a vista, pavimentazione, arredo urbano. In relazione alle diverse tecnologie di produzione si possono classificare in estrusi (pieni o semipieni), pressati (pieni, con contenuto di umidità dell'impasto che varia dal cosiddetto «pasta molle» al secco) ed a mano (pezzi speciali quali cornici, cimase, modanature particolari). Della famiglia dei faccia a vista fanno parte anche i frangisole, elementi ad elevata percentuale di foratura utilizzati nei tamponamenti verticali «trasparenti».

Elementi per strutture orizzontali (solai). Gli elementi di laterizio per solaio consentono, in unione alla struttura in cemento armato, la realizzazione di orizzontamenti di elevata rigidità e, contemporaneamente, di estrema leggerezza. I laterizi per solaio sono elementi con percentuale di foratura compresa tra il 60 ed il 75% posti in opera a fori orizzontali.

Elementi per coperture (tegole e coppi). In Italia se ne producono di due categorie: le tegole trafilate o «coppi» e le tegole stampate, che prendono diversi nomi a seconda della loro conformazione: portoghese, marsigliese, olandese, romana o embrice. Si possono ottenere in varie colorazioni, sia miscelando opportunamente diverse qualità di argille, sia aggiungendo sostanze coloranti, per lo più ossidi metallici, all'impasto, ottenendo in tal modo colori che vanno dal giallo, al rosso, al «testa di moro».

Elementi per partizioni interne e tamponamenti. Sono elementi di laterizio in cui l'area complessiva dei fori può arrivare fino al 70÷75% dell'area totale della sezione di estrusione. Data l'elevata percentuale di vuoti, vengono prevalentemente utilizzati per pareti di tamponamento e divisori.

Tavelle e tavelloni. Sono laterizi particolari, generalmente a setti sottili, che richiedono materie prime e tecnologie produttive raffinate. Mentre le tavelle trovano impiego nelle controsoffittature, nelle fodere di pareti verticali e in specifici interventi di isolamento termico, i tavelloni vengono impiegati sia per realizzare particolari strutture orizzontali, appoggiati su travetti o muricci (vespai), sia per strutture verticali di controfodera o tramezzatura.

L'industria italiana del laterizio è tra le più significative in Europea: l'Italia ha la maggiore produzione di mattoni e blocchi (principalmente semipieni e forati), la terza produzione di tegole e coppi e la prima, in assoluto, di laterizi per solai (altre produzioni significative di laterizi per solai sono presenti solo in Spagna).

Nel 2004, 190 aziende italiane hanno prodotto, in 218 stabilimenti, circa 20,4 milioni di tonnellate di laterizio:

Produzione di:	Anno 2004, 10³t
elementi per <i>strutture murarie</i>	7.587
elementi per <i>partizioni interne e tamponamenti</i>	5.085
elementi per <i>strutture orizzontali (solai)</i>	3.887
elementi per <i>coperture (tegole e coppi)</i>	1.840
elementi per <i>murature faccia a vista</i>	981
<i>tavelle e tavelloni</i>	562
elementi per <i>pavimentazione</i>	463
TOTALE	20.405

D.2. Indicazione della distribuzione territoriale degli impianti

L'area del Nord Italia ha prodotto laterizi, nel 2004, per il 54% del totale, il Centro per il 21%, il Sud per il 18% e le Isole per il restante 7%.

La razionalizzazione del settore, manifestatasi con l'accorpamento in gruppi, si riflette anche nell'indice di utilizzo degli impianti, oltre l'85%, con una produttività media di 85.000 tonnellate/impianto. Nel 2004, 19 Aziende o Gruppi hanno controllato il 50% dell'intera produzione.



D.3. Numero di personale impiegato

Numero di addetti: 10.000

D.4. Dati macroeconomici

Relativamente al 2004, il settore dei laterizi ha raggiunto un fatturato di 1.400 milioni di euro; limitate sono, invece, le quote di importazione (1,9% del fatturato) e di esportazione (0,6% del fatturato).

D.5. Impatto ambientale del settore

Il ciclo produttivo dei laterizi si articola in una serie di fasi, per ognuna delle quali è associata un'interazione con l'ambiente circostante, in termini sia di consumi di risorse naturali, che di emissioni in atmosfera, scarichi idrici e produzioni di rifiuti.

In particolare, è possibile distinguere i *flussi di input* (consumi di risorse e materiali) necessari per la realizzazione del prodotto, dai *flussi di output* (emissioni inquinanti) derivanti dalle lavorazioni ed attività richieste dal processo.



Argilla. La materia prima utilizzata per la produzione dei laterizi è l'argilla, intendendo per essa una miscela di minerali argillosi, tra cui, illite, caolinite, clorite e montmorillonite associati a quarzo, feldspato, calcite, ossidi di ferro.

L'argilla, estratta da cave di pianura (formatesi in occasione di grandi piene dei corsi d'acqua durante l'era quaternaria) o da cave collinari, deve avere appropriate caratteristiche mineralogiche e fisico-chimiche, con particolare riguardo a plasticità, refrattarietà, granulometria, contenuto in quarzo e carbonati.

La composizione mineralogica non è, pertanto, univocamente definibile, essendo fortemente variabile in funzione della diversa stratificazione geologia e/o dell'ambiente di provenienza: alluvionale, lacustre, glaciale, marino, ecc.

Diversa è anche la composizione chimica delle argille; l'elevato contenuto di alcuni elementi e sostanze chimiche incide fortemente sulle emissioni atmosferiche del processo produttivo. Ad esempio, il rilascio dei composti del fluoro, dello zolfo e del cloro, a parità di condizioni di cottura, risulta tanto più alto quanto maggiore è il contenuto nelle argille dei suddetti elementi - *le figure riportano le distribuzioni della frequenza delle concentrazioni di fluoro, zolfo e cloro nelle argille italiane laterizi.*

I dati di concentrazione di **fluoro** nelle argille variano da 500 a 1200 ppm, secondo una distribuzione quasi simmetrica intorno ad una media di 860 ppm. Il fluoro sembra essere presente in quantità non molto diverse nelle varie unità geologiche, da cui derivano le argille per laterizi. Le uniche eccezioni sembrano costituite dai depositi fluvio-glaciali pleistocenici dell'Italia nord-occidentale e dalle formazioni eo-oligoceniche di Cormos, Ranzano e Montepiano, con tenori medi inferiori a 800 ppm.



Il contenuto di **zolfo** varia, invece, ampiamente. La distribuzione dei dati è di tipo log-normale con la massima parte dei valori in corrispondenza di basse concentrazioni di zolfo (<600 ppm) e soltanto il 5% circa dei campioni con contenuti superiori a 1800 ppm. La concentrazione di zolfo si presenta assai differenziata nelle diverse unità geologiche: nelle regioni settentrionali, sono presenti prevalentemente argille *continentali* a ridotto tenore di zolfo (< 300 ppm), mentre nelle regioni centro-meridionali, le argille *plioceniche* sono caratterizzate da un alto valore di zolfo (circa 1000 ppm).



Anche i tenori di **cloro** nelle materie prime italiane rientrano in un vasto intervallo di valori. La loro distribuzione è di tipo log-normale e la massima parte dei campioni mostra contenuti di cloro inferiori a 150 ppm; la media complessiva risulta pari a 95 ppm. Nell'ambito delle varie unità geologiche di provenienza delle argille, si rileva una certa diversità del contenuto di cloro. I valori più alti contraddistinguono le argille grigio-azzurre del Pliocene nelle regioni meridionali, così come alcune formazioni del Miocene. Le altre argille sono tutte caratterizzate da tenori medi inferiori a 80 ppm di cloro.

Durante le fasi di pre-lavorazione e formatura del processo, all'impasto argilloso possono essere aggiunte sostanze di varia natura, tali da conferire al laterizio le caratteristiche proprie di un prodotto di elevata qualità. I principali materiali impiegati sono rappresentati da:

- additivi alleggerenti (polistirolo, segatura di legno, perlite e fanghi di cartiera, polverino di carbone, ecc.), utilizzati per migliorare le caratteristiche termiche ed acustiche del prodotto;
- additivi minerali (aggregati inerti, scorie d'altoforno, ecc.), utilizzati principalmente per migliorare la struttura minerale del laterizio e variarne la plasticità;
- additivi chimici (carbonato di bario, ossidi di manganese, ecc.), utilizzati per limitare il fenomeno dell'efflorescenza;
- rifiuti «recuperati» (fanghi di cartiera, fanghi dal trattamento delle acque reflue industriali, fanghi ceramici, ecc.).

Relativamente al recupero dei rifiuti, tale tecnica permette di realizzare un equivalente risparmio di argilla, con il duplice effetto di ridurre il consumo di una risorsa naturale e di attuare la corretta gestione dei rifiuti, sottraendoli, presumibilmente, allo smaltimento in discarica.

L'industria dei laterizi è, infatti, fortemente impegnata nelle attività di recupero di rifiuti provenienti da altri settori (recupero di sostanze inorganiche - attività [R5] dell'*allegato C* del [D.Lgs. 22/97](#)).



Nel 1998 - dato disponibile più recente - sono state recuperate circa 256.000 tonnellate di rifiuto, comportando un significativo risparmio di materia prima, paragonabile all'estrazione di una cava di circa 12 ettari, per una profondità di oltre 1 metro.

Acqua. Si stima che per produrre 1 tonnellata di laterizio occorranza circa 0,2 metri cubi di acqua, in parte già presente nell'argilla estratta, impiegata sia nella preparazione dell'impasto che nelle operazioni di lavaggio delle apparecchiature.

Nonostante il ridotto uso, le aziende del settore effettuano generalmente il recupero delle acque utilizzate nel processo.

Energia. L'industria dei laterizi ha progressivamente migliorato il proprio livello di efficienza nell'uso delle risorse energetiche, grazie ai forti investimenti operati negli ultimi 20 anni, passando da un consumo specifico di energia termica di 2.10 GJ per tonnellata di prodotto del 1990, agli attuali 1,96 GJ/t prodotto.

Inoltre, ad una generale diminuzione dei consumi energetici, si è associata una netta prevalenza del ricorso al gas naturale rispetto all'olio combustibile o al combustibile solido, con indubbi benefici anche sulle emissioni atmosferiche.

Pressoché stabili, invece, i consumi di energia elettrica, pur in presenza di una crescente automazione.

Energia elettrica totale utilizzata, (MkWh)	927
Energia autoprodotta, (MkWh)	45
Energia termica utilizzata, (10^{15} J)	35,5

Per quanto riguarda gli aspetti energetici legati al trasporto delle materie prime e, soprattutto, dei laterizi in uscita dal processo produttivo è possibile stimare un consumo di circa 120 milioni di litri di gasolio.

Relativamente alla fase d'uso, occorre evidenziare il ruolo significativo che il laterizio assume nelle problematiche associate al risparmio energetico degli edifici, grazie ai risultati conseguibili mediante l'isolamento termico (per il solo riscaldamento invernale viene indicato un consumo energetico pari al 30-40% del consumo energetico nazionale).

Da una valutazione cautelativa dei risparmi energetici conseguibili per il riscaldamento invernale, ipotizzando soli interventi di isolamento termico caratterizzati da elevata redditività, risulta un risparmio annuo potenziale pari a 8,7 milioni di TEP, a cui corrisponde una emissione «evitata» di CO₂ di circa 26 milioni di tonnellate annue.

Emissioni atmosferiche. Le emissioni atmosferiche della produzione dei laterizi derivano essenzialmente dalla fase di coltura. Altre fonti di emissione sono connesse al trasporto dell'argilla dalla cava allo stabilimento, in particolare, per quanto riguarda le emissioni diffuse di polveri; tuttavia la vicinanza tra cava e sito produttivo tende a limitare tale impatto.

Durante il processo di cottura avvengono delle reazioni chimico-fisiche nelle materie prime che possono portare all'emissione di diverse sostanze inquinanti.

La valutazione, che segue, dell'emissione dei composti di **fluoro**, **zolfo** e **cloro** è stata effettuata per differenza fra i contenuti di fluoro, zolfo e cloro nelle materie prime e nei corrispondenti prodotti cotti. Tale valutazione quantifica, evidentemente, le emissioni «non trattate», vale a dire le emissioni prodotte, ma non necessariamente emesse.

Nella maggior parte dei casi, le cessioni di **fluoro** si mantengono al di sotto del 40% del contenuto di fluoro nell'argilla; in termini assoluti, il rilascio di fluoro risulta, generalmente, inferiore a 400 mg per kg di prodotto - *le figure riportano le distribuzione della frequenza relativa e assoluta dei valori di cessione di fluoro, zolfo e cloro durante la cottura dei laterizi*. I moderati livelli di cessione del fluoro riscontrati nella maggior parte degli stabilimenti italiani sono, probabilmente, dovuti al diffuso impiego di argille ricche di carbonato di calcio, avente un effetto «sequestrante» sul fluoro, ed alla temperatura massima di cottura, che nell'industria italiana è quasi sempre inferiore a 1000 °C. La cessione di fluoro è anche influenzata in maniera fondamentale dalle condizioni di gestione degli impianti di cottura e dal tipo di combustibile impiegato. Inoltre, ha una grande importanza la ritenzione di fluoro da parte delle strutture refrattarie del forno.

Le variazioni del contenuto di **zolfo** tra il materiale crudo ed il prodotto cotto possono essere rilevanti, sia nel senso di una diminuzione che di un incremento della concentrazione dell'elemento. Questa complessa situazione è il riflesso da una parte della forte variabilità dei contenuti di zolfo nelle materie prime e dall'altra dall'uso di combustibili a diverso tenore di zolfo.

Le cessioni sono generalmente inferiori al 60% del tenore di S nell'impasto crudo, mentre l'aumento del contenuto di zolfo nei cotti è caratterizzato da due situazioni più frequenti: una di modesto incremento percentuale (0-20%) e l'altra con vistosi aumenti relativi, superiori al 40% e in alcuni casi più che doppi rispetto al valore di riferimento nel crudo, quando questo valore è molto basso. Più significativa appare la distribuzione delle variazioni assolute di concentrazione. Le cessioni sono generalmente inferiori a 400 mg di zolfo per kg di prodotto, mentre gli aumenti sono per lo più limitati a valori inferiori a 200 mg/kg.



Il **cloro** contenuto nelle argille viene ceduto in larga misura durante il processo di cottura. La cessione può essere anche totale ed è spesso superiore al 40%. In termini assoluti, le cessioni sono generalmente inferiori a 100 mg di cloro per kg di prodotto cotto.



Relativamente alle **polveri totali**, **NO_x** e **CO**, una stima delle emissioni per l'intero settore di produzione è ottenibile utilizzando dei fattori di emissione elaborati dall'EPA (Environmentail Protection Agency - Profile of the Stone, Clay Glass and Concrete Industry, 1997) - *le «polveri totali» sono relative alle emissioni dei forni di essiccazione e di cottura.*



In merito alle emissioni di **anidride carbonica**, occorre rilevare che l'industria italiana dei laterizi ha notevolmente ridotto tali emissioni e parallelamente aumentato le efficienze di combustione, utilizzando, in particolare, gas naturale come combustibile in sostituzione dei combustibili solidi e liquidi: rispetto alle emissioni del 1990, si registra una diminuzione del 13,5%.

Dalla valutazione dei soli consumi energetici, i 218 stabilimenti operativi immettono nell'atmosfera poco più di 2 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno, con un fattore di produzione medio di 116 kg di CO₂ per tonnellata di prodotto. Ne consegue, quindi, che l'industria del laterizio emette, mediamente, meno di 10.000 t CO₂ per anno, pari al 10% del valore di soglia definito dall'inventario delle emissioni (EPER- INES): 100.000 t CO₂/anno.

È da rilevare che le suddette valutazioni non tengono conto dell'emissione di CO₂, derivante dalla calcinazione dei carbonati di calcio e magnesio e dell'ossidazione del carbonio organico presente nelle materie prime. Si tratta evidentemente di CO₂ di «processo», su cui non è possibile intervenire in quanto è lo stesso riscaldamento del materiale che determina la reazione di calcinazione del carbonato e di ossidazione del carbonio.

Come indicato nelle valutazioni relative al rilascio di fluoro, la presenza di calcare nell'impasto non è univocamente quantificabile, essendo intrinsecamente legata alla natura della materia prima e alla sua provenienza. E' importante evidenziare, però, che già un contenuto di carbonati (calcare) pari al 20% - valore medio riscontrabile nelle argille italiane - è tale da determinare una emissione di CO₂ pari a quella dovuta ai soli consumi energetici: 110 kg di CO₂ per tonnellata di prodotto.

Rifiuti. Il settore dei laterizi si caratterizza per essere, oltre che produttore di rifiuti, così come tutti i settori industriali, impegnato nel recupero di rifiuti non pericolosi, a beneficio del consumo di materie prime.

Gli sfridi di laterizio rappresentano la principale tipologia di rifiuti del settore, pari mediamente all'1,2% della produzione di laterizi (tale valore varia notevolmente in funzione delle diverse realtà aziendali). Gran parte degli sfridi sono però reinseriti nel ciclo produttivo, in aggiunta all'impasto ceramico.

Dall'elaborazione dei dati raccolti in base alle dichiarazioni MUD del 1998, relativi al codice Istat 26.4, - dato disponibile più recente - risulta la seguente produzione di rifiuti:

Codice CER

Descrizione

Qnt, t

%

101299	<i>rifiuti non specificati altrimenti [1]</i>	40.955	62,2%
030306	<i>fibra e fanghi di carta</i>	9.697	14,7%
170405	<i>ferro e acciaio</i>	3.532	5,4%
170701	<i>rifiuti misti di costruzioni e demolizioni</i>	1.988	3,0%
010402	<i>sabbia e argilla di scarto</i>	1.945	3,0%
	<i>altri</i>	7.777	11,8%
Totale rifiuti prodotti		65.893 t	

Essendo state recuperate, nello stesso anno, circa 256.000 tonnellate di rifiuto, il bilancio settoriale risulta nettamente positivo, nella misura di quasi 4:1 tra recupero e produzione di rifiuti.

Rumore. L'impatto associato al rumore è, per il settore dei laterizi, di modesta rilevanza. Nonostante ciò le aziende associate sono attente alla problematica, anche in funzione della sua valenza in termini di sicurezza e salute sul luogo di lavoro, e controllano con rilevazioni fonometriche periodiche le emissioni acustiche.

[1] Si tratta, presumibilmente, di «scarto cotto». La catalogazione in vigore del 1998 non prevedeva, infatti, una voce specifica per tale rifiuto, introdotta dal 1° gennaio 2002 con l'Elenco Europeo dei Rifiuti: CER 101208, «*scarti di ceramica, mattoni, mattonelle e materiali da costruzione (sottoposti a trattamento termico)*».

La produzione dei laterizi si basa su una serie di operazioni, altamente industrializzate ed automatizzate.

L'argilla, una volta estratta dalla cava, viene trasportata nello stabilimento produttivo per essere sottoposta alle lavorazioni tipiche del processo di produzione dei laterizi.

Stoccaggio dell'argilla. Lo stoccaggio si rende necessario in quanto la stessa non è direttamente utilizzabile nel processo e deve essere sottoposta a maturazione.

Pre-lavorazione. Allo stoccaggio seguono alcune operazioni preliminari che conferiscono all'argilla le caratteristiche richieste per l'ottenimento di un prodotto finale di elevata qualità. Nel dettaglio, in base al materiale finito che si vuole produrre, nonché allo specifico processo adottato, ma anche alle caratteristiche proprie della materia prima in ingresso, tali operazioni possono consistere in: miscelazione, frantumazione, raffinazione, bagnatura. Durante questa fase possono

essere aggiunti additivi, al fine di migliorare le caratteristiche termiche ed isolanti del prodotto finale e/o a migliorare il processo stesso.

Formatura. Dalla fase di preparazione (o pre-lavorazione) si giunge alla produzione vera e propria la quale comprende, oltre alla formatura, tutte le operazioni di taglio, presa e carico del materiale prodotto da avviare all'essiccazione. La formatura del prodotto può essere realizzata per estrusione o stampaggio, «a freddo» oppure «a caldo», con l'impiego del vapore, con impasti più o meno duri:

- formatura a secco (*non è molto diffusa sul territorio*): essa consiste nell'utilizzo di argilla pressoché secca e nella realizzazione della formatura mediante presse ed estrusori funzionanti ad elevate pressioni. Con la formatura a secco si possono ottenere solo mattoni per muratura;

- formatura «ad umido», attualmente la più diffusa in Italia e in Europa, consiste nell'incrementare il contenuto di umidità dell'impasto, in percentuali tali da evitare di rendere l'impasto molle: la formatura può essere in questo caso realizzata per sola estrusione oppure per estrusione e stampaggio (è il caso delle tegole e di determinati tipi di coppi). Con la formatura ad umido si ottengono tutti gli elementi per muratura, i blocchi da solaio e gli elementi per copertura;

- un grado di umidità maggiore caratterizza l'ultima tipologia produttiva, «in pasta molle», che consente di ottenere un laterizio di gran pregio, spesso associato a lavorazioni «artigianali»: maggiori quantitativi di acqua trasformano l'argilla in una massa particolarmente morbida, la cui forma, contrariamente alle lavorazioni precedenti, si stabilizza solo durante la successiva fase di essiccazione. Con tale tipo di lavorazione si ottengono principalmente i mattoni «faccia a vista» ed i pezzi speciali, nonché elementi da pavimentazione.

Essiccazione. Con l'essiccazione il prodotto consolida la propria configurazione geometrica ed assume i requisiti di resistenza meccanica necessari alle operazioni successive. Essiccatoi alimentati con aria calda, in parte recuperata dal forno, hanno oramai sostituito l'antica essiccazione all'aria aperta seguita dal posizionamento del prodotto al di sopra del forno, così da recuperarne il calore. Tale tecnica è praticata solo in alcune realtà produttive, cosiddette «di nicchia», che producono laterizi con lavorazioni manuali.

Cottura. Durante la fase di cottura, il prodotto essiccato viene assoggettato ad opportuni cicli termici che innescano variazioni fisico-chimiche dei composti minerali. La cottura dei prodotti avviene, generalmente, all'interno di un forno, cosiddetto a «tunnel», costituito da una galleria chiusa alle estremità da un sistema di porte doppie, entro la quale scorrono dei carrelli a ciclo continuo. A metà circa della galleria sono praticati dei fori, o nella volta o nei fianchi, per l'immissione di combustibile, in modo da realizzare un profilo termico lungo tutto il forno che completi il ciclo preriscaldamento-cottura-raffreddamento, a cui devono essere sottoposti i prodotti per essere trasformati in «cotto».

Trattamenti finali ed imballaggio. All'uscita dal forno i laterizi possono subire ulteriori trattamenti (ad es. rettifica, ecc.) prima di essere avviati all'imballaggio e al deposito o direttamente

alla consegna. I laterizi vengono, quindi, confezionati in pacchi mediante reggetta (metallica o di plastica), oppure avvolti con fogli di polietilene termoretraibile.

F. 1. Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per il settore ceramico

La scelta delle tecniche e la determinazione dei relativi valori di riferimento a garanzia delle prestazioni ambientali deve essere coerente con l'obiettivo della Direttiva IPPC di conseguire l'elevata protezione dell'ambiente in forma integrata.

Assume quindi particolare rilevanza la definizione del concetto di «elevata protezione ambientale». A tal riguardo il riferimento principale è senz'altro la normativa ambientale vigente e quella in sviluppo, per cui è da evitare l'imposizione di vincoli ambientali ridondanti ed arbitrari, ciò al fine di raggiungere prestazioni ambientali idonee alla protezione degli ecosistemi e coerenti in termini economici di competitività.

I valori limite di emissione e/o indici prestazionali ambientali devono, quindi, basarsi sulle migliori tecniche disponibili e dunque sulle tecniche ambientalmente più efficaci che siano economicamente applicabili nelle condizioni impiantistiche, gestionali, geografiche ed ambientali in cui opera l'impianto, in armonia con gli strumenti di pianificazione e programmazione del territorio.

In accordo alla definizione del D.Lgs 59/05 e dalla stessa Direttiva 61/96, le BAT sono le **tecniche impiegate per l'esercizio, la manutenzione e la chiusura dell'impianto, più efficaci ai fini di un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso; tali tecniche devono essere sviluppate su una scala tale da consentirne l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del comparto ceramico, in considerazione dei costi, dei vantaggi e dell'accessibilità da parte del gestore a condizioni ragionevoli.**

Il BRef, documento basato su uno scenario medio europeo riportante l'indicazione delle migliori tecniche disponibili da impiegare nei singoli impianti, rappresenta uno dei principali riferimenti - non esclusivo, né esaustivo - per la definizione delle BAT.

Il BRef Ceramics, pur non definitivo (Second Draft del giugno 2005) individua le BAT di settore **prediligendo** alle misure secondarie, tecniche di abbattimento definite «*end of pipe*», **interventi «primari» di prevenzione.**

Al BRef Ceramics si rinvia per il reperimento di ulteriori specifiche informazioni sulle tecniche e tecnologie di processo e di abbattimento e relative prestazioni.

F.2. Aspetti tecnici etnologici del settore ceramico

Preparazione delle materie prime. Una prima macinazione ed omogeneizzazione dell'argilla è generalmente ottenuta già nelle operazioni di estrazione, anche se per assicurare elevati requisiti prestazionali dei prodotti ceramici è necessaria una più accurata fase di preparazione.

La preparazione dell'impasto ceramico presuppone la miscelazione delle materie prime secondo le dovute proporzioni (ricetta) e l'omogeneizzazione delle stesse per garantire una uniformità fisica e chimica. In funzione del prodotto ceramico da ottenere, la miscelazione può avvenire con operazioni continue o discontinue. Le proporzioni tra i vari componenti della miscela (§.5 *Impatto ambientale del settore*) avvengono spesso in modo automatico, tramite i sistemi di controllo delle apparecchiature di alimentazione; la durata e l'intensità della miscelazione incidono in modo significativo sulle proprietà dell'impasto e, conseguentemente, del prodotto finale.

Formatura del prodotto «verde». I prodotti ceramici sono tradizionalmente formati allo stato plastico e per alcuni millenni tale operazione è stata eseguita manualmente. Oggi la richiesta di prodotti di qualità, rispondenti a determinati requisiti tecnici, impone l'uso di tecniche industriali:

- Formatura per pressione

- meccanica, utilizzata nella produzione di mattoni a «pasta molle»;

- idraulica meccanica, utilizzata per la formatura di tegole; l'argilla, con un grado di umidità del 15 - 17%, in forma di «gallette» derivanti da una colonna di estrusione, viene pressata in un apposito stampo, riportante nella parte inferiore e superiore il profilo della tegola (negativi della forma).

- Formatura per estrusione, largamente utilizzata nella manifattura di blocchi e mattoni, nonché nella produzione delle «gallette» da pressare negli stampi per tegole. L'impasto, allo stato plastico, viene miscelato con l'acqua per raggiungere la consistenza richiesta per essere forzato da una coclea nella filiera dell'estrusore; un deareatore sotto vuoto è generalmente posizionato a monte della coclea per migliorare la compattezza dell'impasto. Il materiale estruso viene, quindi, tagliato nella misura desiderata.

Essiccazione. Nell'industria moderna si richiede l'ottimizzazione dell'essiccazione in termini di velocità, di efficienza termica e di bassa produzione di scarti. Ad eccezione dei processi di essiccazione lenta, si rende necessario mantenere un accurato controllo della velocità di riscaldamento, della circolazione dell'aria, della temperatura e dell'umidità. L'aria calda per l'essiccazione è generalmente ottenuta per mezzo di bruciatori a gas ed, in parte, recuperata dal forno di cottura.

Gli essiccatoi prevedono una zona di preriscaldamento in condizioni di alta umidità e l'immissione di aria più calda e più secca nella sezione terminale per favorire la rimozione completa dell'umidità.

- Essiccatoi continui, essenzialmente costituiti da una struttura a tunnel, attraversata da carrelli sui quali viene caricato il prodotto «verde». Gli essiccatoi continui sono caratterizzati da una distribuzione fissa, nel tempo e nello spazio, delle condizioni termoigrometriche; il prodotto, nel suo cammino tra l'una e l'altra estremità, incontra, quindi, variazioni graduali di condizioni di essiccazione. Aria calda viene introdotta nell'essiccatoio tramite dei ventilatori; questa cede calore al prodotto ed assorbe l'umidità. Lungo il tunnel, sono inoltre posizionati dei ventilatori ausiliari per

incrementare la turbolenza e, quindi, l'efficienza dell'essiccazione. L'aria di alimentazione si introduce in maggiore quantità nella zona più secca e calda dell'essiccatoio, dove servono alte differenze psicrometriche delle miscele; la parte rimanente si inietta in diversi punti, regolarmente distanziati in senso longitudinale, per distribuire in zone a maggiore umidità più elevati poteri essiccanti locali. Un essiccatoio continuo è caratterizzato da un tempo di essiccazione compreso tra le 15 e le 40-50 ore. Tempi di essiccazioni minori, compresi tra 1 e 4-5 ore, sono ottenibili con gli essiccatoi «rapidi».

- Essiccatoi statici, costituiti da gruppi di locali separati ed indipendenti, chiamati normalmente camere. Le camere vengono riempite una dopo l'altra, in funzione del volume di produzione: il prodotto rimane fermo, mentre si modificano nel tempo le condizioni termoigrometriche interne. La temperatura della camera è raggiunta a velocità controllata sia direttamente, con l'introduzione di aria calda, che indirettamente, grazie allo scambio termico superficiale. Un'elevata circolazione dell'aria migliora l'efficienza di essiccazione; la trasmissione del calore avviene, infatti, principalmente per convezione e in misura minore per irraggiamento e conduzione. I cicli di essiccazione realizzabili negli statici variano dalle 20 ore alle 60 ore.

- Essiccatoi semicontinui, si tratta di essiccatoi, simili a quelli continui per la modalità di carico del prodotto e di attraversamento dei carrelli nel tunnel. Si differenziano, invece, dall'essiccatoio continuo perché tutti i carrelli prodotti in uno o due turni di lavoro vanno introdotti completamente nella galleria, senza deposito di riserva. Il ritmo di avanzamento dei carrelli segue quello della produzione, mentre nelle ore di riposo delle macchine il funzionamento dell'essiccatoio semicontinuo è simile a quello di un essiccatoio statico.

- Deumidificatori, del tipo a camere. La tecnica si basa sul mantenimento del livello di umidità dell'aria ben al di sotto del livello di saturazione, in modo da favorire l'evaporazione a bassa temperatura; occorre, pertanto, provvedere alla continua rimozione del vapore acqueo per condensazione.

Cottura. Il processo di cottura rappresenta la fase «essenziale», in quanto conferisce al prodotto importanti proprietà, quali la resistenza meccanica, la resistenza all'abrasione, la stabilità dimensionale, l'assorbimento d'acqua e l'inerzia chimica.

L'impasto ceramico è costituito da una miscela di minerali argillosi, quarzo, feldspati, carbonati, gesso, ossidi metallici e, in alcuni casi, sostanze organiche. In fase di cottura, ogni residuo di umidità viene eliminato tra i 100°C e i 200°C. Se sono presenti sostanze organiche e pirite, queste vengono ossidate a temperature comprese tra 250°C e 500°C. L'acqua chimica, presente nella struttura dei minerali argillosi, viene allontanata tra 500°C e 650°C, mentre i carbonati come la calcite e la dolomite subiscono la dissociazione tra 750°C e 950°C (processo di calcinazione con formazione di anidride carbonica).

La reazione più importante che agisce sulle proprietà del prodotto riguarda la rottura del reticolo strutturale dei minerali, con formazione di cristalli allo stato vetroso. La cristallizzazione inizia alla temperatura di 900°C e si completa a circa 1050°C. Durante la vetrificazione, alcuni minerali non argillosi, come il quarzo, gli ossidi di ferro, i composti del calcio e gli alcali (ossidi di sodio e potassio) rimangono incorporati nel prodotto. Alcune reazioni eutettiche e di sinterizzazione possono verificarsi tra i granuli minerali e le fasi fuse.

- Forni continui «a tunnel», essenzialmente costituiti da una struttura a tunnel di materiale refrattario. Il prodotto secco viene caricato su appositi carrelli che attraversano il forno in controcorrente al flusso d'aria. Il materiale incontra, quindi, sezioni trasversali successive, per ognuna delle quali la media delle temperature, fissa e costante nel tempo, è impostata secondo la «curva di cottura». Lo scambio di calore avviene tra gas e prodotti ed interessa anche il rivestito del carrello: il prodotto viene preriscaldato dai gas caldi provenienti dalla zona di cottura, mentre l'aria che entra dall'estremità finale del forno raffredda i prodotti cotti e, a sua volta, viene preriscaldata prima di raggiungere la zona di cottura. Una parte dell'aria proveniente dalle zone di raffreddamento viene generalmente utilizzata negli essiccatoi. I forni a tunnel sono caratterizzati da spostamenti del materiale agevoli e meccanizzabili (i «pacchi», una volta caricati, non sono soggetti ad urti e scuotimenti brutali, né ci sono spostamenti nelle macchine e nelle attrezzature del forno). I forni a tunnel possono essere costruiti con dimensioni elevate, fino a 8-10 in larghezza e 150-160 m in lunghezza.

- Forni continui «a camere», costituiti da una serie di camere di cottura operanti in sequenza. I fumi attraversano le varie camere in modo da consentire il preriscaldamento delle camere successive per una migliore efficienza termica.

- Forni a «fuoco mobile» (Hoffmann), si tratta di forni costituiti da una struttura a circuito chiuso, nella quale avviene una continua rotazione sia della zona interessata dalla curva di cottura che, contemporaneamente, delle operazioni di carico del secco e di scarico del cotto. I primi forni Hoffmann erano a forma circolare ed, una volta costruito, non consentiva alcuna possibilità di ampliamento. Dalla forma circolare si è successivamente passati a quella chiamata impropriamente «ellittica», nella quale rimangono circolari le due testate, mentre diventano a sviluppo rettilineo le parti centrali. Un'ulteriore semplificazione costruttiva è stata introdotta con la squadratura delle testate: il forno appare costruito da due gallerie diritte ed affiancate, il passaggio del fuoco e dei gas dall'una all'altra avviene semplicemente attraverso un cunicolo vuoto.

- Forni intermittenti, costituiti da camere singole caricate con materiale essiccato, richiuse e portate in temperatura con bruciatori a gas. I forni intermittenti sono usati per produzioni di piccola scala e per pezzi speciali.

F.3. Aspetti ambientali: i consumi (di materie prime, energetici ed idrici)

Materie prime. Le argille utilizzate per la produzione di laterizio sono costituite da vari minerali, quali la caolinite, l'illite, la montmorillonite (smectite), la vermiculite e la pirite, e da minerali non argillosi, quali il quarzo, i feldspati e la calcite. La composizione mineralogica non è univocamente definibile essendo fortemente variabile in funzione della diversa stratificazione geologica e/o dell'ambiente di provenienza: alluvionale, lacustre, glaciale, marino, ecc.

Diverso è anche il contenuto delle sostanze chimiche; ai fini delle emissioni atmosferiche del processo produttivo, risultano rilevanti i contenuti di fluoro, zolfo (presente principalmente come pirite) e ossidi di calcio, principalmente presente come calcite (§.5 *Impatto ambientale del settore*).

In molti processi è richiesto, inoltre, l'impiego di additivi per migliorare le proprietà dei prodotti finiti, quali il ritiro in essiccazione e in cottura, la porosità, la resistenza meccanica, il colore, la resistenza al fuoco.

In termini di consumo dell'argilla, si stima che per produrre 1 tonnellata di laterizio occorranza circa 1,25 tonnellate di argilla, per effetto del rilascio dell'umidità e delle sostanze volatili; nel 2002, sono state quindi lavorate oltre 22 milioni di tonnellate.

Energia. Il settore dei laterizi è considerato «energy intensive», in virtù dell'elevata incidenza dell'energia, utilizzata nei forni di cottura e di essiccazione, sul costo di produzione: mediamente del 17 - 25%, per un massimo del 30%.

Tra i comparti ceramici, il settore dei laterizi, pur essendo il maggiore utilizzatore di energia in funzione della maggiore produzione, è caratterizzato dal minor consumo specifico di energia, essendo gli impianti ad elevata efficienza.



Il consumo di energia dipende dalla materia prima utilizzata, dal processo produttivo ed anche dal tipo di prodotto, nonché dalla tecnica di cottura utilizzata.

In Europa si riscontrano forti variazioni nel consumo specifico di energia, anche in funzione delle lavorazioni principalmente presenti:

- in Austria, in Germania ed in Italia, dove è diffuso l'uso di blocchi alleggeriti, il consumo specifico di energia è di 1,6-1,9 GJ/t. La minore densità del blocco, dovuta alla presenza di agenti porizzanti nell'impasto, e la presenza di sostanze organiche, che contribuiscono al bilancio energetico, determinano un basso consumo energetico;

- in Belgio ed in Olanda, dove sono maggiormente impiegati mattoni faccia a vista, caratterizzati da una maggiore densità e, spesso cotti a temperature più alte rispetto ai blocchi alleggeriti, si registra un consumo specifico di energia più alto, pari a 2,5-2,7 GJ/t.

In tutti i Paesi Europei il consumo specifico di energia per la produzione di laterizi ha subito, comunque, una considerevole riduzione: mediamente del 21% negli ultimi 10 anni, ma con punte anche del 40%. La stessa scelta delle fonti energetiche è stata orientata verso combustibili più puliti, preferendo il gas naturale ai combustibili solidi e liquidi: il gas naturale è, oggi, comunemente utilizzato nella misura del 90% dell'energia richiesta.

Gli impianti e le apparecchiature utilizzate per la comminazione e la miscelazione delle materie prime, nonché per la formatura richiedono, invece, esclusivamente l'uso di energia elettrica, mentre i trasporti interni ed esterni (consegna del prodotto) e l'approvvigionamento delle materie prime dalla cava comportano il consumo di gasolio.

Risorse idriche. L'acqua è utilizzata nelle fasi di maturazione - è richiesta una buona qualità - e di formatura, nonché nelle operazioni di lavaggio delle attrezzature.

F.4. Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici)

Emissioni in atmosfera. Emissioni gassose sono associate a tutte le fasi di lavorazione; possono essere di tipo diffuso (emissioni dovute al controllo degli ambienti di lavoro) e di tipo puntuale (gas di scarico dei forni di essiccazione e cottura).

- Particolato solido. La lavorazione delle materie prime comporta inevitabilmente la formazione di polveri, in maggior misura nel caso di lavorazioni a secco. Le attività di essiccazione, comminuzione, vagliatura e miscelazione delle materie prime possono determinare il rilascio di polveri fini, richiedendo idonee apparecchiature di captazione, anche per assicurare una bassa esposizione dei lavoratori (igiene ambientale). Polveri possono derivare, anche, dalle attività di essiccazione, di cottura e di finizione.

- Anidride solforosa e altri composti dello zolfo. La concentrazione di SO_x nei fumi (principalmente anidride solforosa, SO_2) è strettamente correlata al contenuto di zolfo nella materia prima e nei combustibili utilizzati (tale contributo è nullo nel caso di utilizzo di gas naturale). Lo zolfo è presente nelle argille in forma di pirite (FeS_2) ed in alcuni casi in forma di marcassite (pirite bianca).

Ai fini del contenimento delle emissioni di zolfo, risulta rilevante la presenza del carbonato di calcio ($CaCO_3$) nelle materie prime: l'ossido di calcio (CaO), che ne deriva per calcinazione durante la fase di cottura, reagisce con l'anidride solforosa con formazione di solfato di calcio che rimane nel prodotto.

- Ossidi di azoto ed altri composti dell'azoto. La formazione di NO_x è principalmente dovuta alla ossidazione dell'azoto e dell'ossigeno presenti nell'aria di combustione. Questa reazione è favorita alle alte temperature (superiori a $1200^\circ C$), generalmente, non raggiunte nell'industria italiana (la temperatura di cottura è inferiore a $1000^\circ C$). Risulta, quindi, un'emissione poco rilevante.

- Monossido di carbonio ed anidride carbonica. La produzione di monossido di carbonio (CO) è dovuta alla combustione della eventuale materia organica presente nel corpo ceramico ed è favorita da un'atmosfera riducente. Il monossido di carbonio può inoltre derivare dalla reazione del carbonio fisso presente nel prodotto con l'anidride carbonica (CO_2) rilasciata in fase di cottura. L'anidride carbonica è, infatti, fortemente presente nei fumi, essendo un prodotto della combustione dei combustibili e della calcinazione dei carbonati. La presenza di un'atmosfera fortemente ossidante (ossigeno al 18%) comporta evidentemente una bassa emissione di incombusti (C , CO e COV), favorendo la totale ossidazione delle sostanze carboniose.

- Composti Organici Volatili (COV). L'eventuale emissione di COV può essere attribuita sia ai composti già presenti nelle argille e negli additivi utilizzati che alla formazione degli stessi nella fase di cottura, in particolare nella sezione iniziale del forno.

- Metalli e composti. Il contenuto di metalli pesanti nelle materie prime è generalmente sufficientemente basso da non indurre emissioni significative, anche in considerazione di possibili reazioni nel prodotto.

- Cloro e composti. Le materie prime possono contenere tracce di cloro, tali da determinare, in cottura, il rilascio di composti inorganici, principalmente acido cloridrico (HCl), in concentrazioni, generalmente, poco rilevanti.

- Fluoro e composti. Il fluoro, presente nelle materie prime, viene parzialmente rilasciato a temperature superiori a 800°C, principalmente in forma acida (HF). La presenza di calcare nelle materie prime o, eventualmente, aggiunto nell'impasto comporta una significativa riduzione delle emissioni di acido fluoridrico.

Scarichi idrici. Gli scarichi idrici sono dovuti essenzialmente alle operazioni di lavaggio. L'orientamento attuale è di riutilizzare/riciclare le acque, ottimizzando i sistemi di trattamento in filiazione della qualità delle acque richiesta nelle fasi del processo. Il riutilizzo comporta un duplice effetto sull'ambiente sia in termini di risparmio della risorsa che di riduzione degli scarichi.

F.5. Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

I rifiuti solidi sono costituiti, principalmente, dagli scarti di produzione non conformi ai requisiti di qualità. Altri rifiuti sono dovuti alle operazioni di trattamento dei fumi e delle acque di scarico.

Parte dei rifiuti sopra citati può essere riutilizzata nell'impasto, in dipendenza delle specifiche di prodotto o dei requisiti di processo. I materiali che non possono essere riutilizzati internamente, lasciano l'impianto per essere utilizzati o riciclati in altri settori oppure per essere smaltiti.

F.6. Aspetti ambientali: analisi dei rischi

L'analisi storica non evidenzia incidenti nelle industrie per la produzione di laterizi che rientrino tra gli «incidenti rilevanti», così come definiti dal [D.Lgs. 334/99](#).

F.7. Rassegna delle migliori tecniche e tecnologie per l'industria ceramica

Efficienza energetica. L'industria ceramica ha conseguito notevoli progressi nella riduzione del consumo specifico di energia attraverso l'implementazione di diverse misure ed interventi.

a) Migliore progettazione dei forni:

a.1 incremento nelle dimensioni dei forni, per una minore produzione di scarti e riduzione delle perdite di calore;

a.2 miglioramento delle chiusure dei forni con l'introduzione di chiusure metalliche e tenute ad acqua o sabbia;

a.3 miglioramento dell'isolamento termico dei forni e delle piste dei carrelli con riduzione delle perdite di calore;

a.4 impiego di bruciatori ad alta velocità per una maggiore efficienza di combustione ed un migliore scambio termico;

a.5 controllo automatico dei regimi di cottura.

b) Recupero del calore. Un significativo risparmio energetico viene conseguito utilizzando negli essiccatoi, in aggiunta all'energia fornita dai bruciatori, il calore recuperato dalle zone di raffreddamento dei fori di cottura.

c) Utilizzo di combustibili «puliti». Il progressivo passaggio ai combustibili gassosi, in sostituzione dell'olio combustibile e dei combustibili solidi, ha comportato un miglioramento dell'efficienza di combustione ed, in teoria, l'eliminazione della fuliggine nelle emissioni. I combustibili solidi producevano polveri sottili, il cui abbattimento necessitava spesso di costosi processi di trattamento dei fumi, con un ulteriore consumo di energia elettrica. L'introduzione, inoltre, di bruciatori sempre più sofisticati e gestiti da sistemi automatici di controllo ha contribuito al risparmio energetico e alla riduzione degli scarti di prodotto.

L'impiego dei combustibili gassosi, caratterizzati da un elevato rapporto H:C, comporta una minore produzione di CO₂ a parità di energia prodotta.

d) Modifiche dell'impasto ceramico. La composizione dell'impasto ceramico, anche attraverso l'impiego di additivi e/o di materie prime seconde, può influire sulla velocità di essiccazione e cottura, consentendo l'utilizzo di forni a bassi volumi e ridotto tempo di permanenza.

Lo stesso impiego di additivi porizzanti, incidendo sulla riduzione della densità dei prodotti, determina una minore richiesta di energia in cottura.

Tecniche di abbattimento delle emissioni. Le tecniche di contenimento delle emissioni da preferire sono quelle di tipo preventivo, interventi primari che determinano la riduzione delle emissioni alla fonte. In alcuni casi si può rendere necessaria anche l'implementazione di misure secondarie, tecniche di abbattimento definite «end of pipe».

e) Polveri ed emissioni di particolato.

Interventi primari:

e.1 confinamento delle operazioni di vagliatura e miscelazione;

e.2 miglioramento della tenuta dei silos di stoccaggio, equipaggiati con filtri per il contenimento delle dispersioni delle polveri nelle operazioni di carico;

e.3 filtrazione dell'aria dispersa nelle operazioni di carico dei miscelatori e dei dosatori;

e.4 impiego di convogliatori coperti ed in depressione;

e.5 impiego di sistemi pneumatici di convogliamento.

Interventi secondari:

e.6 utilizzo di separatori centrifughi (cicloni), che presentando una minore efficienza di abbattimento delle particelle più piccole sono a volte utilizzati come pre-separatori;

e.7 utilizzo di sistemi di abbattimento delle polveri: filtri a manica autopulenti e filtri lamellari. I filtri a manica consentono un'elevata ritenzione del particolato, generalmente superiore al 98% e, in funzione della dimensione delle particelle, anche fino al 99%. I moderni tessuti sintetici, di cui sono costituite le maniche, consentono la filtrazione anche a temperature elevate ed in presenza di agenti corrosivi. Ai filtri a manica può essere associata l'iniezione di calcare nei fumi per favorire la rimozione del fluoro, presente in forma acida (HF), con formazione di fluoruro di calcio, solido inerte;

e.8 utilizzo di scrubber a umido, del tipo Venturi, per la separazione di particolato da fumi molto umidi. La tecnica esige il successivo trattamento dell'acqua di lavaggio;

e.9 impiego di precipitatori elettrostatici, in caso di flussi elevati e ad alta temperatura.

f) Ossidi di zolfo

Interventi primari:

f.1 utilizzo di materie prime a basso contenuto di zolfo (laddove possibile);

f.2 aggiunta di additivi a basso contenuto di zolfo, con effetto di diluizione;

f.3 aggiunta di calcare in polvere per favorire la ritenzione degli ossidi di zolfo. Il solfato di calcio che si produce rimane nel prodotto ed incide su alcune proprietà del prodotto, quali: il colore, le inclusioni calcaree, la tendenza all'efflorescenza, la resistenza ai cicli di gelo e disgelo;

f.4 utilizzo di combustibili a basso contenuto di zolfo, come il gas naturale;

f.5 impiego di tecniche finalizzate a velocizzare il ciclo di cottura, in modo da limitare le emissioni degli ossidi di zolfo. Questi si formano generalmente per ossidazione della pirite e/o per dissociazione del solfato di calcio presente nell'impasto; il rilascio di SO_x avviene spesso nella zona del forno a temperature comprese tra i 500°C e quella di rammollimento.

Interventi secondari:

f.6 impiego di impianti di abbattimento a secco: il passaggio dei fumi attraverso un letto di calcare in granuli consente la rimozione di SO_x;

f.7 impiego di impianti di abbattimento a secco che, grazie all'azione di reagenti granulari sintetici costituiti da una miscela di carbonato di calcio e di idrossido di calcio - CaCO₃:Ca(OH)₂ - rimuovono la SO₃ (fino al 90%) e la SO₂ (fino all'80%).

g) Ossidi di azoto. L'industria del laterizio è caratterizzata da limitate emissioni di azoto che generalmente non richiedono l'uso di impianti di abbattimento.

L'impiego di materie prime ed additivi a basso contenuto di azoto rappresenta, di per sé, una valida misura di tipo primario. Una riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto può essere ottenuta grazie all'impiego di bruciatori «Low-NO_x» (a bassa produzione di ossidi di azoto).

h) Composti organici volatili (COV)

Interventi primari:

h.1 impiego di gas naturale per una migliore efficienza di combustione;

h.2 ricircolo dei gas di combustione dalla zona di preriscaldamento del forno alla zona di effettiva cottura;

h.3 riduzione del contenuto di composti organici nelle materie prime, per aggiunta di additivi e leganti;

h.4 modifica delle tecniche di cottura per assicurare condizioni maggiormente ossidanti all'interno del forno.

Interventi secondari:

h.5 utilizzo di una sezione di post-combustione, equipaggiata con scambiatore di calore. In genere è richiesta una temperatura di post-combustione di almeno 800°C, con un tempo di permanenza minimo di 1,5 secondi. L'ossidazione dei COV a temperatura più bassa ($\approx 300^\circ\text{C}$) può essere ottenuta con i post-combustori di tipo catalitico. La presenza nei fumi di particolato, anche a basse concentrazioni, o di altri inibitori può limitare l'azione dei catalizzatori. Inoltre, i catalizzatori tendono ad ossidare l'anidride solforosa in anidride solforica (da SO_2 a SO_3), molto più tossica e corrosiva.

i) Composti inorganici del fluoro

Interventi primari:

i.1 utilizzo di materie prime a basso contenuto di fluoro (laddove possibile);

i.2 sostituzione di parte dell'argilla con materiali a basso contenuto di fluoro, con effetto di diluizione;

i.3 aggiunta di calcare per favorire la formazione di fluoruro di calcio, composto stabile che rimane nel prodotto. Il fluoruro di calcio che si produce rimane nel prodotto ed incide su alcune proprietà del prodotto, quali: il colore, le inclusioni calcaree, la tendenza all'efflorescenza, la resistenza ai cicli di gelo e disgelo;

i.4 ricorso a cicli di cottura più rapidi. Le caratteristiche delle materie prime influiscono sull'emissione di fluoro, ma è determinante il tempo di cottura a temperature superiori agli 800°C.

Interventi secondari. I sistemi di abbattimento del fluoro si basano sulla reazione del fluoro in fase gassosa con i reagenti solidi. L'efficienza dei diversi reagenti dipende da alcuni fattori, quali la concentrazione del fluoro nei fumi, il tempo di contatto tra gas e reagenti, la temperatura del gas, la superficie specifica del reagente, la reattività chimica del reagente ed il livello di turbolenza nella zona di reazione. Per il contenimento delle emissioni di fluoro possono essere implementate le seguenti misure secondarie:

i.5 utilizzo di impianti di trattamento a secco che prevedono il passaggio dei fumi attraverso strati di calcare granulare (granuli di dimensione di 4-6 mm). Questi scrubber possono trattare fumi a temperature superiori ai 500°C, senza necessità del raffreddamento. Dato che la reazione è confinata sulla superficie dei granuli, questi ultimi devono essere rigenerati - rimozione dei prodotti di reazione presenti sullo strato superficiale - per essere riutilizzati;

i.6 impiego di filtri a manica per l'adsorbimento di HF, con a monte una sezione di convogliamento dei fumi nella quale vengono iniettati pneumaticamente reagenti in polvere, quali idrossido di calcio - Ca(OH)_2 , bicarbonato di sodio - NaHCO_3 , carbonato di calcio - CaCO_3 . I reagenti sono aggiunti a monte dell'impianto per assicurare un più alto tempo di contatto con i fumi;

i.7 utilizzo di precipitatori elettrostatici, sempre a valle di un trattamento con reagenti in polvere come in *i.6*. Rispetto ai filtri a manica, consentono di trattare i fumi a temperature più alte, ben oltre i 400°C;

i.8 impiego di scrubber ad umido del tipo Venturi. Sono molto efficaci nella rimozione del fluoro, ma operano ad una temperatura di 70-80°C, richiedendo pertanto una fase di raffreddamento molto spinta. Le apparecchiature devono essere fabbricate con materiali anticorrosivi, dato che il fluoro in soluzione è estremamente aggressivo. Di solito vengono aggiunti reagenti alcalini nel fluido degli scrubber per mantenere costante il valore del pH. A tal fine sono utilizzati idrossido di sodio e carbonato di sodio, con il vantaggio di favorire la formazione di fluoruro di sodio solubile e di inibire, quindi, la formazione di incrostazioni e depositi all'interno dello scrubber. Il liquido derivante dallo scrubber è, però, tossico e richiede un ulteriore trattamento (con calcare) per formare fluoruro di calcio, inerte.

Tecniche di trattamento delle acque di scarico. Il consumo d'acqua varia fortemente tra settori e processi. L'acqua addizionata direttamente all'impasto ceramico non crea scarichi da trattare, dato che subisce un processo di evaporazione nelle fasi di essiccazione e di cottura. Alcuni scarichi possono derivare, invece, dalle attività di preparazione e di formatura con l'allontanamento in sospensione dei materiali argillosi. Il trattamento delle acque, laddove necessario, avviene per decantazione naturale in idonee vasche di raccolta o per separazione meccanica o chimica dei minerali argillosi dalle acque. Questi trattamenti possono agevolare il riutilizzo dei solidi e delle acque in alcune fasi del processo produttivo.

j) Acqua per lo scambio termico. L'acqua utilizzata negli scambiatori di calore deve essere di buona qualità e caratterizzata da bassa durezza, per prevenire l'insorgere delle incrostazioni.

L'acqua può essere riciclata in circuiti chiusi previo raffreddamento e/o trattamento e non incide, quindi, sul consumo totale.

k) Acqua utilizzata negli scrubber. L'acqua è utilizzata anche negli scrubber ad umido per il trattamento dei fumi. In questi sistemi può essere utilizzata acqua di recupero derivante dal semplice trattamento fisico degli scarichi idrici.

l) Acqua di lavaggio. L'acqua è utilizzata per il lavaggio delle apparecchiature di prelavazione dell'impasto. Il consumo di acqua per il lavaggio è pertanto fortemente variabile.

Le principali azioni che possono essere implementate per il contenimento del consumo idrico sono:

l.1 installazione nei circuiti dell'acqua di valvole automatiche per la riduzione delle perdite;

l.2 installazione di sistemi ad alta pressione negli impianti di lavaggio;

l.3 sostituzione dei sistemi di trattamento ad umido, ampiamente diffusi, con sistemi alternativi a secco;

1.4 riutilizzo delle acque di lavaggio.

La soluzione migliore considera il riutilizzo dell'acqua di scarico nello stesso processo produttivo. Se l'acqua di recupero deve essere riutilizzata nella fase di preparazione dell'impasto, in teoria non è richiesto alcun trattamento; se invece l'acqua di recupero deve essere utilizzata per le operazioni di lavaggio delle apparecchiature, per le quali è richiesto un idoneo livello di qualità dell'acqua, allora è necessario sottoporre gli scarichi a trattamenti di sedimentazione e di aerazione, con o senza trattamento chimico per la rimozione degli odori.

Si riportano, di seguito, alcune valutazioni sulle tecniche candidate quali «migliori disponibili» individuate per l'intero settore ceramico nel §F.7 con numerazione a.1÷ m.4, con riferimento sia alle specifiche prestazioni delle tecniche, che alle implicazioni derivanti dalla loro implementazione nell'industria dei laterizi.

G.1. Efficienza energetica

- *L'incremento nelle dimensioni dei forni* (a.1) identifica una tecnica intrinsecamente legata alla capacità produttiva del sito ed al relativo posizionamento di mercato; non è, pertanto, facilmente praticabile negli impianti esistenti.
- *Il miglioramento delle chiusure dei forni (a.2) e dell'isolamento termico dei forni e delle piste dei carrelli (a.3), nonché il controllo automatico dei regimi di cottura (a.5)* rappresentano delle tecniche il cui vantaggio ambientale è relazionato alle condizioni iniziali dell'impianto. L'entità delle perdite di energia su cui si potrebbe intervenire è comunque, generalmente, dell'ordine del punto percentuale rispetto al totale dell'energia termica utilizzata nel forno di cottura e nell'essiccatoio.
- *L'impiego di bruciatori ad alta velocità* (a.4) consente di ottenere un migliore rendimento produttivo del forno. La migliore penetrazione del combustibile nel forno e l'elevata turbolenza che ne deriva favorisce l'uniformità trasversale della temperatura, incidendo sia sulla qualità del prodotto che sulla riduzione dei tempi di cottura.
- *Il recupero del calore* (b) rappresenta una tecnica molto efficace, potendo comportare un risparmio energetico di oltre il 20% sul totale dell'energia termica utilizzata nel forno di cottura e nell'essiccatoio.
- *L'utilizzo di combustibili gassosi* (c) migliora l'efficienza di combustione. Evidentemente tale tecnica non è applicabile nel caso di difficoltà o di antieconomicità dell'approvvigionamento del gas.
- *Le modifiche dell'impasto ceramico* (d). La composizione dell'impasto, anche attraverso l'impiego di additivi e/o di materie prime seconde, è orientata, essenzialmente, a conferire al laterizio le caratteristiche proprie di un prodotto di elevata qualità, in termini di assorbimento acqua, inclusioni

calcaree, efflorescenze, resistenza al gelo, resistenza meccanica, prestazioni termiche, in conformità a disposizioni cogenti (decreti ministeriali) e volontarie (Norme UNI, EN). Eventuali modifiche dell'impasto ai fini del risparmio energetico devono comunque garantire la conformità tecnica del prodotto. Ad esempio l'impiego di porizzanti è peculiare dei prodotti alleggeriti in pasta; limitate quantità di additivi porizzanti consentono di ottenere aumenti della porosità sino al 20%, con conseguente minor peso e migliori prestazioni termogrometriche del prodotto.

G.2. Tecniche di abbattimento delle polveri

- Il confinamento delle operazioni di vagliatura e miscelazione (e.1), il miglioramento della tenuta dei silos di stoccaggio, equipaggiati con filtri per il contenimento delle dispersioni delle polveri nelle operazioni di carico (e.2), la filtrazione dell'aria dispersa nelle operazioni di carico dei miscelatori e dei dosatori (e.3), l'impiego di convogliatori coperti ed in depressione (e.4) e l'impiego di sistemi pneumatici di convogliamento (e.5) rappresentano tecniche efficaci per il contenimento di emissioni di polveri derivanti dalla lavorazione delle materie prime. Ciò è anche dovuto alla circostanza che diverse fasi della lavorazione sono condotte in condizioni di elevata umidità che inibiscono la formazione di polveri.

Le suddette tecniche consentono agevolmente il contenimento delle emissioni convogliate di particolato solido a livelli di 1-10 mg/Nm³.

- La fase di cottura non determina, in genere, emissioni di polveri superiori a 50 mg/Nm³; laddove si rendesse necessario è possibile, in linea di principio, fare ricorso ai seguenti impianti di trattamento:

- filtri a manica autopulenti e filtri lamellari (e.7);

- scrubber a umido, del tipo Venturi (e.8);

- precipitatori elettrostatici (e.9).

La scelta del sistema di abbattimento delle polveri più idoneo deve considerare anche l'opportunità di utilizzare lo stesso impianto per il trattamento di altri inquinanti, quali gli ossidi di zolfo, l'acido fluoridrico e l'acido cloridrico, riducendo i livelli di emissione di polveri a valori di 1-20 mg/Nm³. L'impianto maggiormente utilizzato è pertanto il filtro a manica, caratterizzato da efficienze di ritenzione 98-99%. Per contro, non trova giustificazione tecnica ed economica il ricorso agli scrubber ad umido ed ai precipitatori elettrostatici.

G.3. Tecniche di abbattimento degli ossidi di zolfo

- L'utilizzo di materie prime (f.1, f.2) e di combustibili a basso, o nullo, contenuto di zolfo (f.4) evidentemente riduce l'emissione degli ossidi di zolfo; non è però sempre possibile disporre di siffatte materie in prossimità dello stabilimento. Infatti, come riportato al §D.5, il contenuto di zolfo nell'argilla varia ampiamente in funzione delle diverse unità geologiche e, conseguentemente, delle aree geografiche di estrazione.

Le emissioni degli ossidi di zolfo dipendono, pertanto, fortemente dal contenuto di zolfo nelle argille ed, in misura minore, dal combustibile utilizzato in cottura, essendo generalmente impiegato

gas naturale. Ne consegue, quindi, che le emissioni degli ossidi di zolfo (SOX) sono molto variabili, ma rimangono generalmente al di sotto dei 500 mg/Nm³.

- *L'aggiunta di calcare all'impasto (f.3) favorisce la ritenzione degli ossidi di zolfo, ma come già riportato per la tecnica (d) le modifiche dell'impasto devono comunque garantire la conformità tecnica del prodotto*. L'aggiunta di calcare nell'impasto può incidere, infatti, su alcune proprietà del prodotto, quali: il colore, le inclusioni calcaree, la tendenza all'efflorescenza, la resistenza ai cicli di gelo e disgelo. E' da evidenziare, inoltre, che la presenza del calcare incide sul consumo energetico e soprattutto sull'emissione di CO₂, per effetto della decarbonatazione.

- Compatibilmente con il processo produttivo e con le caratteristiche del prodotto, *l'impiego di tecniche finalizzate a velocizzare il ciclo di cottura (f.5)*, può comportare una riduzione delle emissioni degli ossidi di zolfo: il rilascio di SOx avviene nella zona del forno a temperature comprese tra i 500°C e quella di rammollimento.

- Laddove gli interventi primari non fossero attuabili, o tali da garantire un efficace controllo delle emissioni degli ossidi di zolfo, è possibile fare ricorso ad interventi secondari, del tipo «end of pipe», quali ad esempio gli *impianti di abbattimento a secco, utilizzanti calcare (f.6) o granuli sintetici costituiti da una miscela di carbonato di calcio e di idrossido di calcio - CaCO₃:Ca(OH)₂ (f.7)*, impianti caratterizzati da efficienze di rimozione prossime al 90%.

G.4. Tecniche di abbattimento degli ossidi di azoto

- Le temperature non eccessive del processo di cottura dei laterizi non favoriscono la formazione di ossidi di azoto; *l'impiego di materie prime ed additivi a basso contenuto di azoto (g)* rappresenta una valida misura per il contenimento degli ossidi azoto; generalmente, quindi, non è richiesto l'impiego dei bruciatori «Low-NOx». Le emissioni di NOx risultano generalmente inferiori a 150 mg/Nm³.

G.5. Tecniche di abbattimento dei composti organici volatili (COV)

Generalmente le emissioni di COV risultano inferiori a 50 mg/Nm³, relativamente alle aldeidi ed ai fenoli, le emissioni risultano, complessivamente, inferiori a 20 mg/Nm³.

- Le emissioni di COV dipendono fortemente dalla eventuale *presenza di sostanze organiche nell'impasto, per cui la loro riduzione (h.3)* rappresenta la tecnica preventiva più efficace.

- *L'utilizzo di combustibili gassosi (h.1)* migliora l'efficienza di combustione.

- *L'elevato eccesso di ossigeno (h.4)*, caratteristico del processo di cottura dei laterizi, favorisce la completa ossidazione del carbonio.

- *Il ricircolo dei gas di combustione dalla zona di preriscaldamento del forno alla zona di effettiva cottura (h.2)* determina l'ulteriore ossidazione dei composti organici volatili. I gas di combustione captati dalla zona di preriscaldamento tra 200 e 400°C vengono reintrodotti nella zona di effettiva cottura; ciò comporta, eventualmente, l'installazione di ulteriori bruciatori nella zona di preriscaldamento del forno e la separazione delle due zone di preriscaldamento e di cottura, con

evidenti «interferenze» con le normali condizioni di funzionamento del forno (l'aria di combustione viene alimentata in controcorrente al flusso del materiale). **Tale tecnica è, quindi, di difficile applicazione sugli impianti esistenti.**

Generalmente, non si ritiene necessario il ricorso a tecniche secondarie, quale *l'utilizzo di una sezione di post-combustione esterna* (h.5) a meno di non essere in presenza di emissioni con elevata concentrazione ($> 150 \text{ mg COV/m}^3$).

Alcune delle tecniche citate (h.2 e h.5) risultano efficaci anche per la riduzione del monossido di carbonio (CO).

G.6. Tecniche di abbattimento dei composti inorganici del fluoro

- *L'utilizzo di materie prime* (i.1, i.2) a basso, o nullo, contenuto di fluoro rappresenta, evidentemente, la migliore tecnica per ridurre l'emissione dei composti del fluoro; non è però sempre possibile disporre di siffatte materie in prossimità dello stabilimento. Anche per il contenuto di fluoro, le argille per laterizi, come riportato al §D.5, mostrano una seppur non accentuata diversificazione in funzione delle unità geologiche da cui derivano.

Le emissioni dei composti del fluoro dipendono, pertanto, fortemente dal contenuto di fluoro e di calcare nelle argille. Ne consegue, quindi, che le emissioni di fluoro (HF) sono molto variabili, ma risultano generalmente comprese nell'intervallo $3\text{-}30 \text{ mg/Nm}^3$.

- *L'aggiunta di calcare all'impasto* (i.3) favorisce la formazione di fluoruro di calcio che rimane stabile nel prodotto. Come già riportato per la tecnica (f.3), l'aggiunta di calcare nell'impasto può incidere su alcune proprietà del prodotto, quali: il colore, le incisioni calcaree, la tendenza all'efflorescenza, la resistenza ai cicli di gelo e disgelo. E' da evidenziare, inoltre, che la presenza del calcare incide sul consumo energetico e soprattutto sull'emissione di CO_2 , per effetto della decarbonatazione.

- Compatibilmente con il processo produttivo e con le caratteristiche del prodotto, *cicli di cottura più rapidi* (i.4) possono incidere positivamente sulla riduzione delle emissioni di fluoro.

- Laddove gli interventi primari non fossero attuabili, o tali da garantire un efficace controllo delle emissioni del fluoro, è possibile fare ricorso ad interventi secondari, del tipo «end of pipe», quali ad esempio *gli impianti di trattamento a secco che prevedono il passaggio dei fumi attraverso strati di calcare granulare* (i.5) ed *i filtri a manica con a monte una sezione di convogliamento dei fumi nella quale vengono iniettati pneumaticamente reagenti in polvere per l'adsorbimento di HF* (i.6) o, in alternativa, *i precipitatori elettrostatici che consentono di trattare i fumi a temperature più alte, ben oltre i 400°C* (i.7).

Tali tecniche garantiscono generalmente livelli di emissione inferiori a 5 mg/Nm^3 sia per i fluoruri che per i cloruri e inferiori a 20 mg/Nm^3 per le polveri.

Efficaci nella rimozione del fluoro sono, anche, gli *scrubber ad umido del tipo Venturi* (i.8), che operano, però, ad una temperatura di $70\text{-}80^\circ\text{C}$ richiedendo una fase di raffreddamento molto spinta.

Alcune delle tecniche citate (i.3, i.5, i.6, i.7) sono efficaci anche per la riduzione dei composti inorganici del cloro (HCl).

G.7. Tecniche di contenimento del consumo idrico e di trattamento delle acque di scarico

- L'acqua addizionata direttamente all'impasto ceramico non crea scarichi da trattare, dato che subisce un processo di evaporazione nella fase di essiccazione e di cottura. Alcuni scarichi possono derivare, invece, dalle attività di preparazione e di formatura con l'allontanamento in sospensione dei materiali argillosi. Il trattamento delle acque, laddove richiesto, avviene per decantazione naturale in idonee vasche di raccolta o per separazione meccanica o chimica dei minerali argillosi dalle acque.

- La tecnica da preferire per il contenimento del consumo idrico consiste nel *riutilizzo dell'acqua di scarico* (1.4) nello stesso processo produttivo. Se l'acqua di recupero deve essere riutilizzata nella fase di preparazione dell'impasto, in teoria non è richiesto alcun trattamento; se invece l'acqua di recupero deve essere utilizzata per le operazioni di lavaggio delle apparecchiature, per le quali è richiesto un idoneo livello di qualità dell'acqua, allora è necessario sottoporre gli scarichi a trattamenti di sedimentazione e di aerazione, con o senza trattamento chimico per la rimozione degli odori.

- Per il contenimento del consumo idrico, possono essere inoltre installate, *nei circuiti dell'acqua, valvole automatiche per la riduzione delle perdite* (1.1) e *sistemi ad alta pressione negli impianti di lavaggio* (1.2), nonché la *sostituzione dei sistemi di trattamento ad umido con sistemi alternativi a secco* (1.3).

La versione attuale del BRef per il settore ceramico (Second Draft del giugno 2005) non identifica e definisce tecniche alternative per il settore dei laterizi.

L'individuazione delle BAT per il settore ceramico evidenzia l'importanza delle azioni primarie legate al processo, quali ad esempio la scelta ottimale delle materie prime.

Tutte le BAT previste dal Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramics Manufacturing Industry del giugno 2005 per l'industria dei laterzi conservano validità anche per l'industria italiana.

Approvvigionamento materie prime

- BAT per la riduzione del consumo di materie prime

La «qualità» dell'argilla disponibile in prossimità dello stabilimento assume un ruolo rilevante ai fini del contenimento delle emissioni atmosferiche.

L'industria dei laterizi utilizza diverse materie prime; laddove possibile, l'impiego di materie prime seconde e rifiuti non pericolosi, in parziale sostituzione delle materie prime, rappresenta una efficace misura primaria di risparmio delle risorse naturali e di valorizzazione di rifiuti industriali.

Pre-lavorazione

- BAT per la riduzione del particolato solido
- lavorazione delle materie prime in condizioni umide, laddove possibile;
- chiusura dei convogliatori e dei miscelatori delle materie prime;
- confinamento delle attività di miscelazione, macinazione e vagliatura;
- utilizzo di sistemi di depolverazione dell'aria: filtri a maniche autopulenti.

Essiccazione

- BAT per il risparmio energetico
- recupero di calore dalle zone di raffreddamento dei forni di cottura;
- aggiunta di additivi nell'impasto, per ridurre il tempo di essiccazione;
- ottimizzazione della circolazione dell'aria di essiccazione;
- controllo automatico degli essiccatoi;
- riduzione della massa unitaria (forati e tegole sottili);
- controlli e procedure per assicurare una regolare pulizia dell'essiccatoio, delle guide dei carrelli e dei carrelli stessi ai fini della riduzione degli scarti.
- BAT per la riduzione del particolato solido

Condizioni di elevata umidità all'interno degli essiccatoi non comportano la formazione di polveri, per cui non sono richiesti sistemi di trattamento dell'aria; accurati controlli e procedure sono, però, richiesti per assicurare una regolare pulizia dell'essiccatoio, delle guide dei carrelli e dei carrelli stessi; mentre le operazioni di manutenzione dei sistemi di movimentazione riducono il rischio di rotture e scheggiature delle merci.

Cottura

- BAT per il risparmio energetico
- miglioramento dell'isolamento e delle tenute del forno;

- utilizzo di combustibili gassosi;
- utilizzo di bruciatori ad alta velocità;
- controllo della concentrazione di ossigeno per evitare il *blach coring* («cuore nero», carbonio incombusto che rimane nel prodotto);
- controllo del contenuto di carbonio delle argille per minimizzare il tempo di rammollimento;
- aggiunta di polverino di carbone come combustibile nel corpo ceramico, laddove possibile per il tipo di prodotto;
- riduzione della massa unitaria (forati e tegole sottili);
- controlli e procedure per assicurare una regolare pulizia del forno, delle guide dei carrelli e dei carrelli stessi ai fini della riduzione degli scarti;
- aggiunta all'impasto, laddove possibile, di agenti organici porizzanti (produzione di alleggeriti in pasta), al fine di apportare un contributo energetico in fase di cottura e di ridurre la massa unitaria;
- controllo automatico del profilo termico dei forni.
- BAT per il contenimento delle emissioni atmosferiche

Interventi primari

- aggiunta di additivi e materie prime seconde con effetto di diluizione e per migliorare le proprietà dei prodotti;
- impiego di argilla ad elevato contenuto di calcare, o aggiunta all'impasto di gesso e calcare in polvere, per la rimozione del fluoro, del cloro e dello zolfo, compatibilmente con le proprietà tecniche ed estetiche del prodotto;
- utilizzo di argilla a basso contenuto di fluoro e zolfo, se disponibile;
- impiego di combustibili a basso contenuto di zolfo, quale il gas naturale che contribuisce anche alla riduzione delle polveri;
- riduzione della massa unitaria (forati e tegole sottili);
- controlli e procedure per assicurare una regolare pulizia del forno, delle guide dei carrelli e dei carrelli stessi ai fini della riduzione degli scarti;
- ricircolazione dei gas di combustione prodotti nelle zone del forno a bassa temperatura in quelle dove avviene la cottura (di difficile applicazione sugli impianti esistenti).

Interventi secondari

- per la rimozione del *particolato solido*, trattamento dei fumi con filtro a manica,

- per la rimozione dei *fluoruri*, trattamento dei fumi con impianti di adsorbimento a secco, costituiti da letti di calcare granulare;
- per la rimozione dei *fluoruri*, degli *ossidi di zolfo*, dei *cloruri* e del *particolato solido*, trattamento dei fumi con impianti di adsorbimento a secco, costituiti da letti carbonato di calcio o di idrossido di calcio;
- per la rimozione dei *fluoruri*, degli *ossidi di zolfo* e dei *cloruri*, introduzione di polveri di calcare o di idrossido di calcio nei fumi esausti da trattare con filtri a manica;
- per la rimozione delle *sostanze organiche*, trattamento dei gas di combustione del forno in un combustore esterno con recupero di calore. La formazione di inquinanti organici può avvenire a bassa temperatura, in particolare, nel caso della produzione di mattoni e blocchi «alleggeriti in pasta» con additivi organici.

Relativamente alle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia, elencate al §I, si riportano nelle tabelle seguenti alcune valutazioni sulle loro applicabilità agli impianti esistenti.

Approvvigionamento materie prime
BAT per la riduzione del consumo di materie prime

Applicabilità BAT

Impiego di materie prime seconde e rifiuti non pericolosi, in parziale sostituzione delle materie prime convenzionali. Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio».

Pre-lavorazione
BAT per la riduzione del particolato solido

Applicabilità BAT

Lavorazione delle materie prime in condizioni umide. Tecnica non utilizzabile nel caso di formatura a secco

Chiusura dei convogliatori e dei miscelatori delle materie prime	L'implementazione della tecnica comporta una parziale modifica dell'impianto
Confinamento delle operazioni di miscelazione, macinazione e vagliatura	L'implementazione della tecnica comporta una parziale modifica dell'impianto
Utilizzo di sistemi di trattamento dell'aria, accoppiati con filtri a maniche autopulenti	L'implementazione della tecnica comporta l'installazione di impianti di trattamento

Essiccazione
BAT per il risparmio energetico

Applicabilità BAT

Recupero di calore dalle zone di raffreddamento dei forni di cottura	L'implementazione della tecnica comporta una parziale modifica dell'impianto e l'eventuale installazione di scambiatori di calore ausiliari
Ottimizzazione della circolazione dell'aria di essiccazione	L'implementazione della tecnica comporta una parziale modifica dell'impianto
Aggiunta di additivi non plastici nell'impasto, per ridurre il tempo di essiccazione	Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»
Controllo automatico degli essiccatoi	Sì
Riduzione della massa unitaria (forati e tegole sottili)	Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»
Manutenzione dei sistemi di movimentazione	Sì

per la riduzione degli scarti

BAT per la riduzione del particolato solido

Controlli e procedure per assicurare una regolare pulizia dell'essiccatoio, delle guide dei carrelli e dei carrelli stessi

Sì

Cottura

Applicabilità BAT

BAT per il risparmio energetico

Utilizzo di combustibili gassosi

L'implementazione della tecnica comporta la modifica del sistema di alimentazione e la sostituzione dei bruciatori

Impiego di bruciatori ad alta velocità

L'implementazione della tecnica comporta la sostituzione dei bruciatori

Miglioramento dell'isolamento e delle tenute del forno

L'implementazione della tecnica comporta una parziale modifica dell'impianto

Aggiunta di polverino di carbone come combustibile nel corpo ceramico

Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»

Aggiunta all'impasto di agenti organici porizzanti (contributo energetico e riduzione della massa unitaria)

Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»

Controllo del contenuto di ossigeno per evitare il black coring

Sì

Controllo del contenuto di carbonio delle argille per minimizzare il tempo di rammollimento

Tecnica utilizzabile in funzione delle proprietà dell'argilla disponibile

Riduzione della massa unitaria

Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»

Controllo automatico del profilo termico dei forni

Sì

Manutenzione dei sistemi di movimentazione per la riduzione degli scarti

Sì

BAT per il contenimento delle emissioni atmosferiche

Interventi primari

Aggiunta di additivi e materie prime seconde con effetto di diluizione e per migliorare le proprietà dei prodotti

Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»

Impiego di argilla ad elevato contenuto di calcare, o aggiunta all'impasto di calcare in polvere, per la ritenzione del fluoro, del cloro e dello zolfo

Tecnica utilizzabile in funzione delle proprietà dell'argilla disponibile, della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»

Utilizzo di argilla a basso contenuto di fluoro e zolfo, se disponibile

Tecnica utilizzabile in funzione delle proprietà dell'argilla disponibile

Utilizzo di combustibili a basso contenuto di zolfo, quale il gas naturale

L'implementazione della tecnica comporta la modifica del sistema di alimentazione e la sostituzione dei bruciatori

Riduzione della massa unitaria

Tecnica utilizzabile in funzione della tipologia e delle proprietà del prodotto «laterizio»

Manutenzione dei sistemi di movimentazione per la riduzione degli scarti

Sì

Ricircolazione dei gas di combustione dalle zone del forno a bassa temperatura a quelle dove avviene la cottura

Tecnica utilizzabile solo per alcune tipologie di prodotto. La ricircolazione dei gas determina forti «interferenze» con le normali condizioni di funzionamento del forno, rendendo complessa ed a volte impossibile la gestione del forno di cottura, anche in considerazione dei diversi profili termici richiesti. L'implementazione della tecnica comporta una sostanziale modifica dell'impianto.

Interventi secondari

Per la rimozione del particolato solido, trattamento dei fumi con filtri a manica

L'implementazione della tecnica comporta l'installazione di impianti di trattamento

Per la rimozione dei fluoruri, trattamento dei fumi con impianti di adsorbimento a secco, costituiti da letti di calcare granulare

L'implementazione della tecnica comporta l'installazione di impianti di trattamento

Per la rimozione dei fluoruri, degli ossidi di zolfo e dei cloruri, trattamento dei fumi con impianti di adsorbimento a secco, costituiti da letti Carbonato di calcio e/o di idrossido di calcio

L'implementazione della tecnica comporta l'installazione di impianti di trattamento

Per la rimozione dei fluoruri, degli ossidi di zolfo, dei cloruri e del particolato solido, introduzione di polveri di calcare e/o di idrossido di calcio nei fumi esausti da trattare con filtri a manica

L'implementazione della tecnica comporta l'installazione di impianti di trattamento

Per la rimozione delle sostanze organiche, L'implementazione della tecnica comporta l'installazione di impianti di
trattamento dei gas di combustione del forno trattamento
in un combustore esterno con recupero di
calore

Le migliori tecniche disponibili (art. 2 del [D.Lgs. 59/05](#)) sono quelle «tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte in ambito nazionale, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli».

La fattibilità economica è quindi essenziale ai fini della individuazione delle BAT e intrinsecamente legata alle specificità dell'impianto che dovesse adottarle. In particolare, l'art. 7, [comma 4](#), del [D.Lgs. 59/05](#) specifica che «i valori limite di emissione, i parametri e le misure tecniche equivalenti di cui al comma 3 fanno riferimento all'applicazione delle migliori tecniche disponibili, senza l'obbligo di utilizzare una tecnica o una tecnologia specifica, tenendo conto delle caratteristiche tecniche dell'impianto in questione, della ubicazione geografica e delle condizioni locali dell'ambiente».

I costi complessivi dell'intervento dovranno poi essere commisurati ai benefici ambientali.

In linea di massima, saranno da privilegiare le tecniche primarie, quali i ricicli ed i recuperi, le ottimizzazioni dell'impasto ceramico e delle condizioni operative, che comportano un immediato beneficio ambientale in termini di riduzione nell'uso delle materie prime convenzionali, di recupero di scarti industriali di risparmio dei consumi energetici e di riduzione della produzione di rifiuti.

Ove si debba ricorrere ad interventi secondari del tipo *end-of-pipe* occorre preferire, in linea di principio, le tecniche caratterizzate da un basso costo di gestione, soprattutto per quanto attiene ai consumi energetici, all'uso di reagenti ed alla gestione/smaltimento dei rifiuti.

Nel caso si renda necessario il ricorso ad interventi secondari complessi, è indispensabile una valutazione approfondita degli effetti cross-media.

Infatti, tecniche complesse dal punto di vista tecnologico e gestionale, quali ad esempio precipitatori elettrostatici, scrubber ad umido, post-combustori termici e/o catalitici e adsorbitori su carbone attivo, comportano sia impatti ambientali rilevanti in esercizio, sia investimenti significativi.

L.1. Criteri generali per la definizione delle migliori tecniche disponibili

L'autorizzazione integrata ambientale viene rilasciata dall'Autorità Competente sulla base di una istanza contenente le tecniche proposte dall'operatore, dirette a conseguire una elevata protezione dell'ambiente in forma integrata sulle diverse matrici.

La Direttiva IPPC indica dei criteri generali per l'applicazione delle tecniche ai settori industriali. La scelta delle tecniche è compiuta dall'operatore proponente che ha come riferimento principale i dodici punti dell'allegato IV della Direttiva IPPC, tra cui sono ricompresi anche i documenti BRef adottati dalla Commissione Europea, ove esistenti.

L'industria ceramica è al momento carente del BRef che, peraltro, non ha carattere di obbligatorietà o esclusività e non deve essere considerato esaustivo circa l'indicazione delle migliori tecniche disponibili da impiegare nei singoli impianti, ma rappresenta un riferimento, basato su uno scenario medio Europeo, sia per le aziende nella pianificazione dei loro interventi, sia per le autorità che dovranno rilasciare le previste autorizzazioni.

Nella scelta delle migliori tecniche disponibili devono essere considerate le esigenze qualitative, quantitative e di costo del prodotto, nonché la dimensione dell'impianto.

Infine, l'Autorità Competente, sulla base delle proprie conoscenze rese accessibili al proponente, nonché della contestualizzazione territoriale, ambientale ed economica che l'azienda proponente fornirà nell'ambito della documentazione presentata, formulerà le proprie indicazioni autorizzative, anche al fine di tenere conto delle effettive specifiche esigenze ambientali locali. Le performance ambientali registrate in aree particolarmente sensibili non dovranno necessariamente essere richieste a impianti localizzati in contesti territoriali differenti.

L.2. Piano di monitoraggio

L'ottimizzazione della gestione e del controllo di un processo industriale risulta necessaria per conseguire gli obiettivi generali, protezione ambientale indicati dalla Direttiva IPPC, finalizzati all'integrazione di prevenzione e controllo dell'inquinamento.

Il piano di monitoraggio e di controllo determina, pertanto, l'identificazione e la quantificazione delle prestazioni ambientali, consentendo, al contempo, un più agevole controllo della conformità con le condizioni dell'autorizzazione.

La scelta dei parametri da monitorare e la definizione delle relative frequenze sono, quindi, dettate dalle proprietà specifiche del settore e quindi dal processo produttivo, dalle materie prime e prodotti impiegati nell'impianto, da particolari necessità legate alla manutenzione o al controllo delle condizioni operative.

Materie prime

La caratterizzazione delle materie prime, in primis dell'argilla, e degli eventuali rifiuti/materie prime seconde utilizzate nella preparazione dell'impasto ceramico assume carattere prioritario sia ai fini di un migliore controllo del processo produttivo che, primariamente, per il conferimento al

prodotto di quelle performance prestazionali richieste dalla normativa di prodotto: norme EN, UNI, ecc.

La notevole variabilità territoriale delle caratteristiche chimico-fisiche delle argille ne suggerisce una caratterizzazione chimica, mineralogica e granulometrica, da ripetersi con cadenza almeno biennale e, comunque, ad ogni variazione del fronte di scavo.

Forni di cottura

Particolare rilievo assume il controllo del profilo termico del forno di cottura. La verifica della corrispondenza con la curva di cottura impostata, nonché della pressione interna al forno di cottura, è garanzia della qualità del prodotto ottenuto.

Tale controllo, a parità di condizioni, assicura la costanza del processo produttivo sia in termini di consumi energetici, che di emissioni atmosferiche. Ne consegue che il monitoraggio delle emissioni atmosferiche al camino può essere ricondotto alla misura con cadenza annuale, in assenza di variazioni nelle materie prime o di interventi nel processo, dei seguenti inquinanti: *ossidi di azoto, ossidi di zolfo, particolato solido, composti del cloro e del fluoro* e, in caso di utilizzo nell'impasto di sostanze organiche, di *monossido di carbonio* e *COV*.

Per l'eventuale valutazione dell'anidride carbonica - CO₂ - è opportuno, invece, il ricorso al metodo di calcolo basato sul contenuto di carbonio e di carbonato nella miscela ceramica, nonché sul consumo dei combustibili fossili, così come disciplinato dalla *Decisione della Commissione del 29/01/2004 che istituisce le linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della [direttiva 2003/87/CE](#) del Parlamento Europeo e del Consiglio*.

Consumi energetici

Tutti i consumi di combustibile sono regolarmente monitorati verificandone il consumo specifico di ogni singola utenza. Parimenti tutti i consumi di energia elettrica sono regolarmente monitorati.

Scarichi idrici

Il limitato fabbisogno idrico per la produzione di laterizi (0,2 mc/t di prodotto), unitamente alla consolidata pratica di riutilizzo, laddove possibile, delle acque di lavaggio, consegue una produzione del tutto trascurabile degli scarichi idrici. Nel caso, questi fossero significativi, l'unico controllo analitico potrebbe riguardare la concentrazione dei solidi sospesi.

Si riporta di seguito un possibile schema di piano di monitoraggio, che potrebbe essere assunto come riferimento, fatte salve le considerazioni sopra riportate.

Piano di monitoraggio Caratterizzazione argille

Composizione chimica

Parametro

Granulometria
Silice (SiO₂)
Allumina (Al₂O₃)
Carbonio (C)
Fluoro (F)
Zolfo (S)
Calcio (CaO)
Magnesio (MgO)

Quarzo

Frequenza consigliata

Biennale o ad ogni variazione
del fronte di scavo

<i>Composizione mineralogica</i>	Feldspati	
	Calcite	
	Pirite	
	Caolinite	
	Illite	
	Montmorillonite	
Consumi energetici	Vermiculite	
	Gas naturale	<i>Come da contratto di fornitura</i>
	Olio combustibile	
	Carbone	
Emissioni atmosferiche	Energia elettrica	
	Temperatura del forno di cottura e/o	In continuo
	pressione del forno di cottura	
	Anidride carbonica	<i>Calcolata in base ai consumi energetici e di materia prima</i>
<i>I valori di emissione vanno riferiti ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 18%.</i>		
	Portata volumetrica	
	Ossigeno	
	Polveri totali	
	Ossido di zolfo	
	Ossido di azoto	
	Composti inorganici del cloro,	Annuale
	espressi come acido cloridrico	
	Fluoro e suoi composti, espressi come	
	acido fluoridrico	
	Composti Organici Totali	
	Fenoli e aldeidi	
	Portata volumetrica	
	Solidi sospesi	Annuale

Piastrelle di ceramica per pavimento e rivestimento.

D.1. Dati sulla produzione

La produzione complessiva del settore è stata nel 2002 pari a 605.476.585 metri quadrati registrando un calo rispetto all'anno precedente che ha interessato tutte le tipologie produttive, ad eccezione della versione smaltata del gres porcellanato. La contrazione è legata alla non brillante situazione di mercato che si trascina ormai da due anni.

La tabella seguente illustra l'andamento della produzione italiana di piastrelle di ceramica nell'ultimo decennio.



Nel complesso la produzione nazionale segue un trend espansivo, è calata negli ultimi diciotto anni solo due volte, anche se con variazioni meno marcate (1991:-3,19% : 1997: -1,37%).

La classe di prodotti «piastrelle di ceramica per pavimento e rivestimento» comprende diversi tipi (ciascuno dei quali è contraddistinto da specifiche caratteristiche ed applicazioni, e da tecniche e tecnologie di fabbricazione particolari). Nell'ambito delle finalità di questo rapporto, si adotta la seguente classificazione dei prodotti (Rif. G. Timellin, C. Palmonari - Le piastrelle di ceramica italiane. Come e perché - Ed. Edi.Cer, Sassuolo, 1999).

<i>Denominazione</i>	<i>Stato della superficie</i>	<i>Ciclo di fabbricazione</i>	<i>Destinazione prevalente</i>	<i>Produzione 2002 (m²)</i>
Monocottura	Smaltata	Monocottura	Pav. Int./ Riv. Int.	186.854.846
Maiolica/Cottoforte	Smaltata	Bicottura	Riv. Int.	60.686.648
Grès porcellanato non smaltato	Non smaltata	Monocottura	Pav. e Riv. Int. e Est	140.395.964
Grès porcellanato smaltato	Smaltata			188.808.132
Altri	Smaltata/Non smaltata	Monocottura	-	28.730.995

Descrizione:

Monocottura

Piastrelle ceramiche ottenute per pressatura, di formato da 10x20 cm a 40x40 cm e oltre, smaltate. Ciclo di fabbricazione: monocottura (lo smalto è applicato sul supporto essiccato; segue una sola cottura, che coinvolge sia il supporto che lo smalto). Possono essere a supporto bianco/grigio (monocottura chiara) o rosso (monocottura rossa); a supporto greificato o poroso. Le piastrelle in monocottura a supporto poroso, utilizzate per il rivestimento di pareti interne, sono denominate «monoporosa».

Maiolica/Cottoforte

Piastrelle ceramiche ottenute per pressatura, di formato generalmente compreso fra 15x15 cm e 20x30 cm, smaltate. Ciclo di fabbricazione: bicottura (la prima cottura è quella del supporto. Segue l'applicazione dello smalto, sul supporto cotto (bioscotto), per poi concludere il ciclo con la cottura dello smalto (seconda cottura o cottura vetrato).

La struttura è sempre porosa (assorbimento d'acqua superiore al 7-8%, per il cottoforte, ed al 10-12%, per la maiolica).

Grès porcellanato non smaltato

Piastrelle ceramiche ottenute per pressatura, di formato variabile (da meno di 20x20 cm a lastre di 60 - 100 cm di lato), non smaltate. Ciclo di fabbricazione: monocottura. Il supporto è greificato (l'assorbimento d'acqua è inferiore a 0,5 %). Prodotto colorato «in pasta», con possibilità di realizzare diverse tessiture cromatiche. La superficie può essere levigata (in stabilimento).

Grès porcellanato smaltato

Piastrelle ceramiche ottenute per pressatura, di formato variabile (da meno di 20x20 cm a lastre di 60-100 cm di lato), smaltate. Ciclo di fabbricazione: monocottura. Il supporto è greificato (l'assorbimento d'acqua è inferiore a 0,5%).

Altri

Clinker: piastrelle ottenute per estrusione, a partire da impasti di diverse materie prime preparati in stabilimento. Sono a supporto generalmente greificato, e possono essere smaltate o non smaltate. Cotto: piastrelle ottenute per estrusione, a partire da un impasto naturale di argille ed altre rocce, che conferiscono al prodotto il tipico colore rosso. Il cotto ha supporto poroso, ed è generalmente non smaltato.

Il grès porcellanato rappresenta il prodotto più avanzato e maggiormente presente sul mercato. Nato come prodotto «tecnico», per destinazioni caratterizzate da forti sollecitazioni meccaniche e chimico-fisiche e limitate o nulle esigenze estetiche, è disponibile ora sul mercato in tipologie che associano alle medesime prestazioni tecniche delle origini un livello elevatissimo di pregio e prestigio estetico.

Il grafico seguente illustra le variazioni in atto dei pesi delle diverse tipologie all'interno della produzione italiana.



D.2. Indicazione della distribuzione territoriale degli impianti

Sono 241 le imprese industriali produttrici di piastrelle di ceramica operanti in Italia alla fine del 2002, attive in 326 stabilimenti.

Dal punto di vista produttivo il settore risulta territorialmente molto concentrato, in modo particolare nel distretto industriale a cavallo delle province di Modena e Reggio Emilia, da dove origina oltre l'80% della produzione nazionale.

La concentrazione territoriale ha consentito lo sviluppo dei fattori competitivi che tipicamente caratterizzano i distretti industriali. Tra questi la creazione di industrie collegate alla produzione di piastrelle ceramiche e la diffusione di know how specifico del settore.

Per contro il fenomeno della densa concentrazione di aziende ha anche indotto una elevata percezione degli effetti ambientali indotti dall'attività produttiva.

Esistono poi altre concentrazioni, sebbene minori, nelle zone di Imola e Faenza, nel Veneto, in Toscana e nel Salernitano.

<i>Aree geografiche</i>	<i>Quote di produzione</i>
Province di Modena e Reggio Emilia	80,15%
resto Emilia Romagna	9,67%

resto Italia

10,17%

D.3. Numero di personale impiegato

Gli occupati diretti dell'industria delle piastrelle risultano, al 31 dicembre 2002, essere pari a 30.799 dipendenti.

D.4. Dati macroeconomici

	<i>Indicatori economici</i>	<i>anno 2002</i>
ADDETTI (numero)		30.799
PRODUZIONE (milioni di m ²)		605,5
VENDITE TOTALI (milioni di mq.)		608,4
- Italia		107,7
- Estero		437,7
FATTURATO TOTALE (milioni di euro)		5.319
- Italia		1.450 (27,26%)
- Estero		3.869 (72,74%)
INVESTIMENTI FISSI LORDI (milioni di euro)		268
PRINCIPALI PAESI DI ESPORTAZIONE (milioni di m ²)		
- Germania		70,7
- Stati Uniti		65,4
- Francia		56,9

La forte propensione all'export del settore (72,7% del valore della produzione, contro la media del 30% dell'industria manifatturiera italiana) impone una particolare attenzione sulle dinamiche del mercato globale delle piastrelle.

La peculiare esperienza storica dell'industria italiana delle piastrelle è stata sostanzialmente riprodotta, in anni più recenti, anche in Spagna, dove si è formato un importante distretto industriale nei pressi della città di Valencia. Negli ultimi due anni la Spagna ha raggiunto un livello produttivo pari a quello italiano.

Oltre a questi due paesi, tradizionali esportatori di piastrelle, nel mercato globale si può notare la presenza di numerosi paesi emergenti (Turchia, Brasile, Messico, Indonesia) che possono giocare la carta del basso costo del lavoro e, in generale, di costi produttivi più contenuti, fattori competitivi rilevanti soprattutto nelle fasce di prezzo inferiori.

In media, i paesi concorrenti in questo settore si caratterizzano per un costo del lavoro inferiore del 15% rispetto a quello italiano. Ciò pone l'industria italiana delle piastrelle in ceramica in una posizione delicata.

Un caso a sé è rappresentato dalla Cina che, anche grazie a costi produttivi enormemente inferiori rispetto a quelli italiani, è divenuto in pochi anni il più grande produttore mondiale di piastrelle (attualmente produce circa 2.000 milioni di m²) pur mantenendo per ora quote di esportazione

basse. E' evidente che l'inevitabile incremento delle esportazioni da quel paese potrà portare significativi riposizionamenti degli altri paesi esportatori soprattutto con riferimento alle fasce di mercato più economiche e alle aree geografiche di più facile accesso.

D.5. Impatto ambientale del settore

L'impatto ambientale del settore è oggetto di studio da oltre trent'anni nel Distretto di Sassuolo, per le motivazioni - precedentemente citate - legate a:

- concentrazione territoriale delle unità produttive,
- problemi ambientali riscontrati già a partire dai primissimi anni '70 (ad esempio fluorosi bovina in diverse stalle ubicate nel Distretto),
- frequenti superamenti degli Standard di Qualità Ambientale (SQA),
- conseguente necessità di promulgare regolamentazioni efficaci, tecnicamente fattibili ed economicamente sostenibili, in vista della riduzione degli impatti ambientali e del ripristino di condizioni di conformità con i citati SQA.

Una selezione degli studi più significativi - condotti in parte dal Centro Ceramico di Bologna, in parte dalle istituzioni ed organismi di controllo (ARPA) - è riportata nella tabella seguente.

Conviene fin d'ora sottolineare che i dati documentati negli studi sottoelencati e di seguito richiamati sono riferiti a prestazioni ambientali «spinte», certamente giustificate per aziende collocate in un contesto ambientale sensibile quale quello del Distretto, non altrettanto per aziende isolate o collocate in altri contesti.

<i>Rif. N.</i>	<i>Anno</i>	<i>Titolo</i>
1	1978	C.Palmonari, G.Timellini, B.Bacchilega et al. «Inquinamento atmosferico da industrie ceramiche. Studio di un Comprensorio: Sassuolo», Ed. Centro Ceramico, Bologna, 1978 Volume di 304 pagine
2	1983	C.Palmonari, A.Tenaglia, G.Timellini - Inquinamento idrico da industrie ceramiche. Smaltimento e riutilizzo dei fanghi residui - Ed. Centro Ceramico, Bologna (1983), volume di 164 pagine
3		C.Palmonari, F.Cremonini, A.Tenaglia, G.Timellini, «Water pollution from ceramic industries. Disposal and re-use of waste sludges. Part. 1. Characterization of waste water and sludges», Interceram, XXXII, N. 1, 40-42, and N. 2, 48. 49, (1983)
4		G.Timellini, A.Tenaglia, C.Palmonari, «Water pollution from ceramic industries. Disposal and re-use of waste sludges. Part. 2. Technologies for the disposal and re use of ceramic sludges», Interceram, XXXII, N. 4, 25-29, (1983)
5	1989	C.Palmonari, G.Timellini, «Air pollution from the Ceramic Industry: Control Experiences in the Italian Ceramic Tile Industry», Ceram.Bull., 68, n. 8, 1464-1469 (1989)
6	1995	G.Busani, C.Palmonari, G.Timellini, «Piastrille ceramiche & ambiente, Emissioni gassose, acque, fanghi, rumore», Ed. EDI.CER, Sassuolo, 1995 Volume di 428 pagine
7		G.Busani, G.Timellini, «European proposals and directives on energy tax and environmental product and process certification: application and perspectives for the ceramic tile industry», Proc. 4th Euro v «Ceramics, Vol. 13, Faenza Ed. (1995), 59p
8	1998	G.Nasseti et al. «Piastrille ceramiche & energia. Banca dati dei consumi energetici nell'industria, delle piastrille ceramiche» Ed. Centro Ceramico, Bologna, 1998 - Volume di 118 pagine
9		Assopiastrelle, SNAM, «Piastrille di ceramica e refrattari. Rapporto integrato 1998 Ambiente, Energia, Sicurezza Salute, Qualità», Ed. EDI.CER, Sassuolo, 1998 Volume di 66 pagine
10	2000	G.Busani, F.Capuano, «Quality and environmental management systems in homogeneous manufacturing areas. Environmental impact of the ceramic industry in its geographic context», Proc. Qualicer 2000, Ed. Camara Oficial de Comercio, Castellon, 2000 Vol. 1, Con-77-92

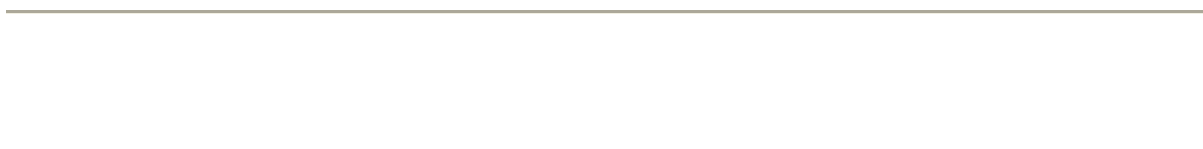
- 11 C.Palmonari, G.Timellini, «The environmental impact of the ceramic tile industry. New approaches to the management in Europe», J. Aust. Ceram. Soc, 36, n. 2, 23-33 (2000)
- 12 2001 C.Rinaldi, A.Fregni, C.Palmonari, G.Timellini «Methodology for life cycle assessment of ceramic floor and wall tiles. Application in BAT definition for ceramic tile industry», Proc. 7th European Ceramic Society Conference, Trans. Techn. Pub., Zurich, 829-834p (2001)
- 13 2002 G.Timellini, C.Palmonari, «The European ceramic tile industry and the new approach, to Environmental protection», in Environmental issues and waste management technologies in the ceramic and nuclear industries, Ed. Am. Cer. Soc, Westerville, Ohio, USA, 75-84p (2002)
- 14 G.Timellini, C.Palmonari, «Ceramic floor and wall tile: an ecological building material», Proc. 11th European Symp. on Ecological Building, Vibe, Bruxelles, 78-86p (2002)
- 15 C.Palmonari, G.Timellini, «L'industria italiana delle piastrelle di ceramica e la tassazione per l'emissione di gas serra» Cer Acta, 14, n. 3-4, 58-65p (2002)
- 16 G.Timellini, A.Fregni, G.Busani, G.Casoni, L.Breedveld, «Prestazioni e costi delle tecniche di trattamento delle emissioni gassose nell'industria ceramica italiana» Cer.Acta, 14, n. 5-6, 78-85p (2002) Estratto da Techn. Report inviato a AHWG «Cross media & Economics», Siviglia, Marzo 2002.

Questi studi hanno portato a:

- **identificare**, fra gli impatti ambientali applicabili, quelli più rilevanti e significativi. Questi sono:
- **emissioni gassose** (in particolare, quelle dei seguenti inquinanti: materiale particellato, fluoro e piombo);
- **consumi ed effluenti idrici**;
- **rifiuti/residui** di produzione e depurazione
- **consumi energetici** ed emissione di gas serra (CO₂)
- **rumore**
- **quantificare** i citati impatti, in funzione di prodotto, processo, impianto, modalità di gestione, per mezzo di fattori di emissione e valori specifici di consumo, scarico, etc.
- prospettare e sperimentare **tecniche di prevenzione e riduzione** dell'inquinamento, sia mediante interventi di depurazione, sia attraverso interventi sul processo e/o sulle tecniche di fabbricazione.

Questi studi documentano altresì il notevole progresso tecnologico che ha caratterizzato il settore negli ultimi due-tre decenni, quantificando la significativa riduzione di impatto ambientale prodotta dalle tecniche e tecnologie progressivamente adottate.

Per quanto concerne specificamente il rumore, alla riconosciuta importanza di questo fattore di impatto non corrisponde la possibilità di fornire valori medi o tipici del rumore al perimetro dell'impianto, data l'influenza significativa sia del lay-out dello stabilimento e della posizione rispetto al confine delle sorgenti di emissione sonora, sia anche - situazione tipica nel distretto di Sassuolo - delle sorgenti di emissione vicine. La guida, come si vedrà più oltre, è rappresentata dai limiti di legge. Si rimanda al Rif. 6 per ulteriori approfondimenti.



Il ciclo tecnologico di fabbricazione delle piastrelle di ceramica è rappresentato in Fig. E. 1.



Materie Prime per il supporto

Gli impasti per il supporto contengono:

- una **frazione argillosa**, con funzione plastificante;
- una **frazione sabbiosa**, con funzione smagrante;
- una **frazione carbonatica e/o feldspatica**, con funzione fondente.

Taluni prodotti - ad esempio, maiolica, cottoforte, monocottura rossa, cotto - si ottengono a partire da un impasto naturale (una miscela di argilla, sabbia e carbonati e/o feldspati, reperibile in natura). Gli impasti carbonatici trovano impiego nella produzione di prodotti a struttura porosa (ad esempio, maiolica e cottoforte), mentre gli impasti con fondenti feldspatici sono quelli tipici dei prodotti greificati (ad esempio, grès porcellanato).

Le materie prime citate - in modo particolare, le argille - contengono varie impurità. Fra queste vanno annoverati composti del fluoro (vedi Rif. 1). Tali impurità, per quanto presenti in tenori assai ridotti, sono all'origine di emissioni di composti del fluoro in fase di cottura. Tali emissioni possono essere di intensità tale da costituire un impatto ambientale significativo.

Molti impasti - in modo particolare, quelli per prodotti smaltati - contengono **anche residui di produzione** (scarto crudo, scarto cotto, polveri separate dai filtri, fanghi da trattamento acque, etc.), che possono essere sia di provenienza interna allo stabilimento, sia di provenienza esterna.

Gli impasti per grès porcellanato non smaltato possono contenere **coloranti** (costituiti da pigmenti a base di ossidi metallici), **sbiancanti** (ad esempio, sabbie zirconifere).

Gli impasti destinati ad essere preparati con il processo a umido contengono **deflocculanti** (silicato di sodio, trpolifosfato di sodio, etc.).

Materie prime per gli smalti

Con il termine smalto si intende un sottile strato, di natura vetrosa, applicato sulla superficie di un prodotto ceramico per impartire alcune desiderate caratteristiche estetiche (colore, brillantezza decorazione) e tecniche (durezza, impermeabilità, pulibilità).

Le materie prime per gli smalti comprendono **fritte** (vetri di predefinita composizione, sotto forma di graniglia, preparati allo scopo mediante fusione e rapido raffreddamento in acqua del fuso), **sabbia silicea, caolino, pigmenti coloranti, opacificanti**. Gli smalti contengono anche altri additivi (**deflocculanti, adesivi, disperdenti**, etc.), molti dei quali di natura organica.

Nella seguente Tab. E.I vengono sinteticamente descritte le diverse fasi che compongono il ciclo tecnologico precedentemente descritto, specificando i principali impianti correntemente utilizzati nell'industria italiana delle piastrelle di ceramica. Fra tali impianti compaiono anche quelli di trattamento/depurazione delle emissioni gassose e delle acque reflue, in esercizio - in conformità con le prescrizioni legislative e regolamentative richiamate nel § C - fin dal 1980.

Tab. E.I - Fasi, processi e impianti nell'industria italiana delle piastrelle di ceramica.

<i>Fase</i>	<i>Processo</i>	<i>Materiale in ingresso</i>	<i>Materiale in uscita</i>	<i>Impianti principali</i>
Preparazione materie prime supporto	Preparazione polveri.	Materie prime per il supporto	Polvere per pressatura (umidità 4-6%)	- Mulini a secco (granulatori e finitori; a martelli, a conigli, ad anelli) - Vibrovagli
	Processo a secco			- Bagnatrici - Granulatori - Dispositivi per trasporto e stoccaggio polveri - Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose
	Preparazione per polveri. Processo a umido	Materie prime per il supporto	Polvere per pressatura (Atomizzato) (umidità 4-6%)	- Mulini a palle discontinui - Mulini a palle continui - Vibrovagli - Miscelatori e vasche deposito barbotina - Essiccatoio a spruzzo - Dispositivi per trasporto e stoccaggio polveri - Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose (da aspirazioni e da essiccatoio a spruzzo)
Preparazione materie prime supporto	Preparazione paste	Materie prime per il supporto	Pasta per estrusione (umidità 15% circa)	- Molazze, mulini ad anelli, impastatrici a rulli
Formatura	Pressatura	Polvere per pressatura	Piastrelle «verdi» (umidità 4-6%)	- Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose - Presse idrauliche
	Estrusione	Pasta per estrusione	Piastrelle «verdi» (umidità 15%)	- Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose - Estrusori
Essiccamento		Piastrelle «Verdi»	Piastrelle essiccate	- Essiccatoi (ad aria calda)

		(umidità < 1%)	verticali
Preparazione smalti	Materie prime per smalti	Smalti (barbottine con 50% d'acqua; paste serigrafiche)	- Essiccatoi orizzontali - Mulini a palle discontinui
			- Vibrovagli - Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose
Smaltatura	Piastrelle essiccate (Biscotto, Piastrelle smaltate in caso di bicottura)		- Linee di smaltatura con dispositivi di applicazione a campana, a disco, con aerografo. E macchine serigrafiche
	Smalti		- Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose - Impianto trattamento acque reflue (chimico-fisico)
Cottura	Piastrelle essiccate Piastrelle smaltate	Piastrelle cotte	- Forni rapidi monostrato
			- Filtri a maniche con prerivestimento (calce) per depurazione emissioni gassose
Levigatura	Piastrelle cotte (grès porcellanato non smaltato). Dischi abrasivi	Piastrelle levigate	- Macchine levigatrici
			- Dispositivi di aspirazione e ricambio aria - Filtri a maniche per depurazione emissioni gassose - Impianto trattamento acque reflue (chimico-fisico)
Scelta e confezionamento	Piastrelle cotte Scatole ed altro mat. Di imballaggio (reggette, pallet, sacchi di plastica termoretraibili)	Confezioni di piastrelle.	- Macchine e linee di scelta
		Versato a magazzino	- Macchine e linee di confezionamento - Forno per termoretraibili

Note alla Tabella E.1

I forni di cottura delle piastrelle sono nella grandissima maggioranza forni monostrato a rulli (forni rapidi).

Infatti, i forni rapidi monostrato ammontano a:

471, a coprire l'intera produzione nazionale di monocottura e grès porcellanato. Tali prodotti rappresentano l'85% della produzione nazionale totale.

135, contro 211 a tunnel (incidenza: 40%), per la cottura degli altri prodotti (in particolare, cotto, maiolica e cottoforte in bicottura, etc.), i quali rappresentano il 15% della produzione nazionale totale.

Si può dunque stimare che complessivamente il 91% della produzione nazionale totale di piastrelle venga fabbricato utilizzando forni rapidi monostrato.

La grande maggioranza delle unità produttive italiane di fabbricazione di piastrelle di ceramica rientra nel campo di applicazione della direttiva IPPC.

- Superano infatti la soglia di capacità produttiva di 75 t/d le unità - la grande maggioranza oggi - in grado di produrre più di 4200 m²/d di piastrelle da pavimento con peso medio 18 kg/m², ovvero più di 6250 m²/d di piastrelle da rivestimento di peso medio 12 kg/m².

- Quanto ai forni, quelli più diffusi sono del tipo forni monostrato a rulli (forni rapidi), caratterizzati da una densità di carica non superiore a 40-50 kg/m³ (quindi un ordine di grandezza inferiore rispetto al limite di 300 kg/m³) ed un volume interno molto superiore a 4 m³.

Nella successiva Tab. E.II vengono indicati, per ogni fase del ciclo tecnologico, i consumi di risorse (Input) e gli scarichi (Output) maggiormente significativi.

Tab. E.II - Principali e significativi consumi di risorse (Input) e scarichi (Output) associati alle diverse fasi del ciclo tecnologico di fabbricazione.



F.1. Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Come noto sono ancora in corso i lavori per la predisposizione del BRef comunitario per il settore ceramico. A giugno 2005 è stato pubblicato il secondo Draft del documento che contiene la versione provvisoria del Capitolo 5 di individuazione delle BAT.

Un altro contributo organico a livello transnazionale è rappresentato dal lavoro coordinato da Cerame Unie (e dalla CET, specificamente per il settore delle piastrelle di ceramica) quale proposta/bozza di BRef. All'analisi del settore delle piastrelle di ceramica contenuta in questo documento l'Italia ha fornito un contributo significativo, come si conviene ad uno fra i paesi maggiori produttori Europei di piastrelle di ceramica, riconosciuto come il più avanzato nell'attività di prevenzione e riduzione dell'impatto ambientale dei processi di fabbricazione e quello che impiega le tecniche e tecnologie a più elevata prestazione ambientale.

Il concetto di migliori tecniche e tecnologie su cui si basano i due documenti è quello indicato nella Direttiva IPPC funzionale all'obiettivo di conseguire l'elevata protezione dell'ambiente in forma integrata attraverso l'impiego delle tecniche ambientalmente più efficaci che siano economicamente applicabili nelle condizioni impiantistiche, gestionali, geografiche ed ambientali in cui opera l'impianto, in armonia con gli strumenti di pianificazione e programmazione del territorio.

In accordo alla definizione del [D.Lgs. 59/05](#) e dalla stessa Direttiva 61/96, i documenti richiamati individuano le BAT per l'esercizio, la manutenzione e la chiusura di un impianto ceramico, più efficaci ai fini di un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso, sviluppate su una scala tale da consentirne l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del comparto ceramico, in considerazione dei costi, dei vantaggi e dell'accessibilità da parte del gestore a condizioni ragionevoli.

Vengono privilegiati, ogniquale volta sia possibile, interventi «primari» di prevenzione degli impatti ambientali, rispetto a misure «secondarie», basate su tecniche di abbattimento «end of pipe».

Nel seguito si riporta un elenco attraverso il quale, nel contributo di Cerame Unie, sono qualitativamente individuate le migliori tecniche disponibili per il settore delle piastrelle di ceramica. Si sottolinea che, a fronte dei vantaggi ambientali offerti, le tecniche di seguito elencate non configurano sempre effettive e reali alternative ad altre tecniche, essendo ognuna di esse caratterizzata da un campo di applicazione ottimale.

F.2. Le BAT per la riduzione dei consumi energetici

F.2.1. Risparmio energetico nell'essiccamento a spruzzo

- Macinazione a umido in continuo
- Macinazione a secco e granulazione
- Innalzamento del tenore in solido della barbotina
- Innalzamento della temperatura di ingresso del gas
- Recupero di calore dal forno all'essiccatoio a spruzzo
- Recupero della polvere atomizzata e dello scarto crudo
- Cogenerazione con turbina a gas

F.2.2. Risparmio energetico nell'essiccamento delle piastrelle formate

- Ottimizzazione della ricircolazione dell'aria di essiccamento
- Recupero dell'aria di raffreddamento dei forni
- Essiccatoi orizzontali
- Cogenerazione con motore alternativo

F.2.3. Risparmio energetico nella cottura

- Impiego di impasti più fondenti e di composizioni tali da prevenire il cuore nero

- Sfruttamento ottimale della capacità produttiva
- Riduzione dello spessore delle piastrelle
- Miglioramento dell'efficienza energetica mediante interventi sulle variabili di processo
- Recupero dell'aria di raffreddamento nei bruciatori
- Essiccatoio a carrelli all'entrata del forno
- Sostituzione di impianti e tecnologia
- Sostituzione dei forni

F.3. Le BAT per il trattamento delle emissioni gassose

F.3.1. Emissioni gassose dal reparto di preparazione impasto

Tecnica migliore di trattamento: filtro a maniche di tessuto

F.3.2. Emissioni gassose dall'essiccatoio a spruzzo

Tecniche migliori di trattamento: filtro a maniche di tessuto, sistema di abbattimento a umido (tipo Venturi)

F.3.3. Emissioni gassose dal reparto formatura

Tecnica migliore di trattamento: filtro a maniche di tessuto

F.3.4. Emissioni gassose dal reparto essiccamento

Nessun trattamento appare giustificato, data la presenza trascurabile di inquinanti. L'emissione di materiale particellato può tuttavia essere minimizzata adottando le seguenti precauzioni di buona pratica:

- pulizia periodica degli essiccatoi
- pulizia dei nastri trasportatori fra presse ed essiccatoio
- revisione periodica del sistema di movimentazione delle piastrelle
- mantenere la portata d'aria al valore più basso richiesto dal processo

F.3.5. Emissioni gassose dal reparto di preparazione smalti e smaltatura

Tecnica migliore di trattamento: sistema di abbattimento a umido (tipo Venturi). E' applicabile anche il filtro a maniche di tessuto, in funzione della tecnica di smaltatura utilizzata

F.3.6. Emissioni gassose dal reparto di cottura

Tecnica migliore di trattamento: filtro a maniche di tessuto con prerivestimento, per l'assorbimento dei composti del fluoro. In alternativa, sono indicati anche precipitatori elettrostatici di nuova generazione.

F.4. Le BAT per la riduzione dei consumi idrici, per la prevenzione e riduzione degli scarichi e per il trattamento delle acque reflue

Il piano di gestione delle acque di scarico industriali dipenderà dalla tipologia del processo, e dalle caratteristiche delle acque reflue da esso generate

I sistemi migliori per ridurre il consumo idrico e rendere minima l'emissione di inquinanti nelle acque sono il riutilizzo delle acque reflue e/o il trattamento delle acque destinate allo scarico (comprendente almeno il trattamento di precipitazione chimica e chiariflocculazione - processo chimico-fisico - e la rimozione del boro mediante scambio ionico o osmosi inversa.

F.4.1. Riduzione del consumo idrico, mediante:

- valvole automatiche di arresto dell'erogazione al termine del servizio
- sistema automatico di lavaggio ad alta pressione
- passaggio a sistemi di depurazione a secco delle emissioni gassose
- installazione di sistemi di recupero smalto «sotto macchina»
- installazione di rete di tubazioni per trasporto barbotina
- riciclo delle acque di lavaggio, dopo idoneo trattamento

F.4.2. Riutilizzo delle acque reflue

- è preferibile il riutilizzo nel medesimo processo e nel medesimo sito
- è favorito in caso di adozione del processo a umido per la preparazione delle polveri per pressatura

- in caso di impossibilità di riutilizzo nel medesimo sito, le acque reflue - ed i fanghi - possono essere trasportati (su strada o mediante condotte) ad altro utilizzatore

F.4.3. Processi di trattamento delle acque reflue

- omogeneizzazione
- aerazione
- sedimentazione
- filtrazione
- adsorbimento su carbone attivo
- precipitazione chimica
- coagulazione e flocculazione (chiariflocculazione)
- scambio ionico
- osmosi inversa.

F.5. Le BAT per la prevenzione, riduzione e trattamento dei rifiuti dai processi di fabbricazione delle piastrelle di ceramica

F.5.1. Rifiuti/residui da preparazione smalti e smaltatura

- riciclo nella fase di preparazione impasto
- riciclo nella produzione di fritte e smalti
- riutilizzo come additivi per altri prodotti

F.5.2. Scarto crudo

- riciclo nella fase di preparazione impasto. In caso di collocazione in discarica, richiede un preventivo processo di inertizzazione (da impresa autorizzata, secondo le vigenti disposizioni di legge)

F.5.3. Scarto cotto

- riutilizzo, previa macinazione, nel processo di produzione di materiali per edilizia. In caso di collocazione in discarica, non è richiesto alcun trattamento preliminare.

Gli approfondimenti di seguito esposti si basano sulle conoscenze ed esperienze condotte dal e per l'industria italiana delle piastrelle, documentate e descritte nella Sez. D.5.

G.1. Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per l'industria italiana delle piastrelle di ceramica

L'industria italiana delle piastrelle di ceramica detiene alcune importanti e qualificanti leadership a livello europeo e mondiale - che permangono anche ora, dopo che paesi emergenti come la Cina hanno tolto all'Italia (ed all'Europa) il rango di paese maggiore produttore mondiale.

La prima leadership riguarda la qualità del prodotto. Sia dal punto di vista tecnico-prestazionale-funzionale, sia dal punto di vista estetico, di design. Come in precedenza documentato, l'Italia esporta ogni anno circa il 70% della sua produzione: questa fortissima presenza sul mercato internazionale è il risultato della leadership in esame.

La seconda leadership riguarda la tecnologia di fabbricazione e le tecniche organizzative.

L'industria impiantistica ceramica italiana «detta» il processo di innovazione a livello prima nazionale e poi mondiale, ed esporta tecnologia ed impianti in tutto il mondo: se, da un lato, tale mercato rafforza inevitabilmente la competizione delle industrie ceramiche estere nei confronti dell'Italia, dall'altro questo primato tecnologico pone le industrie italiane sempre all'avanguardia. In conclusione, le industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica sono in media ad un livello tecnologico, impiantistico ed organizzativo superiore rispetto alle industrie degli altri paesi.

La terza leadership riguarda l'ambiente: l'industria italiana delle piastrelle di ceramica è, fra i corrispondenti settori industriali di ogni altro paese Europeo o extra-europeo, quella che ha investito maggiori risorse, raggiungendo i più elevati livelli di prestazione ambientale. I maggiori investimenti sono stati effettuati per la depurazione delle emissioni gassose, a partire da oltre venticinque anni fa. Ma anche alla gestione delle acque, dei rifiuti-residui, del rumore sono state dedicate attività ed impegno. La forza motrice per gli interventi di prevenzione-riduzione dell'inquinamento è stata, inizialmente, la pressione legislativa (vedi § C).

Per l'industria italiana delle piastrelle di ceramica, il **concetto generale di migliori tecniche e tecnologie**, pur pienamente coerente con la definizione di BAT riportata nella Direttiva IPPC, è strettamente collegato agli aspetti sopra discussi: per l'industria italiana delle piastrelle di ceramica, le BAT corrispondono al migliore livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso, ed al rafforzamento della posizione di leadership tecnologica e produttiva a livello internazionale. Le principali innovazioni tecnologiche che hanno caratterizzato gli ultimi due decenni - lo sviluppo

della monocottura, la progettazione, lo sviluppo e la diffusione della cottura rapida monostrato, l'introduzione della macinazione a umido discontinua a velocità variabile e continua, la pressatura isostatica, etc., accanto alla realizzazione e sperimentazione di impianti di trattamento degli effluenti e di tecniche di recupero dei concentrati di inquinanti risultanti da tali impianti - si sono sviluppate secondo il concetto generale sopra illustrato.

Per questo motivo si può dimostrare che le **tecnologie e tecniche correntemente ed uniformemente utilizzate dalle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica sono effettivamente le «migliori»** (quelle a più alte prestazioni ambientali, come documentato mediante la metodologia «cross media» descritta nel Rif. 16) **e sono «disponibili» a condizioni economicamente accettabili** (come documentato mediante la metodologia «Costi-efficacia» descritta nel medesimo Rif. 16).

In conclusione, **l'industria italiana delle piastrelle di ceramica può dimostrare di possedere e praticare già ora le BAT.**

G.2. Aspetti tecnici e tecnologici dell'industria italiana delle piastrelle di ceramica

In questa sezione, con riferimento agli impatti ambientali più significativi, identificati nella Sez. D (emissioni gassose, consumi ed effluenti idrici, rifiuti/residui di produzione e depurazione, consumi energetici ed emissione di gas serra) si procede a:

- identificare le tecniche e tecnologie correntemente e diffusamente utilizzate dalle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica;
- documentare l'impatto dell'impiego di tali tecniche sui **valori annui di settore** di emissione di inquinanti, di utilizzo e scarico di acqua, di produzione di rifiuti, di consumo di energia.

G.2.1. Emissioni gassose

G.2.1.a. Tecniche e tecnologie adottate dalle industrie italiane delle piastrelle di ceramica

L'inquinamento atmosferico associato alla fabbricazione delle piastrelle di ceramica è oggetto di studio fin dagli anni '70 (vedi Rif. 1). Gli studi, le ricerche e le indagini statistiche condotte hanno permesso di accertare le correlazioni fra emissione di inquinanti in atmosfera e tipologia/tecnologica di fabbricazione (vedi Rif. 1, 5 e 6). I benefici ambientali associati alle principali innovazioni tecnologiche e produttive degli anni '80 - la monocottura in alternativa alla bicottura, la cottura rapida monostrato in alternativa alla cottura tradizionale in forno a tunnel ad alta sezione di carico - sono stati identificati e misurati. Oggi queste tecnologie - in particolare, la cottura rapida monostrato - sono generalmente diffuse sia in Italia che negli altri paesi produttori di piastrelle di ceramiche, per cui l'obiettivo di ridurre l'impatto sull'inquinamento atmosferico mediante interventi sul processo produttivo (interventi primari) è stato perseguito con determinazione e raggiunto.

Come indicato nella Sez. E, per la grande maggioranza delle unità italiane di fabbricazione di piastrelle di ceramica:

- tutte le emissioni gassose, con l'esclusione di quelle provenienti dagli essiccatoi dei prodotti formati, sono dotate di depuratore in grado di assicurare, con adeguata efficienza, la rimozione degli inquinanti maggiormente significativi (materiale particolato, composti del fluoro, composti del piombo);

- per la quasi totalità delle emissioni fredde (aspirazioni dai reparti di preparazione impasto, pressatura, smaltatura), sono adottati filtri a maniche di tessuto, in grado di assicurare - se correttamente dimensionati) e gestiti - efficienze di abbattimento del materiale particolato variabili dal 90 a oltre il 98% (vedi Rif. 6);

- per gli essiccatoi a spruzzo sono adottati sia impianti a umido basati sul principio Venturi, sia filtri a maniche di tessuto. L'efficienza di abbattimento del materiale particolato varia da 85-90 a oltre il 98% (vedi Rif. 6);

- per le emissioni calde (fumi dai forni di cottura), la tecnica riconosciuta come la più efficiente ed affidabile è quella basata sull'uso di filtri a maniche di tessuto, con pre-risvestimento in reagente solido (idrossido di calcio, carbonato di sodio) per l'assorbimento dei composti gassosi del fluoro;

- le emissioni calde possono contenere tenori variabili di Sostanze Organiche Volatili (SOV). L'emissione di SOV dipende dalla natura e dalla quantità degli additivi organici utilizzati, e dalle condizioni operative del forno. Tali emissioni, che possono includere sostanze odorifere, non vengono significativamente influenzate dai processi di depurazione sopra citati. Allo stato attuale delle conoscenze e delle esperienze l'adozione di processi di abbattimento specifici appare non giustificata: le emissioni di partenza sono già di intensità limitata, e le concentrazioni di SOV sono piuttosto basse (le SOV sono diluite in un'emissione di elevata intensità). In queste condizioni, i livelli tipici di efficienza di abbattimento dei post-combustori termici o catalitici, ed anche degli assorbitori a carboni attivi, sono tali da non prefigurare riduzioni significative in termini assoluti dell'emissione di SOV. In più, non è assicurato l'abbattimento delle sostanze odorifere fino a livelli inferiori rispetto alla soglia olfattiva, per cui il problema odori potrebbe continuare a persistere. Per questi motivi il rapporto costi/efficacia associato alle tecniche in esame - quelle maggiormente utilizzate oggi - è decisamente sfavorevole per le emissioni da forni di cottura delle piastrelle di ceramica. Studi sono comunque in corso su questo tema.

In Italia - specificamente per il Distretto di Sassuolo - la riduzione di emissione di inquinanti in atmosfera associata al solo impiego di tecniche o tecnologie più pulite (come, ad esempio, la cottura rapida monostrato in alternativa alla cottura tradizionale in forno a tunnel) è stata considerata insufficiente ad assicurare il rispetto degli standard di qualità ambientale ed il risanamento del Distretto (vedi Rif. 1). Al contrario, a causa della straordinaria concentrazione di stabilimenti ceramici fonte di inquinamento atmosferico entro i limitati confini del Distretto delle ceramiche, le autorizzazioni sono state concesse a fronte della predisposizione anche di impianti di depurazione con i livelli di efficienza di abbattimento sopra indicati.

Nota: Nel seguito si riportano i limiti di concentrazione di inquinanti applicati nella Regione Emilia-Romagna in linea generale alle industrie produttrici di piastrelle di ceramica: limiti, che hanno reso di fatto obbligatoria, a partire dal 1980, l'installazione dei depuratori sopra citati. A fronte dell'uso della depurazione - con i livelli di efficienza di abbattimento sopra richiamati - è risultato fortemente ridotto il peso di interventi «primari» quali, ad esempio, la selezione di materie prime a più basso contenuto di fluoro.

Emissioni gassose da:	Concentrazione massima di inquinante nell'emissione depurata (mg/Nm ³)				
	Materiale particellato	Composti del Fluoro	Composti del Piombo	Sostanze Organiche Volatili (SOV) C organico totale	Aldeidi
Impianti di macinazione, essiccamento a spruzzo, pressatura	30				
Linee di smaltatura	10				
Forni di cottura	5	5	0,5	50	20

G.2.1.b. Valori annui dell'industria italiana delle piastrelle di ceramica

Il peso delle tecniche sopra discusse sull'immissione di inquinanti in atmosfera può essere valutato mediante il confronto, condotto nella Tabella seguente, fra emissione potenziale ed emissione attuale di inquinanti, associate all'intero settore (scala di Distretto e scala nazionale).

Tab. G.I - Anno 1999 - Emissione annua di inquinanti con le emissioni gassose, da industrie ceramiche nel Distretto di Sassuolo (vedi Rif. 10 e 13).

Emissione potenziale = emissione che si avrebbe in assenza dei depuratori attualmente installati.

Emissione attuale = emissione calcolata sulla base delle effettive prestazioni dei depuratori attualmente in esercizio.

<i>Inquinante</i>	<i>Emissione potenziale (t/anno)</i>	<i>Emissione attuale (t/anno)</i>
Composti del fluoro	2,2*10 ³	180
Materiale particellato	280*10 ³	1 700
Composti del piombo	390	45

Nota: Si può stimare che i valori riportati in questa tabella rappresentino l'80% dei corrispondenti valori di emissione su scala nazionale.

G.2.2. Fabbisogni, consumi e scarichi idrici

G.2.2.a Tecniche e tecnologie adottate dalle industrie italiane delle piastrelle di ceramica

L'industria ceramica delle piastrelle ha fabbisogni idrici relativamente elevati. Serve acqua infatti:

- per la macinazione ad umido delle materie prime per il supporto e per gli smalti
- come costituente degli impasti e degli smalti,

- per il raffreddamento delle centraline delle presse,
- per il lavaggio dei mulini e delle linee e reparti di smaltatura,
- per la levigatura del grès porcellanato.

I processi di lavaggio generano acque reflue, contenenti quantità variabili ma generalmente assai consistenti di sostanze inquinanti, considerate nella legislazione sulle acque e sugli scarichi idrici (solidi in sospensione, metalli in sospensione e in soluzione, composti del boro, sostanze organiche, etc.).

Fino agli anni '80 l'industria italiana delle piastrelle di ceramica era prevalentemente orientata allo scarico delle acque reflue - ovviamente previa depurazione, in modo da assicurare la conformità con i requisiti di qualità fissati dalla legislazione vigente per le acque destinate allo scarico, sia in corpi idrici superficiali che in fognatura. Furono sviluppate, sperimentate ed applicate diverse tecniche di trattamento, comprendenti i seguenti processi (vedi Rif. 6):

- **sedimentazione**, per la rimozione dei solidi sospesi;
- **chiariflocculazione**, per la rimozione delle particelle in sospensione di granulometria più fine;
- **precipitazione chimica**, per la rimozione dei metalli;
- **scambio ionico**, per la rimozione dei composti del boro (resina anionica selettiva per l'anione borato);
- **osmosi inversa**, sempre per la rimozione del boro.

A partire orientativamente dagli anni '90 l'industria italiana delle piastrelle di ceramica ha cambiato decisamente approccio: sono state perciò sviluppate, sperimentate e sempre maggiormente applicate tecniche di riciclo delle acque reflue, dapprima all'interno dello stesso stabilimento che le generava, poi anche in altri stabilimenti (vedi Rif. 6). Le acque riciclate potevano essere destinate o alla preparazione dell'impasto (acqua di macinazione), o ai lavaggi, e quindi potevano richiedere diversi gradi di depurazione, o addirittura non richiedere alcun trattamento preventivo. Il riciclo delle acque reflue unisce importanti vantaggi ambientali - la riduzione dello scarico nell'ambiente di acque inquinante e la contestuale riduzione degli emungimenti di acque fresche - a interessanti vantaggi economici per l'azienda, che risparmi sia sui trattamenti delle acque reflue, sia soprattutto nella gestione dei rifiuti/residui di depurazione (fanghi, eluati, etc).

G.2.2.b. Valori annui dell'industria italiana delle piastrelle di ceramica

I dati riportati nella Tabella seguente forniscono un'indicazione di massima della dimensione del problema idrico per l'industria italiana delle piastrelle di ceramica, evidenziando in termini quantitativi i vantaggi ambientali del riciclo. In Italia, a livello globale di settore, si può stimare che il riciclo copra più della metà del fabbisogno idrico. Quasi nessuna azienda ceramica del Distretto scarica, all'esterno acque reflue di processo.

Tab. G.II - Anno 1999 - Fabbisogni e consumi idrici del settore ceramico nel Distretto di Sassuolo (vedi Rif. 10).

Fabbisogno idrico (* 10 ⁶ m ³ /anno)	Quantità di acqua necessaria per la produzione delle piastrelle di ceramica	7
Consumo idrico (* 10 ⁶ m ³ /anno)	Parte del fabbisogno soddisfatta mediante prelievi di acque dall'ambiente (acquedotto, pozzo, etc.)	3,2

Nota: Si può stimare che i valori riportati in questa tabella rappresentino l'80% dei corrispondenti valori di emissione su scala nazionale.

Attualmente il riciclo delle acque reflue trova qualche limitazione in più nel peso crescente che, a livello nazionale, è venuta assumendo la produzione di grès porcellanato (non smaltato): un prodotto che, per le sue caratteristiche e per l'esigenza di resa produttiva, richiede un più severo controllo della composizione sia delle materie prime, sia anche di eventuali materiali di recupero: incluse le acque reflue.

G.2.3. Rifiuti/residui di produzione e depurazione

G.2.3.a. Tecniche e tecnologie adottate dalle industrie italiane delle piastrelle di ceramica

Le industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica si sono rese conto ben presto che una delle componenti di costo maggiormente significative associate alla depurazione delle emissioni gassose ed al trattamento delle acque era rappresentata dallo smaltimento dei rifiuti/residui di depurazione. Parimenti esse hanno anche direttamente sperimentato l'inutilità, oltre che il danno (sia ambientale che anche economico) di misure non risolutive ma solo dilatorie, come l'accumulo più o meno indiscriminato e scorretto (vedi Rif. 6). Di qui l'interesse a sperimentare tecniche e tecnologie di recupero/riutilizzo/riciclo dei rifiuti/residui - anche con la collaborazione della ricerca istituzionale: in particolare, del Centro Ceramico, il centro settoriale di ricerca e sperimentazione. Il risultato di queste attività è lo sviluppo di impasti per piastrelle contenenti tenori variabili di materiali di riciclo, e di procedure e tecniche di fabbricazione in grado di assicurare anche in queste condizioni, livelli accettabili di qualità e di resa produttiva. Oggi quasi tutti gli impasti per monocottura prodotti e lavorati in Italia contengono, nella loro formulazione, tenori significativi di rifiuti/residui di produzione/depurazione, di origine interna o esterna allo stabilimento. Limitazioni in questa pratica si incontrano solo per il grès porcellanato, il quale, per le sue caratteristiche intrinseche ed ai fini del mantenimento di livelli accettabili di qualità e resa produttiva, impone criteri severi di qualità e di composizione alle materie prime per l'impasto.

Fra i rifiuti/residui associati alla fabbricazione delle piastrelle di ceramica, quelli di più problematico riutilizzo in ceramica sono la calce esausta da depurazione fumi ed i fanghi di levigatura del grès porcellanato. Attività di ricerca sono tuttora in corso per trovare alternative, valide dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale, alla collocazione in discarica. I risultati finora raggiunti non appaiono ancora applicabili a livello industriale.

G.2.3.b. Valori annui dell'industria italiana delle piastrelle di ceramica

Il problema rifiuti a livello settoriale è quantificato nella Tabella seguente, che riporta indicazioni anche sulle diverse destinazioni (riutilizzo interno o esterno, smaltimento diretto, smaltimento previo trattamento di inertizzazione).

Tab. G.III - Anno 1999 - Rifiuti/residui di produzione e depurazione del settore ceramico nel Distretto di Sassuolo (vedi Rif. 10).

Rifiuto/Residuo	Produzione [1] (* 10 ³ t/anno)	Destinazione %		
		Riutilizzo interno o esterno	Smaltimento diretto in discarica	Smaltimento previo trattamento
Scarto crudo	200	100	-	-
Scarto cotto	190	90	10	-
Fanghi da trattamento acque	45	90	-	10
Calce esausta da trattamento fumi	8	30	-	70
Fanghi di levigatura	43	-	100	-

[1] Rif. materiale secco

Nota: Si può stimare che i valori riportati in questa tabella rappresentino l'80% dei corrispondenti valori di emissione su scala nazionale.

G.2.4. Consumi energetici

G.2.4.a. Tecniche e tecnologie adottate dalle industrie italiane delle piastrelle di ceramica

L'industria delle piastrelle di ceramica deve essere considerata come un'attività ad elevata richiesta di energia: in particolare di energia termica - combustibile, più precisamente gas naturale - per le operazioni di essiccamento delle polveri per pressatura (atomizzazione) e del prodotto formato, e di cottura. L'industria delle piastrelle di ceramica si distingue, fra la generalità dei settori industriali, per l'intensità dell'impegno e delle risorse allocate, nonché per la rilevanza dei risultati ottenuti, per la riduzione dei consumi energetici. I primi anni '80 hanno visto promosso e realizzato soprattutto dall'industria italiana degli impianti e delle piastrelle - un esteso processo di ristrutturazione energetica, che si è concluso con l'introduzione di tecniche e soluzioni impiantistiche a minore consumo energetico, come la monocottura (in sostituzione e parziale alternativa alla bicottura) e la cottura rapida monostrato. A queste innovazioni hanno fatto seguito, negli anni successivi, lo sviluppo di tecniche di preparazione dell'impasto ottimizzate dal punto di vista tecnico ed energetico (granulazione, macinazione a umido a velocità variabile) o decisamente innovative (macinazione a umido in continuo). Ed un'attenzione maggiore alla razionalizzazione dei consumi (attenzione invero di intensità variabile nel tempo, e maggiore nei periodi con più elevata incidenza dell'energia sui costi di fabbricazione). Nell'industria italiana delle piastrelle di ceramica vi sono diverse esperienze di applicazione della cogenerazione. L'impiego di questa tecnica, potenzialmente vantaggiosa sia dal punto di vista ambientale che da quello energetico (ed economico), ha trovato in

Italia - a differenza che in altri paesi, come la Spagna - un ostacolo nella difficoltà di disporre in modo economicamente conveniente del surplus di energia elettrica prodotto.

Giova ribadire quanto già in precedenza osservato, che le tecnologie di fabbricazione sopra citate sono già patrimonio comune dell'industria ceramica non solo italiana ma europea e mondiale (dato che la grandissima maggioranza delle piastrelle fabbricate nel mondo nascono da impiantistica italiana).

Ai consumi energetici sono associati due distinti problemi o impatti ambientali: il consumo di risorse naturali non rinnovabili (i combustibili fossili), e la produzione ed immissione in atmosfera di gas contribuenti all'effetto serra (come l'anidride carbonica).

G.2.4.b. Valori annui dell'industria italiana delle piastrelle di ceramica

La Tabella di seguito riportata rappresenta sinteticamente la situazione globale del settore rispetto al consumo di energia termica (di gas naturale) ed all'emissione di CO₂. Vengono proposti valori relativi al periodo 1971-2001. Gli aspetti da considerare sono i seguenti:

- il consumo specifico di gas naturale è oggi (2001) pari a circa la metà del consumo specifico che si aveva prima del 1980, e dunque antecedentemente alla ristrutturazione energetica più sopra tratteggiata;
- la penetrazione di tale ristrutturazione energetica e la capillare diffusione delle nuove tecnologie e soluzioni impiantistiche sono documentati ed evidenti nel periodo 1980-1990;
- a livello globale di settore, attualmente l'industria italiana delle piastrelle emette ogni anno la stessa quantità di CO₂ dei primi anni '80, quando la produzione era circa la metà di quella attuale.

Tab. G.IV - Consumi energetici ed emissione di gas serra. Industria italiana delle piastrelle di ceramica: dati di consumo di combustibile e di emissione di anidride carbonica dal 1971 al 2001 (vedi Rif. 15).



G.3. Aspetti ambientali: i consumi (energetici, idrici, di materie prime)

In questa sezione vengono riportati - desunti dai riferimenti documentali e bibliografici elencati in D.5 - i dati relativi ai consumi, necessari per quantificare gli aspetti ambientali riconosciuti come rilevanti e significativi per il settore, nonché gli impatti ambientali associati alle tecniche e tecnologie precedentemente descritte.

I parametri di consumo che verranno utilizzati in questa sezione dovranno essere rappresentativi di diverse situazioni tecnologico-produttive, che potranno o dovranno essere poste a confronto. A questo scopo, si ravvisa la necessità di fare ricorso a grandezze intensive: nel caso particolare, a **consumi specifici**, riferiti ad una conveniente e predefinita unità di produzione.

Nel caso di consumi specifici di fasi o impianti del processo di fabbricazione, ci si riferisce all'unità di prodotto in uscita dalla fase, mentre nel caso di consumo specifico di ciclo o di stabilimento ci si riferisce invece all'unità di prodotto finito versato a magazzino.

L'unità di misura per la produzione è, di volta in volta, l'unità di massa (1 kg o 1 t di prodotto/piastrelle) o l'unità di superficie, quella comunemente utilizzata nel settore delle piastrelle di ceramica (1 m² di piastrelle).

Come fattori indicativi di conversione dall'una all'altra unità, si possono utilizzare i seguenti (per piastrelle di ceramica ottenute per pressatura e di spessore «normale» - dunque, non per applicazioni speciali):

- peso medio per unità di superficie di piastrelle da rivestimento: 12-14 kg/m²
- peso medio per unità di superficie di piastrelle da pavimento: 18-22 kg/m²
- peso medio per unità di superficie delle piastrelle fabbricate in Italia: 20 kg/m².

Dati di riferimento per la valutazione: per i consumi energetici - più precisamente, per l'emissione di CO₂ - viene calcolata l'emissione annua associata a diversi valori della produzione giornaliera, scelti in modo da coprire la maggioranza delle unità produttive italiane. I valori di emissione annua calcolati vengono posti a confronto con il valore di soglia secondo il [D.M. 23 novembre 2001](#), recante disposizioni e modalità per la dichiarazione delle emissioni come previsto dall'art. 12 del D.Lgs 59/05. Questo confronto permette una valutazione indicativa dell'intensità di un singolo stabilimento di fabbricazione di piastrelle di ceramica come sorgente di emissione di CO₂.

Sempre per i consumi energetici, come ulteriore elemento di valutazione verrà proposto il **"fabbisogno energetico in cottura"** incluso fra i **criteri Ecolabel** per i materiali duri per pavimentazione (Decisione CE 1174/2002). Questo fabbisogno energetico identifica il livello di eccellenza ambientale di un prodotto.

G.3.1. I consumi energetici

I dati riportati nelle tabelle seguenti permettono alcune importanti valutazioni. Innanzi tutto, come dimostrato anche dal confronto fra i dati relativi agli impianti (Tab. G.V) ed i dati relativi agli stabilimenti (Tab. G.VI), il consumo è influenzato sia dalla tecnologia e dalla soluzione impiantistica adottata, sia anche dalla conduzione e gestione della produzione, ed in particolare dalla percentuale di utilizzo degli impianti.

Tab. G.V - Consumi specifici di energia termica ed energia elettrica degli impianti produttivi (con particolare riferimento agli impianti più significativi dal punto di vista del fabbisogno energetico) - Rif. 8.

<i>Fase</i>	<i>Processo</i>	<i>Consumo termico specifico GJ/t</i>	<i>Consumo elettrico specifico GJ/t</i>
Preparazione materie prime supporto	Macinazione a secco		0,04 - 0,07
	Macinazione a umido		0,05 - 0,35
	Essiccamento a spruzzo	1,1 - 2,2	0,01 - 0,07
Formatura	Pressatura		0,05 - 0,15
Essiccamento		0,3 - 0,8	0,01 - 0,04
Cottura		1,9 - 4,8	0,02 - 0,15

Tab. G.VI - Anno 1997-98: Consumo specifico totale medio di stabilimenti ceramici, al variare del tipo di prodotto e del ciclo di fabbricazione. Rif. 9.

<i>Tipo di prodotto/Ciclo</i>	<i>Consumo specifico totale medio (GJ/t)</i>
Monocottura - Ciclo completo	5,78
Monocottura - Ciclo parziale (da polveri)	3,50
Grès porcellanato - Ciclo completo	6,37
Grès porcellanato - Ciclo parziale/da polveri)	3,12
Bicottura - Ciclo completo	4,67
Bicottura - Ciclo parziale	4,51

Il consumo termico specifico in cottura, riportato in Tab. G.V (1,9-4,8 GJ/t) equivale ad un consumo specifico riferito al m² compreso fra:

- **30-70 MJ/m²** (14 kg/m²) e

- **40-110 MJ/m²** (22 kg/m²).

Come riferimento per la valutazione, si consideri che il «**fabbisogno energetico in cottura**» incluso fra i criteri Ecolabel per i materiali duri per pavimentazione ammonta a:

- **50 MJ/m²**, per piastrelle di peso non superiore a 19 kg/m²

- **70 MJ/m²**, per piastrelle di peso superiore a 19 MJ/m².

La dimensione degli stabilimenti italiani produttori di piastrelle di ceramica è, con riferimento all'emissione di gas serra - associata ai consumi di energia - relativamente modesta, come mostrato in Tab. G.VII. Si noti che gli stabilimenti di dimensioni tali da raggiungere il valore di soglia per l'emissione di CO₂ sono in numero ancora limitato.

Tab. G.VII- Capacità produttiva dell'impianto ed emissione di anidride carbonica.

Riferimento: Programma produttivo forno: 329 d/anno

<i>Produzione giornaliera (m²/d)</i>	<i>Emissione di CO₂ (kg/anno)</i>	<i>Valore di soglia secondo <u>D.M. 23/11/01</u> (kg/anno)</i>
5.000	7.900.000	
10.000	15.800.000	100.000.000
25.000	39.500.000	

G.3.2. I consumi di materie prime

Le materie prime per il supporto - le argille, le sabbie silicee, i feldspati, etc. - incidono per una percentuale compresa fra il 95% ed il 100% sul peso delle piastrelle di ceramica. L'aliquota rimanente, inferiore al 5%, è associata: per le piastrelle non smaltate, come il grès porcellanato, ai pigmenti coloranti, agli sbiancanti, etc.; per le piastrelle smaltate, allo smalto.

Le materie prime per il supporto sono largamente diffuse in natura. Le esigenze di qualità associate a prodotti con speciali caratteristiche tecniche ed estetiche - ancora una volta, il grès porcellanato - impongono alle materie prime il rispetto di requisiti particolarmente severi, e di conseguenza costringono a fare ricorso a minerali e rocce di provenienza estera (argille da Ucraina, Germania, Francia; feldspati dalla Turchia, etc.).

Si può stimare che il consumo di materie prime per il supporto sia:

- per l'intero settore, di 12 milioni di tonnellate/anno
- per il Distretto di Sassuolo, di 10 milioni di tonnellate/anno.

Le tecniche di riciclo dei rifiuti di fabbricazione - scarto crudo, scarto cotto, fanghi, polveri filtri, etc. - consentono di risparmiare ogni anno, nel Distretto di Sassuolo, circa 400.000 tonnellate di materie prime (vedi il precedente § G.2.3.): un risparmio, dunque, dell'ordine del 4%.

G.3.3. I consumi idrici

L'industria delle piastrelle di ceramica ha un fabbisogno idrico relativamente elevato, associato alle diverse funzioni che l'acqua è chiamata a svolgere (materia prima, raffreddamento, lavaggio, etc.). Una aliquota consistente dell'acqua in ingresso è destinata ad essere re-immessa nell'ambiente attraverso le emissioni gassose (acqua evaporata). All'impiego dell'acqua come fluido di lavaggio corrisponde generalmente la produzione di acque reflue.

Tab. G.VIII - Dati medi dei valori specifici di fabbisogno idrico e di produzione di acque reflue per i diversi prodotti/processi dell'industria delle piastrelle di ceramica. Rif. 9.

<i>Tipo di prodotto/Ciclo</i>	<i>Fabbisogno idrico medio (m³/1000 m²)</i>	<i>Produzione specifica media di acque reflue (m³/1000 m²)</i>
Monocottura - Preparazione impasto a umido Grès porcellanato smaltato	14-30	7-15
Grès porcellanato non smaltato	7-15	-
Levigatura del grès porcellanato	800	750
Bicottura - Ciclo completo, con preparazione impasto a secco	8-18	7-15

Come precedentemente mostrato, il riutilizzo completo delle acque reflue, correntemente praticato dalle industrie ceramiche italiane, consente di ridurre significativamente i consumi. L'utilizzo di acque «fresche» prelevate dall'ambiente incide oggi, nel distretto di Sassuolo, per il 45% del fabbisogno, essendo il rimanente 55% coperto appunto dal riciclo delle acque reflue.

Si noti come questa tecnica di riciclo abbia effetti «collaterali» su diverse matrici ambientali (effetti «cross media») solo positivi e solo vantaggiosi dal punto di vista economico. Dal punto di vista ambientale, il riciclo riduce il consumo di acqua pulita, dunque di una risorsa critica, ancorché - entro certi limiti - rinnovabile, riduce lo scarico di inquinanti nell'ambiente, riduce i costi economici ed ambientali della depurazione, finalizzata al raggiungimento della conformità con i requisiti di qualità delle acque destinato allo scarico, secondo la legislazione vigente. I costi ambientali della depurazione - costi evitati, nel caso di riciclo delle acque reflue - includono la produzione di fanghi e concentrati di inquinanti, del cui smaltimento nell'ambiente ci si deve ovviamente fare carico.

G.4. Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazione)

In questa sezione vengono riportati - desunti dai riferimenti documentali e bibliografici elencati in D.5 - i dati, relativi alle emissioni, necessari per quantificare gli aspetti ambientali riconosciuti come rilevanti e significativi per il settore, nonché gli impatti ambientali associati alle tecniche e tecnologie precedentemente descritte.

I parametri di emissione che verranno utilizzati in questa sezione dovranno essere rappresentativi di diverse situazioni tecnologico-produttive, che potranno o dovranno essere poste a confronto. A questo scopo, si ravvisa la necessità di fare ricorso a grandezze intensive: nel caso particolare, a **fattori di emissione**, riferiti ad una conveniente e predefinita unità di produzione.

Nel caso di fattori di emissione di fasi o impianti del processo di fabbricazione, ci si riferisce all'unità di prodotto in uscita dalla fase, mentre nel caso di fattori di emissione di ciclo o di stabilimento ci si riferisce invece all'unità di prodotto finito versato a magazzino.

L'unità di misura per la produzione è, di volta in volta, l'unità di massa (1 kg o 1 t di prodotto/piastrelle) o l'unità di superficie, quella comunemente utilizzata nel settore delle piastrelle di ceramica (1 m² di piastrelle).

Come fattori indicativi di conversione dall'una all'altra unità, si possono utilizzare i seguenti (per piastrelle di ceramica ottenute per pressatura e di spessore «normale», (non per applicazioni speciali):

- peso medio per unità di superficie di piastrelle da rivestimento: 12-14 kg/m²
- peso medio per unità di superficie di piastrelle da pavimento: 18-22 kg/m²
- peso medio per unità di superficie delle piastrelle fabbricate in Italia: 20 kg/m².

Dati di riferimento per la valutazione. Le tabelle successive, relative alle emissioni in atmosfera, includono i dati di seguito specificati:

- **fattore di emissione prima di - o senza - depurazione.** Questi dati di emissione sono interessanti in quanto corrispondono praticamente alle tecniche di trattamento delle emissioni gassose in vigore in quasi tutti i paesi europei, ad esclusione dell'Italia (nessuna regolamentazione/prescrizione per le industrie produttrici di piastrelle di ceramica);

- **fattore di emissione** corrispondente al rispetto **essenziale** dei limiti di emissione in vigore nella Regione Emilia Romagna (concentrazione massima ammissibile nell'emissione): il fattore di emissione calcolato assumendo che la concentrazione di inquinante sia esattamente uguale al limite;

- **fattore di emissione** incluso fra i **criteri Ecolabel** per i materiali duri per pavimentazione (Decisione CE 1174/2002). Questi fattori di emissione identificano livelli di eccellenza delle prestazioni ambientali di un prodotto;

- emissione annua degli inquinanti principali, associata a diversi valori della produzione giornaliera, scelti in modo da coprire la maggioranza delle unità produttive italiane. I valori di emissione annua calcolati vengono posti a confronto con il valore di soglia secondo il [D.M. 23 novembre 2001](#).

G.4.1. Emissioni in atmosfera

In Tab. G.IX, estratta dal Rif. 6, sono riportati i fattori di emissione per fase/impianto (in g/kg), a monte ed a valle della depurazione, calcolati sulla base di molte migliaia di misure effettuate da ARPA, dal Centro Ceramico di Bologna e da altri laboratori nel quadro degli autocontrolli prescritti dalla regolamentazione regionale Emilia-Romagna.

La Tab. G.X è invece stata predisposta allo scopo di presentare i fattori di emissione globali di stabilimento - riferiti dunque all'intero ciclo di fabbricazione - e di confrontarli con i riferimenti per la valutazione in precedenza richiamati.

Si noti come l'emissione reale corrisponda in media ad un rispetto dei limiti prescritti con un discreto margine di sicurezza. In diversi stabilimenti, un'accorta attività di controllo e manutenzione degli impianti porta a valori del fattore di conformità ai limiti (pari al rapporto fra emissione reale ed emissione autorizzata) dell'ordine di 0,2-0,5.



Tab. G.X - Fattori di emissione degli inquinanti principali presenti nelle emissioni gassose, rilevati, calcolati o prescritti in diversi contesti.

<i>Inquinante</i>	<i>Fattore di emissione (g/m²)</i>			
	1 <i>Medio di stabilimento (Rif. 9)</i>	2 <i>Senza depurazione (Rif. 9)</i>	3 <i>Calcolato vs limiti di emissione RER (Rif. 16)</i>	4 <i>Criterio Ecolabel (Rif. 14 - 2002/272/EC Decision)</i>
Composti del fluoro	0,4	4	0,6	0,2
Materiale particellato	6	700	7,5	5
Composti del piombo	0,05	1	0,05	-
<i>Calcolato vs limiti di emissione <u>D.M. 12/07/90</u></i>				
SO _x			65	1,5
NO _x			65	2,5

Note:

Fattore di Emissione 1

Medio di stabilimento (Rif. 9)

Può essere considerato rappresentativo delle **prestazioni reali medie** degli stabilimenti ceramici negli anni 1997-98

Fattore di Emissione 2

Medio di stabilimento, calcolato per le emissioni non depurate (Rif. 9)

Documenta l'emissione potenziale per l'Italia, e l'emissione reale di inquinanti negli altri paesi, per i quali non sono prescritti limiti di emissione tali da richiedere l'adozione di tecniche ed impianti di depurazione.

Fattore di Emissione 3

Calcolato vs limiti emissione RER (Rif. 16)

Calcolato assumendo che le emissioni gassose siano caratterizzate da concentrazioni di inquinanti esattamente corrispondenti ai limiti generali in vigore nella Regione Emilia Romagna. In sostanza, fornisce un'indicazione della **prestazione** corrispondente al rispetto «**essenziale**» dei limiti di legge.

Fattore di Emissione 4

Criterio Ecolabel (Rif. 14 - 2002/272/EC Decision)

Incluso nei criteri per l'assegnazione del marchio Ecolabel alle piastrelle di ceramica (nell'ambito dei materiali duri per pavimentazione). I criteri Ecolabel - e dunque questo fattore di emissione - intendono definire **prestazioni** ambientali di livello «**eccellente**».

Infine, in Tab. G.XI, vengono calcolati, con i **Fattori di Emissione 3** della precedente tabella (corrispondenti al rispetto essenziale dei limiti di emissione in vigore in Italia - Regione Emilia-Romagna), i flussi di massa annui di inquinanti da stabilimenti di diversa dimensione. I risultati di questo calcolo vengono posti a confronto con l'apposito e precedentemente citato valore di soglia, col risultato che le unità produttive di maggiore dimensione (da 25.000 m²/d in su) debbono considerarsi sorgenti di notevole intensità. Si può notare che il giudizio potrebbe essere significativamente mitigato se ai valori autorizzati si sostituissero i **valori reali** di emissione.

Tab. G.XI - Capacità produttiva dell'impianto ed emissione di inquinanti.

	<i>Inquinante</i>	<i>Produzione dell'impianto (m²/d)</i>		
		50.00	10.000	25.000
Materiale particellato	<i>Calcolato</i>	12.500	25.000	62.500
Composti del Fluoro	<i>Valore di soglia</i>		50.000	
	<i>Calcolato</i>	1.000	2.000	5.000
Composti del piombo	<i>Valore di soglia</i>		5.000	
	<i>Calcolato</i>	80	160	400
	<i>Flusso di massa annuo (kg/anno)</i>		200	
Ossidi di azoto	<i>Calcolato</i>	100.000	200.000	500.000
	<i>Valore di soglia</i>		100.0000	
Ossidi di zolfo	<i>Calcolato</i>	100.000	200.000	500.000
	<i>Valore di soglia</i>		150.000	

G.4.2. Emissioni negli scarichi idrici

Come precedentemente documentato, nell'industria italiana delle piastrelle di ceramica le acque reflue dal processo produttivo vengono pressoché integralmente riutilizzate/riciclate, o nella stessa unità produttiva, o in altro stabilimento. L'emissione negli scarichi idrici delle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica può essere considerata nulla o comunque non significativa.

Si noti altresì che fra i criteri Ecolabel (Decisione CE 272/2002) è incluso il seguente: il quoziente di riciclo - rapporto fra acque reflue riciclate ed acque reflue prodotte - deve essere non inferiore al 90%. Dunque solo il 10% delle acque reflue può essere scaricato - ovviamente, nel rispetto delle prefazioni di legge - dallo stabilimento in cui il prodotto candidato all'Ecolabel viene fabbricato. A prima vista questo criterio appare poco selettivo, se non si considerassero le crescenti difficoltà al riciclo delle acque, connesse, come in precedenza commentato, con la fabbricazione del grès porcellanato, il prodotto oggi detentore della maggioranza relativa in termini di produzione nazionale.

G.4.3. Rumore

Le emissioni sonore nell'ambiente esterno sono prevalentemente riconducibili, nelle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica, più agli impianti di depurazione delle emissioni gassose che non agli impianti produttivi. Non è possibile specificare valori indicativi/rappresentativi di rumorosità al perimetro di uno stabilimento ceramico. Alcuni esempi sono comunque riportati nel Rif. 6.

G.5. Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

In Tab. G.XII sono indicati i fattori di produzione dei principali rifiuti/residui dell'industria delle piastrelle di ceramica.

Come documentato in G.2, questi rifiuti/residui sono variamente riutilizzati nella preparazione dell'impasto: una tecnica di riciclo della quale si sono già messi in evidenza i limiti di applicazione imposti da prodotti tipo il grès porcellanato. Si ravvisa altresì l'importanza di attività di ricerca finalizzate a trovare una possibilità di riutilizzo, economica ed ambientalmente corretta, per quei rifiuti (la calce esausta, i fanghi di levigatura) ancora in gran parte destinati alla discarica.

Tab. G.XII - Fattori di produzione dei principali tipi di rifiuti/residui da industrie produttrici di piastrelle di ceramica (vedi Rif. 6 e 10).

<i>Rifiuto/Residuo</i>	<i>Fattore di produzione (kg/m²)</i>
Scarto crudo	0,5
Scarto cotto	0,5
Fanghi da trattamento acque	0,1
Calce esausta da trattamento fumi	0,01-0,02
Fanghi di levigatura	2

Come elemento di valutazione, si ricorda che fra i criteri Ecolabel vi è il seguente:

Recupero dei rifiuti: si deve recuperare almeno il 70% in peso dei rifiuti totali generati dal processo.

G.6. Aspetti ambientali: analisi dei rischi

L'analisi storica non mette in evidenza incidenti in industrie produttrici di piastrelle di ceramica che rientrino tra gli «incidenti rilevanti» così come definiti nel [D.Lgs. n. 334/99](#). Un possibile rischio potrebbe essere associato all'incendio del magazzino, ma anche in questa eventualità la tipologia e i quantitativi delle sostanze e dei preparati presenti fanno ritenere molto modesto lo scenario di rischio ipotizzabile: le schede di sicurezza di sostanze e preparati non indicano la formazione di prodotti di combustione pericolosi, né le altre merci presenti (legno, carta, cartone, elementi in

polietilene) bruciando originerebbero prodotti pericolosi diversi da quelli dei normali processi di combustione; per quanto riguarda le acque di spegnimento, va osservato che la modestissima presenza di sostanze pericolose determinerebbe probabilmente un carico inquinante poco significativo, mentre è molto diffusa tra gli stabilimenti in esame la presenza di vasche di raccolta e trattamento (decantazione e disoleazione) delle acque di prima pioggia, che nel caso in esame potrebbero trattenere le acque antincendio.

G.7. Migliori tecniche e tecnologie

I dati riportati nelle precedenti sezioni confermano che le industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica utilizzano tecniche e tecnologie ad elevata prestazione ambientale, le quali sono, da un lato, il frutto di un importante processo di innovazione delle operazioni produttive, e dall'altro la conseguenza dell'adozione contestuale di tecniche «end of pipe», di depurazione delle emissioni.

Nel seguito tali tecniche vengono schematicamente richiamate. Le rispettive prestazioni ambientali sono documentate nelle precedenti Tabelle da G.V a G.XII.

G.7.1. I consumi

G.7.1.a. I consumi energetici

I consumi energetici dipendono, come in precedenza rilevato, sia dalla tecnologia utilizzata, con le relative soluzioni impiantistiche, sia dalla gestione della produzione, del processo e delle macchine. Nei casi i cui siano possibili diversi processi, con diverso fabbisogno energetico [*si pensi al processo a secco (macinazione a secco e bagnatura/granulazione) ed al processo a umido (macinazione ad umido ed essiccamento a spruzzo) per la preparazione di polveri per pressatura*], o diverse soluzioni impiantistiche [*si pensi, nel caso di processo a umido per la preparazione delle polveri, alla tecnica di macinazione discontinua ed alla macinazione in mulini continui*], questi non configurano quasi mai delle vere e pratiche «alternative»: nel senso che ciascuna tecnica e ciascuna soluzione impiantistica ha un proprio campo di applicazione, e non vi sono se non marginali sovrapposizioni. In altri termini, è difficile trovare un'azienda che usi tecnologie o tecniche non ottimali dal punto di vista della qualità del prodotto, della resa produttiva e dell'efficienza energetica.

Quanto agli aspetti gestionali, l'aspetto cui sono principalmente ascrivibili, nella pratica, consumi specifici più elevati di quanto prevedibile sulla base delle tecnologie impiegate è rappresentato dall'organizzazione produttiva. Un piano di produzione, adottato sotto la spinta di forti, ineludibili e sempre più frequenti richieste del mercato, tale da imporre tempi morti e buchi di produzione, avrà come inevitabile conseguenza l'innalzamento significativo dei consumi specifici di energia, riferiti all'unità di prodotto versato a magazzino. L'entità di questo effetto è tale da contrastare pesantemente i vantaggi di altre tecniche di recupero energetico da cascami, etc.

G.7.1.b. I consumi di materie prime

Le tecniche migliori sono quelle che vedono parte delle materie prime rimpiazzate da materiale riciclato (rifiuti/residui di produzione e depurazione). Anche questa tecnica è praticabile a diversi livelli, a seconda del tipo di prodotto.

G.7.1.c. I consumi idrici

Le migliori tecniche sono quelle basate sul riciclo più esteso possibile delle acque reflue prodotte nel processo: riciclo che può avvenire sia nello stesso stabilimento, sia in altro sito produttivo. Anche per queste tecniche - più specificamente, per la possibilità di riutilizzare acque reflue - si deve considerare una diversa applicabilità, a seconda del tipo di prodotto e di ciclo di fabbricazione.

G.7.2. Le emissioni

G.7.2.a. Le emissioni in atmosfera

Le migliori tecniche sono una combinazione di interventi sulla tecnologia di fabbricazione e sulle emissioni stesse. Le prestazioni ambientali raggiunte in questo modo dalle industrie italiane sono ascrivibili tuttavia, in misura predominante, alle tecniche di depurazione adottate (ed alla loro elevata efficienza, documentata nelle sezioni precedenti).

G.7.2.b. Le emissioni negli scarichi idrici

La migliore tecnica è quella di ridurre al minimo, compatibilmente con il tipo di prodotto e di processo, lo scarico di acque reflue in fognatura o in corpi idrici superficiali. Il mezzo è quello di rendere massimo il riciclo delle acque reflue, anche in uno stabilimento o presso un'utenza diversa e distinta dall'unità produttiva generatrice delle acque reflue in esame.

G.7.2.d. Rumore

La migliore tecnica è quella di creare le condizioni per cui vengano rispettati i limiti del [D.P.C.M. 1 marzo 1991](#), per quanto applicabile.

G.7.3. Produzione di rifiuti

La migliore tecnica - con influenza positiva anche sul risparmio di materie prime - è quella di ridurre al minimo, favorendo il riciclo interno o esterno, la produzione di rifiuti destinati alla discarica. In questo campo, anche in Italia, esistono dei consistenti margini di miglioramento, associati a rifiuti «problematici» - la calce esausta da depurazione fumi, i fanghi di levigatura - per i quali l'impiego negli impasti è stato sperimentato come impraticabile, se non a costo di sacrifici inaccettabili in termini di qualità del prodotto e resa produttiva. Attività di ricerca e sperimentazione sono in corso su questi temi.

L'industria ceramica italiana è, per la maggior parte delle unità produttive e per i prodotti quantitativamente più significativi (grès porcellanato e monocottura, che rappresentano più del 85% della produzione nazionale, vedi Sez. D. 1) allineata sulle tecniche precedentemente indicate, le cui prestazioni ambientali sono documentate nella Sez. G. Fra tali tecniche ve ne sono alcune utilizzabili nella medesima fase produttiva, e per lo stesso scopo: ad esempio, il processo a secco ed il processo umido per la preparazione di polveri per pressatura. Si ribadisce quanto già in precedenza ricordato:

- le tecniche e le soluzioni impiantistiche diverse, ma utilizzate per la medesima fase o operazione produttiva, così come anche diverse soluzioni per il riciclo delle acque o dei rifiuti (riciclo interno contro riciclo esterno) in realtà non sono quasi mai alternative, ma associate, di volta in volta, al tipo di prodotto, alla capacità produttiva dello stabilimento, all'organizzazione della produzione, al luogo di insediamento;

- le prestazioni ambientali delle diverse tecniche - espresse mediante grandezze intensive riferite all'unità di prodotto, come i fattori di emissione di inquinanti o i consumi specifici - non dipendono solo dalla tecnologia o dalla soluzione impiantistica adottata, ma anche dal programma produttivo e dal grado di sfruttamento della capacità produttiva: parametri fortemente condizionati dalle richieste del mercato.

Questi aspetti sono da considerare con molta attenzione, nel confrontare le prestazioni ambientali di un impianto produttivo con i range di prestazione ambientale che definiscono le migliori tecniche disponibili.

Si segnala infine che, per le tecniche relative alle «Emissioni in atmosfera», sono correntemente praticate in altri paesi delle alternative rispetto alle tecniche utilizzate in Italia, con le prestazioni precedentemente descritte. Tali tecniche consistono in:

- contenimento delle emissioni gassose solo attraverso gli interventi sulla tecnologia di fabbricazione, **senza alcun intervento depurativo**. È questa la tecnica praticata nella maggior parte degli altri paesi - a parte l'Italia - produttori di piastrelle di ceramica. Le prestazioni di questa tecnica sono documentate in Tab. G.X, Colonna 2 (Senza depurazione);

- contenimento delle emissioni gassose anche attraverso interventi di depurazione, effettuati però con impianti in grado di assicurare efficienze di abbattimento decisamente inferiori rispetto ai livelli raggiunti in Italia. Non esistono esperienze documentate, ma solo simulazioni sviluppate sulla scorta di una proposta di armonizzazione regolamentativa sulle emissioni gassose avanzata alcuni anni fa dalla CET (Federazione Europea dei Produttori di Piastrelle di Ceramica).

La tecnica con depurazione, correntemente praticata in Italia, è certamente ed inequivocabilmente quella in grado di ridurre al minimo l'emissione di sostanze inquinanti. E si è dimostrato che essa è anche la «migliore», tenendo specificamente conto di tutti gli effetti «cross-media» (vedi Rif. 16).

Per ciascuno degli aspetti ambientali identificati come applicabili e rilevanti per il settore delle piastrelle di ceramica, la tabella seguente identifica le tecniche «migliori», precisandone le prestazioni di riferimento.

<i>Aspetto ambientale</i>	<i>Migliore tecnica</i>	<i>Prestazioni di riferimento</i>
Consumi energetici	(vedi Sez. G7) Utilizzo delle tecniche a minore consumo energetico (ad esempio, forni rapidi monostrato), correntemente applicate nella fabbricazione dello specifico prodotto. Gli aspetti gestionali - organizzazione produttiva e piano di lavorazione imposti da cause esterne (il mercato, gli ordini, etc.) - possono influenzare in misura significativa le prestazioni energetiche delle tecnologie applicate.	(vedi Sez. G. 7 e Sez. G. 3 - G. 6) Consumo specifico totale medio (termico + elettrico, in GJ/t di prodotto versato a magazzino) Ciclo completo: - monocottura: 6 - grés porcellanato: 6,5 - bicottura: 5 Ciclo parziale (da polveri): - monocottura: 4 - grés porcellanato: 4 Consumo termico per fase (GJ/t): - essiccamento a spruzzo: 1,1 - 2,2 - essiccamento: 0,3 - 0,8 - cottura: 1,9 - 4,8
Consumi di materie prime	In funzione del tipo di prodotto (smaltato o non smaltato): utilizzo di residui di fabbricazione (ad esempio, scarto crudo/cotto) e/o di depurazione (ad esempio, fanghi di trattamento acque) nella formulazione dell'impasto. Le possibilità concrete di riciclo dipendono anche dal luogo di insediamento dell'impianto (rispetto a possibili fornitori o utilizzatori degli scarti sopra citati).	Incidenza del materiale di riciclo sulla composizione dell'impasto: da circa 0% (prodotti non smaltati di colore bianco/chiaro) a circa 2 - 3% (per prodotti smaltati).
Consumi idrici	In funzione del tipo di prodotto e di tecnologia adottata: copertura di parte del fabbisogno idrico con acque reflue, a diverso grado di depurazione. Le possibilità concrete di riciclo dipendono anche dal luogo di insediamento dell'impianto (rispetto a possibili fornitori o utilizzatori di acque reflue).	Consumo idrico della fase di preparazione impasto con processo a umido non superiore al 30% del fabbisogno, con il rimanente 70% del fabbisogno coperto mediante riciclo/riutilizzo di acque reflue. I citati valori di riferimento possono modificarsi (fino a consumo 90% e riciclo 10% del fabbisogno, rispettivamente) nel caso di grés porcellanato non smaltato.
Emissioni in atmosfera	Combinazione di interventi sul processo e di trattamento delle emissioni.	Fattori di emissione relativi allo stabilimento (ciclo completo): - Composti del fluoro: 0,6 g/m² - Mat. Particellato: 7,5 g/m² - Composti del Pb: 0,05 g/m² (vedi Tab. G.X, col. 3)
Emissione negli scarichi idrici	Riduzione al minimo delle emissioni di acque reflue, a favore del riciclo delle medesime acque nello stabilimento in esame o in altro stabilimento. Le possibilità concrete di riciclo interno dipendono dal tipo di prodotto e di tecnologia, mentre le possibilità di riciclo	Fattore di riutilizzo (interno o esterno) delle acque reflue:

	esterno dipendono anche dal luogo di insediamento dell'impianto (rispetto a possibili fornitori o utilizzatori di acque reflue).
Rumore	Contenimento delle emissioni sonore dallo stabilimento, mediante l'applicazione di tecniche di protezione ed insonorizzazione delle sorgenti di rumore e mediante ottimizzazione del lay out delle macchine e degli apparati più rumorosi.
Produzione di rifiuti	Riduzione al minimo del conferimento dei rifiuti/residui in discarica, a favore del riciclo dei medesimi materiali nello stabilimento in esame o in altro stabilimento. Le possibilità concrete di riciclo interno dipendono dal tipo > 50% di prodotto e di tecnologia, mentre le possibilità di riciclo esterno dipendono anche dal luogo di insediamento dell'impianto (rispetto a possibili fornitori o utilizzatori di rifiuti/residui). Fattore di riutilizzo (interno o esterno) dei rifiuti/residui generati dal processo:
	Le modalità attuative dovranno essere conformi a quanto prescritto nella legislazione vigente (in particolare, <u>D.Lgs. n. 22/1997</u> , <u>D.M. 5 febbraio 1998</u>).
Rischi	<i>per quanto esposto nella Sez. G.6, non appaiono individuabili tecniche specifiche di prevenzione dei rischi, fra le quali si possano identificare quelle migliori.</i>

Note*:

1. Le tecniche sopra elencate sono state qualificate come le **migliori**, rispetto all'obiettivo di prevenzione *integrata* dell'inquinamento, applicando la metodologia «cross-media», riportata nel BRef orizzontale «Cross Media and Economics». In effetti, l'applicazione del metodo si è rivelata necessaria solo per la tecnica di gestione delle emissioni gassose, la quale comporta significativi effetti cross media rispetto alle alternative, come documentato in Rif. 16 e schematicamente richiamato nella precedente Sez., H. Le altre tecniche elencate in questa sezione hanno, rispetto ad ipotetiche alternative, solo effetti cross media favorevoli.
2. Le tecniche sopra elencate sono state qualificate come **disponibili**, applicando la metodologia «costi efficacia», riportata nel BRef orizzontale «Cross Media and Economics». In effetti, l'applicazione del metodo si è rivelata necessaria solo per la tecnica di gestione delle emissioni gassose, la quale comporta significativi costi aggiuntivi rispetto alle alternative, come documentato in Rif. 16 e schematicamente richiamato nella Sez. I. Le altre tecniche elencate in questa sezione hanno, rispetto ad ipotetiche alternative, solo effetti favorevoli dal punto di vista dell'efficienza del processo e dei costi di fabbricazione.
3. Le prestazioni ambientali richieste ai prodotti per la concessione del marchio **Ecolabel**, pur tecnicamente raggiungibili, non possono ritenersi indicative delle BAT, in quanto sono associate ad un obiettivo di «eccellenza ambientale» da perseguirsi volontariamente, e quindi non imponibile per legge. Di conseguenza, le prestazioni associate alle migliori tecniche - da utilizzare, secondo la Direttiva IPPC, come riferimento per la concessione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale - non dovrebbero essere altrettanto severe e selettive come quelle richieste per l'ottenimento del marchio Ecolabel.
4. I consumi energetici dipendono non solo dal tipo di tecnologia e di soluzione impiantistica, dalle modalità di gestione degli impianti, dalla cura nella manutenzione e nei controlli, etc., ma anche dall'organizzazione produttiva, e da pianificazioni produttive imposte dalle esigenze congiunturali del mercato (frequenti cambi di produzione comportano inevitabilmente tempi morti più estesi, e dunque una minore efficienza dell'impianto, il quale funziona e consuma energia anche in questi

tempi morti). Oltre a ciò, consumi energetici elevati possono essere associati a - e quindi giustificati da - l'ottenimento di particolari prestazioni tecniche o estetiche sui prodotti. Per tutti questi motivi l'autorizzazione dovrà essere compatibile anche con consumi specifici superiori rispetto ai valori corrispondenti alle migliori tecniche, ma giustificati e dimostrati come non ascrivibili a errori di progettazione e conduzione. In caso di consumi superiori ai valori di riferimento delle BAT potrà essere conveniente prevedere, nel piano di monitoraggio annesso all'autorizzazione integrata, un controllo periodico più accurato dei consumi energetici.

5. L'uso di tecniche appropriate al tipo di prodotto ed alla dimensione dell'impianto può essere considerato un traguardo acquisito per l'industria italiana delle piastrelle. Le condizioni di autorizzazione integrata non dovranno e potranno dunque comportare, per le industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica, alcun obbligo di ristrutturazione o implementazione impiantistica.

6. Consumo di materie prime e produzione di rifiuti dipendono dal tipo di prodotto e dal ciclo di fabbricazione. Ferme restando le prestazioni ambientali utilizzate per identificare le BAT, l'autorizzazione integrata dovrà considerare il **bilancio dei materiali dell'impianto**.

7. Consumo idrico e scarichi idrici dipendono dal tipo di prodotto e dal ciclo di fabbricazione. Ferme restando le prestazioni ambientali utilizzate per identificare le BAT, l'autorizzazione integrata dovrà considerare il **bilancio idrico dell'impianto**.

8. Rumore. Le emissioni sonore da uno stabilimento dipendono dal lay-out degli impianti di produzione e di depurazione, rispetto alle aperture (portoni) del capannone; ed anche dalla ubicazione, all'interno o all'esterno del capannone o di speciali cabine insonorizzate, degli impianti di depurazione. Per la riduzione delle emissioni sonore non vi sono alternative ad interventi di insonorizzazione (end-of-pipe), mentre non sembrano sussistere possibilità significative di intervento sul ciclo di fabbricazione.

Le tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento precedentemente elencate sono correntemente praticate, se coerenti con le specificità aziendali, dalla grandissima maggioranza delle industrie insediate nel Distretto di Sassuolo.

Esse possono assumere il ruolo di griglia di riferimento per la formulazione e la valutazione delle domande di concessione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale. Le imprese potranno infatti selezionare tra queste tecniche quelle pertinenti alle singole situazioni produttive ed ambientali e non si dovrebbero registrare particolari problemi o ostacoli alla loro concreta applicazione in un congruo periodo di tempo.

Si evidenzia che tali tecniche, con l'unica eccezione di quelle relative alle emissioni gassose, sono adottate anche, seppure in varia misura, da una parte significativa delle industrie produttrici di piastrelle di ceramica del resto dell'Europa.

La fattibilità economica delle tecniche precedentemente elencate è documentata dal fatto che esse sono ormai correntemente praticate dalla grande maggioranza delle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica.

Le tecniche di riciclo (delle acque, dei rifiuti/residui) sono - se praticabili - economicamente convenienti, in quanto comportano il risparmio di costi: ad esempio, di trattamento degli effluenti, di conferimento in discarica, di acquisto di materie prime, etc. Si ricorda, tuttavia, che queste tecniche possono essere non convenienti e fattibili dal punto di vista tecnico ed economico in particolari contesti produttivi: ad esempio, in impianti per la fabbricazione di prodotti non smaltati (tipo grés porcellanato) nei quali il colore bianco o chiaro rappresenti un requisito indispensabile. I ricicli in esame, in questo caso, potrebbero comportare inaccettabili riduzioni sia della qualità che della resa produttiva.

Quanto alle tecniche di riciclo/riutilizzo esterno delle acque reflue o dei rifiuti/residui (riutilizzo in uno stabilimento diverso rispetto a quello in cui tali flussi di materiali sono generati), si ribadisce che esse possono essere considerate sicuramente fattibili - e dunque anche convenienti - per le aziende del Distretto di Sassuolo, tutte insediate a poca distanza l'una dall'altra nel medesimo territorio. La fattibilità economica dei medesimi ricicli in un'azienda «isolata» dovrà essere verificata caso per caso, a causa della più forte incidenza dei costi di trasporto.

La fattibilità economica delle tecniche di depurazione delle emissioni gassose è dimostrata nel Rif. 16, Sez. D.5. Tale dimostrazione riguarda in modo generale il fatto che la tecnica in esame è effettivamente «disponibile» secondo quanto prescritto dalla Direttiva IPPC. Specificamente per l'Italia, il fatto che le tecniche di depurazione in esame siano correntemente praticate da oltre 25 anni è una dimostrazione di praticabilità economica più che convincente. Quanto alle emissioni di Sostanze Organiche Volatili dai forni di cottura, si ribadisce quanto commentato nel § 5.2.1, per confermare la non fattibilità economica - a causa di un rapporto costi/benefici decisamente svantaggioso - di tecniche specifiche di abbattimento, basate sulla post-combustione termica e/o catalitica e sull'assorbimento su carbone attivo.

Infine, relativamente alle tecniche e tecnologie di fabbricazione, si richiama l'attenzione sul fatto che la loro praticabilità, sia tecnica che economica, può dipendere in misura significativa e decisiva dalla particolare situazione dell'impianto produttivo, dalla sua dimensione, dal lay-out, dalla tipologia produttiva, dal ciclo di fabbricazione, etc. Ad esempio: la cogenerazione è, in linea di principio, conveniente per gli impianti con la preparazione impasto mediante macinazione a umido ed essiccamento a spruzzo, e per gli impianti che possono assicurare la maggiore «contemporaneità» di funzionamento di atomizzatore e cogeneratore. Se queste condizioni non sono soddisfatte, la cogenerazione è in generale non conveniente e praticabile. L'uso di questa tecnica trova un ulteriore ostacolo negli elevati costi di investimento. Attualmente sono in fase di sperimentazione tecniche di cogenerazione su scala più piccola rispetto agli attuali impianti (la cosiddetta «microcogenerazione»), che potrebbero consentire un ricorso maggiore a questa tecnica finalizzata ad innalzare l'efficienza energetica. Un esempio di tecnica/tecnologia migliore dal punto di vista delle prestazioni ambientali ma praticabile in condizioni convenienti solo in impianti di dimensioni considerevoli è la macinazione ad umido in continuo. Un esempio di tecnica la cui fattibilità economica dipende dal lay-out è il riciclo/recupero dei cascami energetici: il tragitto da percorrere deve essere sufficientemente breve, o il risparmio energetico verrebbe ad essere in gran parte assorbito dai costi di tubazioni coibentate.

K. 1 Criteri generali per la definizione delle migliori tecniche disponibili

L'autorizzazione integrata ambientale viene rilasciata dall'Autorità Competente sulla base di una istanza contenente le tecniche, proposte dall'operatore, dirette a conseguire una elevata protezione dell'ambiente in forma integrata sulle diverse matrici.

La Direttiva IPPC indica dei criteri generali per l'applicazione delle tecniche ai settori industriali. La scelta delle tecniche è compiuta dall'operatore proponente che ha come riferimento principale i dodici punti dell'allegato IV della Direttiva IPPC, tra cui sono ricompresi anche i documenti BRef adottati dalla Commissione Europea ove esistenti. L'industria ceramica è al momento carente del BRef che, peraltro, non ha carattere di obbligatorietà o esclusività e non deve essere considerato esaustivo circa l'indicazione delle migliori tecniche disponibili da impiegare nei singoli impianti, ma rappresenta un riferimento, basato su uno scenario medio europeo, sia per le aziende nella pianificazione dei loro interventi, sia per le autorità che dovranno rilasciare le previste autorizzazioni.

Nella scelta delle migliori tecniche disponibili devono essere considerate le esigenze qualitative, quantitative e di costo del prodotto.

Per la identificazione delle migliori tecniche disponibili per l'industria delle piastrelle di ceramica si dovrà tenere conto delle considerazioni espresse al paragrafo F. 1.

Infine l'Autorità Competente, sulla base delle proprie conoscenze rese accessibili al proponente, nonché della contestualizzazione territoriale, ambientale ed economica che l'azienda proponente fornirà nell'ambito della documentazione presentata, formulerà le proprie indicazioni autorizzative, anche al fine di tenere conto delle effettive specifiche esigenze ambientali locali. Per l'industria delle piastrelle di ceramica dovrà in particolare essere tenuto conto del fatto che le performances ambientali richieste nel cosiddetto «distretto di Sassuolo e Scandiano» e descritte in queste Linee Guida non dovranno necessariamente essere richieste a impianti localizzati in contesti territoriali differenti.

K. 2 Piano di adeguamento e piano di monitoraggio

La domanda di autorizzazione integrata ambientale dovrà contenere una documentazione che dimostri il posizionamento dell'impianto richiedente rispetto alle BAT specificate nella precedente Sez. I, oltre che una valutazione delle caratteristiche del territorio di insediamento, finalizzata ad identificare eventuali criticità.

Posizionamento rispetto alle BAT e valutazione delle criticità ambientali del territorio di insediamento costituiscono la base di partenza per lo sviluppo del piano di adeguamento e del piano di monitoraggio delle emissioni.

Il piano di adeguamento dovrebbe consistere in:

- una specifica dei provvedimenti tecnici, impiantistici, gestionali ed organizzativi che il gestore dell'impianto intende adottare per raggiungere, per gli aspetti identificati al punto precedente, livelli di prestazione ambientale in linea con le BAT, o adeguati rispetto alle eventuali criticità ambientali documentate per il territorio di insediamento. Aspetti economici;

- un piano temporale di realizzazione dei provvedimenti specificati al punto precedente;

- un piano di collaudo delle tecniche introdotte, ai fini della verifica del conseguimento dei livelli di prestazione ambientale in linea con le BAT.

La generalità delle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica - e soprattutto quelle ubicate nella Regione Emilia Romagna - dovrebbero essere in linea con le BAT, per cui il piano di adeguamento non dovrebbe prevedere particolari misure tecniche (salvo esigenze particolari associate all'ambiente di insediamento). Si riportano nel seguito alcune considerazioni che, pur specifiche per le emissioni gassose, illustrano alcuni criteri di applicazione generale nello sviluppo del piano di adeguamento.

- Nella grande maggioranza delle industrie italiane produttrici di piastrelle di ceramica, i fattori di emissione degli inquinanti con le emissioni gassose dovrebbero essere in linea con le BAT, dato l'uso generalizzato delle tecniche di produzione e depurazione identificate appunto come BAT. Dunque un eventuale piano di adeguamento non dovrebbe prevedere investimenti significativi per impianti e mezzi tecnici.

- Data questa conformità già esistente con le BAT, in Italia i limiti di emissione (che ora debbono essere basati sulle BAT) non dovrebbero subire modifiche - inasprimenti - rispetto ai valori attuali: specificamente, i limiti di concentrazione di inquinanti adottati nella Regione Emilia-Romagna, o comunque i valori contenuti nelle attuali autorizzazioni. Va comunque sottolineato che i limiti in questione si sono dimostrati efficaci anche ai fini del risanamento: si consideri che sono in vigore fin dal 1980, ed hanno consentito di assicurare il rispetto degli standard di qualità ambientale anche nel Distretto di Sassuolo ed anche dopo i forti incrementi produttivi degli anni 90. E' importante segnalare anche la vicinanza fra prestazioni associate alle BAT e prestazioni assunte come riferimento di eccellenza ambientale ai fini del marchio Ecolabel: una riduzione dei limiti di emissione correrebbe il rischio di imporre per legge a tutte le aziende ceramiche italiane l'adeguamento ai livelli di eccellenza - dunque tipicamente elitari - imposto dal marchio ecologico.

Il piano di monitoraggio delle emissioni determina l'identificazione e la quantificazione delle prestazioni ambientali rilevanti, consentendo, al contempo, un più agevole controllo della conformità con le condizioni dell'autorizzazione.

La scelta dei parametri da monitorare e la fissazione delle relative frequenze sono dettate dalle proprietà specifiche dell'impianto e quindi dal processo produttivo, dalle materie prime e prodotti impiegati nell'impianto stesso, da particolari necessità legate alla manutenzione o al controllo delle condizioni operative.

In generale il piano di monitoraggio dovrebbe specificare quanto segue:

- parametro/i da controllare

- caratteristiche tecniche dei controlli (metodi, apparati, frequenza).

Nel seguito si riporta uno schema di piano di monitoraggio, che potrebbe essere assunto come riferimento, fatte salve le considerazioni sotto riportate.

<i>Emissioni</i>	<i>Parametro</i>	<i>Misura</i>	<i>Frequenza</i>	<i>Registrazione</i>
Emissioni in atmosfera	portata (Nm ³ /h)	Laboratorio XYZ	ogni... mesi	Registro... archiviato presso...
	concentrazione di materiale			Registro... archiviato presso...
	Particellare, Fluoro, Piombo (mg/Nm ³)			
	Perdita di carico (MPa)	Registrazione in continuo...	Continua	Registrazioni archiviate presso...
Scarichi idrici	Portata acqua da Pozzo n. ...	Contatore volumetrico	Lettura e registrazione ultimo giorno di ogni mese	Registrazioni archiviate presso ...
	Portata acqua riciclata al reparto ...	Contatore volumetrico	Lettura e registrazione ultimo giorno di ogni mese	Registrazioni archiviate presso ...

Per le industrie produttrici di piastrelle di ceramica si segnala quanto segue:

- **Emissioni gassose.** In generale, anche negli impianti di maggiore capacità produttiva, il flusso di massa annuo di inquinanti è inferiore - talora sensibilmente - rispetto ai valori di soglia riportati nel [D.M. 23 novembre 2001](#). Questo aspetto, unito alla natura degli inquinanti in esame, induce a considerare ingiustificata (nella grande maggioranza dei casi e salvo situazioni ambientali particolari) l'adozione di un sistema di monitoraggio continuo della concentrazione di inquinanti nelle emissioni gassose.

In generale il piano di monitoraggio delle emissioni gassose dovrebbe pertanto contemplare solo controlli discontinui, con periodicità specificata in autorizzazione, ricordando anche che il [D.Lgs. n. 59/2005](#) esplicitamente prevede la possibilità di sostituire i valori limite di emissione con parametri e misure tecniche equivalenti (art. 5, c. 2) come documentare il funzionamento continuo degli impianti di depurazione dei fumi dei forni mediante apposito misuratore/registratore di perdite di carico. Anche nel monitoraggio le misure di parametri di funzionamento degli impianti potranno sostituire il monitoraggio delle concentrazioni di inquinanti nelle emissioni.

La periodicità potrà essere stabilita, anche modificando quella attuale, tenendo conto di tutti gli elementi di valutazione adottati: dal posizionamento rispetto alle BAT all'intensità dell'emissione, in termini di flusso di massa annuo. Concretamente la frequenza dei controlli sulle emissioni gassose dovrebbe essere maggiore nel caso di fattori di emissione di inquinanti elevati rispetto alle BAT, o nel caso di emissioni di più forte intensità (in termini di flusso di massa annuo di inquinanti).

- **Scarichi idrici.** La consolidata pratica di riutilizzo, laddove esistente, delle acque di processo comporta lo scarico di sole acque classificabili come domestiche ovvero una produzione esigua di acque di scarico industriali. Il piano di monitoraggio si occuperà solo di questa frazione dello scarico.

- **Rumore.** Per gli impianti esistenti il permanere della conformità ai limiti di emissione sonora previsti per l'area ove è insediato l'impianto è oggetto di verifica quando si attuino interventi di ristrutturazione o sostituzione di impianti o modificazioni del lay-out aziendale.

Definizioni

- **Cross-media effects**: effetti sull'ambiente, inteso nella sua totalità: acqua, aria, rifiuti, consumi energetici e di materia, rumore, ecc.
- **Standard di riferimento per le concentrazioni delle sostanze gassose**: i valori di concentrazione delle sostanze gassose, se non espressamente indicato, sono riferiti alle condizioni standard (T = 0°C, P = 1 atm) ed alla concentrazione del 18% di O₂, in assenza di umidità.

Abbreviazioni e acronimi

- **AIA** Autorizzazione Integrata Ambientale
- **C&D** Rifiuti da costruzione e demolizione
- **INES** Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti, traduzione di **EPER** (European Pollutant Emission Register)
- **MTD** Migliori Tecniche Disponibili, traduzione di BAT (Best Available Techniques)
- **MUD** Modello di Dichiarazione Ambientale
- **TEP** Tonnellata equivalente di petrolio (1 TJ corrisponde a 23,88 TEP; 1 TEP produce 3,07 tonnellate di CO₂, se riferita a olio combustibile, e 2,35 tonnellate di CO₂, se riferita a gas naturale).

Allegato

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex *art. [3, comma 2](#) del [decreto legislativo n. 372/1999](#)*

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

3.3 Impianti per la fabbricazione del vetro compresi quelli destinati alla produzione di fibre di vetro con capacità di fusione superiore a 20 tonnellate/giorno.

3.4 Impianti destinati alla fusione di sostanze minerali inclusa la produzione di fibre minerali, con capacità di fusione superiore a 20 tonnellate/giorno.

Premessa

Il presente documento si compone di due parti distinte relative ai seguenti settori industriali:

- Industria del vetro
- Produzione delle fritte

Nel documento di riferimento europeo BREF, la produzione delle fritte vetrose è stata aggregata all'industria del vetro, sulla base di una serie di elementi comuni (materie prime, alcuni tipi di forno, ecc.). Tuttavia, le numerose e sostanziali diversità presenti tra i due settori e la difficoltà di raggruppare in una sola relazione tecnica le caratteristiche di ciascuno di essi hanno indotto alla presentazione separata della relazione tecnica relativa all'industria del vetro, propriamente detta, e della produzione delle fritte.

Industria del vetro

A. Scopi ed obiettivi

L'industria vetraria italiana rappresenta un'aliquota importante della produzione europea, con circa il 17% del vetro prodotto sul totale derivante dai 15 Paesi dell'Unione Europea.

Dal punto di vista ambientale essa si colloca sicuramente tra i Paesi che hanno maggiormente investito nell'applicazione di tecnologie per il trattamento dei fumi ma soprattutto nell'innovazione del processo di produzione, allo scopo di ridurre i consumi energetici ed evitare la formazione di sostanze inquinanti.

In alcuni settori, l'industria vetraria italiana applica tecnologie d'avanguardia per l'abbattimento delle emissioni in atmosfera e per il trattamento delle acque con prestazioni superiori ai livelli raggiungibili dalla BAT di settore individuate nel documento di riferimento europeo BREF.

Il settore presenta le seguenti caratteristiche peculiari:

- Il consumo specifico medio di energia per tonnellata di vetro prodotto, riferito all'anno 2000, risulta essere il più basso rispetto a tutti gli altri Paesi dell'Unione Europea.

- Tutti i forni per la produzione di vetro borosilicato hanno adottato sistemi di trattamento dei fumi, in alcuni casi particolarmente efficienti ed innovativi (filato di vetro).

- I settori del vetro cavo e piano, nella maggior parte degli impianti, hanno già provveduto ad installare i sistemi di filtrazione.

- Circa il 70% dell'energia utilizzata per il ciclo produttivo deriva dal gas naturale e l'olio combustibile impiegato è a basso tenore di zolfo (< 1% di zolfo), a differenza di altri Paesi europei che impiegano grandi quantità di olio con tenori di zolfo anche maggiori al 2%.

- Il settore del vetro cavo per uso domestico (vetro da tavola, profumeria, ecc.) ha adottato tecnologie di produzione all'avanguardia (unico Paese in Europa), come la fusione elettrica associata alla filtrazione o al lavaggio dei fumi, eliminando al tempo stesso l'uso di sostanze affinantanti particolarmente efficienti ma ad elevato impatto ambientale (anidride arseniosa).

- Il settore del cristallo al piombo ha già adottato da tempo sistemi all'avanguardia per il trattamento delle acque derivanti dalle lavorazioni secondarie del vetro.

Alla luce della situazione attuale del settore dal punto di vista ambientale, l'applicazione della direttiva IPPC 96/61/CE all'industria del vetro ha come obiettivo il raggiungimento di livelli di emissioni più bassi rispetto a quanto attualmente richiesto dalla normativa di riferimento nazionale. L'applicazione delle migliori tecniche disponibili (BAT) al settore richiederà comunque una valutazione attenta del rapporto costi/benefici delle BAT individuate, selezionando quelle più adatte alla tipologia produttiva presente sul territorio nazionale e valutando le ricadute sulla competitività dei diversi settori che compongono l'industria vetraria rispetto agli altri Paesi dell'Unione Europea che, in molti casi, non hanno ancora realizzato alcun sistema di controllo e di riduzione delle emissioni e possono inoltre beneficiare di un costo dell'energia più favorevole.

Lo scopo principale del presente documento è quello di definire le linee guida per l'applicazione della direttiva IPPC 96/61/CE, tenendo conto delle specifiche caratteristiche delle aziende italiane.

Gli obiettivi che l'industria vetraria si prefigge sono quelli di ridurre al minimo le emissioni inquinanti, selezionando tra le migliori tecnologie disponibili quelle che meglio si adattano alle proprie caratteristiche sia dal punto di vista tecnico che economico, privilegiando le soluzioni che comportano un miglioramento globale dell'impatto ambientale, secondo l'approccio integrato che sta alla base della direttiva IPPC 96/61/CE, minimizzando la produzione di rifiuti, utilizzando in modo efficiente l'energia e riducendo i rischi associati all'uso delle tecnologie.

Gli impatti prevalenti dell'industria del vetro sull'ambiente sono costituiti principalmente dalle emissioni in atmosfera; seguite dal consumo di acqua, dalla produzione di rifiuti solidi e dalle emissioni di rumore.

In base a tali impatti, l'industria del vetro è sottoposta, dal punto di vista normativo, all'applicazione di alcune rilevanti normative ambientali di settore, che riguardano, rispettivamente, la tutela dell'aria e dell'acqua e la disciplina dei rifiuti.

La normativa ambientale di riferimento può essere suddivisa nelle seguenti categorie:

- Tutela qualità delle acque
- Emissioni in atmosfera
- Residui
- IPPC

e può essere così riassunta:

Tutela Qualità delle Acque

Riferimento normativo
Decreto legislativo n. 152
dell'11 maggio 1999

Oggetto

«Testo aggiornato del [decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152](#), recante: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della [direttiva 91/271/CEE](#) concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della [direttiva 91/676/CEE](#) relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al [decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258](#)»

(G.U. n. 246 del 20 ottobre
2000 - Supplemento
Ordinario n. 172)

Decreto legislativo n. 258
del 18 agosto 2000

«Disposizioni correttive ed integrative del [decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152](#), in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'[articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128](#)

(G.U. n. 218 del 18
settembre 2000 -
Supplemento ordinario n.
153)

Decreto 12 giugno 2003, Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue
n. 185

Emissioni in Atmosfera

Riferimento normativo
Decreto del Presidente
della Repubblica n. 203
del 24 maggio 1988.

Oggetto

«Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884,84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'[art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183](#).»

Decreto ministeriale del
12 luglio 1990.
Decreto legislativo n. 334
del 17 agosto 1999

«Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione».

«Attuazione della direttiva CEE 96/82 denominata Seveso II in materia di controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose».

G.U. n. 228 del 28
settembre 1999 -
Supplemento Ordinario n.
177

Decreto ministeriale del 4
ottobre 1999.

«Proroga dei termini di adeguamento dei valori di emissione delle polveri al 31 dicembre 2002».

Decreto ministeriale n. 60
del 2 aprile 2002

«Recepimento della [direttiva 1999/30/CE](#) del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, biossido di azoto, gli ossidi

di azoto, le particelle e il piombo e della [direttiva 2000/69/CE](#) relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio».

Decreto del ministero dell'ambiente 1° ottobre 2002, n. 261. Direttive tecniche per la valutazione della qualità dell'aria ambiente - elaborazione del piano e dei programmi di cui agli [articoli 8 e 9 del D.Lgs. n. 351/1999](#).

Rumore

<i>Riferimento normativo</i> Legge n. 447/1995 D.P.C.M. 14 novembre 1997 D.P.C.M. 1/3/1991 D.M. 11/12/1996	<i>Oggetto</i> Legge quadro sull'inquinamento acustico Limiti massimi emissioni acustiche Limiti massimi di accettabilità Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo continuo
---	--

Rifiuti

<i>Riferimento normativo</i> Decreto legislativo n. 22 del 5 febbraio 1997 G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997 - Supplemento Ordinario n. 33 Decreto legislativo n. del 5 febbraio 1998 G.U. n. 88 del 16 aprile 1998 - Supplemento Ordinario n. 72 D.P.C.M. 24 dicembre 2002 Decisione 2002/909/CE Decisione 2000/532/CE Decisione 2001/573/CE	<i>Oggetto</i> «Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio» «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero» Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003 Testo vigente Approvazione norme italiane sul recupero agevolato dei rifiuti pericolosi - D.M. n. 161/2002 Nuovo CER - Catalogo Europeo dei Rifiuti - Testo vigente Modifica elenco rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE
---	---

IPPC

<i>Riferimento normativo</i> Direttiva 96/61/CE (Modificata dalle direttive 2003/35/CE e 2003/87/CE e recepita dal D.Lgs n. 59/05) Decreto legislativo n. 59 del 18 febbraio 2005 G.U. n. 93 del 22 aprile 2005 Decreto min. 19 novembre 2002 Decreto min. 26 aprile 2002 modifiche al D.M. 23 novembre 2001 Decreto Min. 23 novembre 2001 «IPPC»	<i>Oggetto</i> Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento IPPC - Istituzione della commissione di esperti Comunicazione «Ippc» - Differimento di termini Dati, formato e modalità comunicazione
---	---

Normative ambientali rilevanti per l'industria del vetro

La produzione del vetro avviene mediante un ciclo di fusione ad alta temperatura caratterizzato da emissioni solide e gassose che fuoriescono dal forno con i gas di combustione.

Le principali sostanze emesse sono: polveri, ossidi di azoto, ossidi di zolfo e anidride carbonica. I limiti tollerati nell'emissione delle sostanze citate sono stati regolamentati dal [D.P.R. n. 203/88](#) recante «Attuazione delle direttive CEE nn. 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della [legge 16 aprile 1987](#), n. 183» e dal D.M. 12 luglio 1990 che contiene le «Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione».

Date le peculiarità del settore ed in virtù di uno specifico accordo di programma in materia ambientale sottoscritto nel giugno del 1999 tra il Ministero dell'Ambiente ed Assovetro quale Associazione di rappresentanza dell'industria del vetro, il Ministro dell'Ambiente, di concerto con il Ministero della Sanità e dell'Industria, ha accordato all'industria del vetro, con decreto del 4 ottobre 1999 (G.U. n. 264 del 10 novembre 1999), una proroga dei termini di adeguamento dei valori limite di emissione delle polveri. Con tale provvedimento i termini previsti nell'articolo 5 del citato DM 12 luglio 1990 per l'adeguamento delle emissioni di polveri totali degli impianti di produzione di vetro cavo e piano esistenti al 1° luglio 1988 sono stati differiti al 31 dicembre 2002.

Gli impianti per la fabbricazione del vetro, compresi quelli destinati alla produzione di fibre minerali, con una capacità di fusione di oltre 20 tonnellate al giorno, rientrano nel campo di applicazione della [direttiva 96/61/CE](#) relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento, che ha trovato attuazione nel nostro ordinamento con il D.Lg.s n. 59 del 18 febbraio 2005.

Il decreto del ministero dell'ambiente 23 novembre 2001 che istituisce il registro Nazionale delle Emissioni e delle loro Sorgenti (INES), pubblicato sul Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 29 del 13 febbraio 2002, impone alle aziende dell'industria del vetro che rientrano nell'ambito di applicazione della direttiva 96/61 IPPC di trasmettere alle competenti autorità (Ministero dell'ambiente e APAT) i dati caratteristici relativi alle emissioni in aria, acqua e suolo, al fine di costituire sia l'Inventario Nazionale dell'INES, sia il Registro EPER (European Pollutant Emission Register).

Per quanto riguarda il consumo dell'acqua, peraltro non rilevante per il settore, la normativa di riferimento è rappresentata dal [decreto legislativo dell'11 maggio 1999, n. 152](#) (S.O. n. 101/L alla Gazzetta Ufficiale 29 maggio 1999, n. 124; ripubblicato con correzioni sul Supplemento ordinario n. 146/L alla Gazzetta Ufficiale 30 luglio 1999, n. 177), recante «Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della [direttiva 91/271/CEE](#) concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della [direttiva 91/676/CEE](#) relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole».

Relativamente alla produzione dei rifiuti, la normativa di riferimento applicabile all'industria del vetro è costituita dal [decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22](#) ("Decreto Ronchi") e successive modificazioni ed integrazioni, che ha dato attuazione in Italia a tre diverse direttive sui rifiuti, la n. 91/156 sui rifiuti, la n. 91/689 sui rifiuti pericolosi e la n. 94/62 sugli imballaggi ed i rifiuti di imballaggio.

L'industria del vetro fa riferimento, altresì, ai contenuti del [D.M. 5 febbraio 1998](#), pubblicato nel Supplemento ordinario n. 72 della Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, relativo all'individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli artt. 31 e 33 del [D.Lgs. n. 22/1997](#). Il provvedimento consente alle aziende del settore di adottare le procedure semplificate previste dalla legge per il recupero di determinate categorie di rifiuti non pericolosi. A tale proposito va evidenziato come di norma il vetro scartato nel corso del

processo produttivo venga re-impiegato direttamente nel sito di produzione oppure, in casi particolari, riutilizzato da altri settori dell'industria del vetro.

Tutta l'industria del vetro è interessata all'applicazione della legge quadro 26 ottobre 1995, n. 447 sull'inquinamento acustico che detta i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

Solo alcuni comparti dell'industria del vetro, invece, sono interessati, sia pure marginalmente, all'applicazione del [decreto legislativo n. 334 del 17 agosto 1999](#), pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 177/L della Gazzetta Ufficiale n. 228 del 28 settembre 1999, che recepisce la Direttiva comunitaria 96/82/CEE denominata «Seveso II» sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.

Con la ratifica del Protocollo di Kyoto, avvenuta con legge 1° marzo 2002, n. 120, mediante la quale l'Italia ha assunto l'obbligo di abbattere, al 2010, le emissioni di anidride carbonica del 6,5%, anche l'industria del vetro è stata coinvolta nel processo di riduzione nazionale delle emissioni di gas serra.

La «[Deliberazione 19 dicembre 2002 del Comitato interministeriale per la Programmazione Economica \(CIPE\)](#) recante la revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra, ai sensi della citata [legge n. 120/2002](#)», pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 68 del 22 marzo 2003, ha dato completa attuazione ai contenuti della citata legge 120.

La Delibera, nell'indicare piano di azione nazionale per la riduzione dei livelli di emissione dei gas serra e l'aumento del loro assorbimento, al fine di raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni al minor costo, non specifica gli obblighi di riduzione per i singoli settori industriali.

In base a tale impostazione, anche l'industria del vetro pur essendo coinvolta nel piano nazionale di riduzione delle emissioni di gas serra, non conosce ancora con esattezza il proprio obiettivo di riduzione.

L'applicazione della [direttiva 96/61/CE](#) IPPC all'industria del vetro è indirizzata alle installazioni aventi una capacità produttiva superiore alle 20 tonnellate/giorno, comprendendo tutte le attività di tipo industriale ed escludendo la produzione di vetro artistico lavorato a mano.

C.1 Dati sulla produzione

Il documento di riferimento per l'industria del vetro BREF ha individuato otto settori che, in base alla rispettiva tipologia produttiva, compongono l'industria del vetro:

- 1) Vetro cavo (bottiglie e contenitori per bevande ed alimenti);

- 2) Vetro piano (materiali per l'edilizia e l'automobile);
- 3) Filamento continuo di vetro (fibra di rinforzo per materiali compositi);
- 4) Vetro per uso domestico (articoli da tavola e da arredamento);
- 5) Vetri speciali (vetro borosilicato per uso farmaceutico, illuminazione, schermi televisivi, cristallo al piombo);
- 6) Lana di vetro e di roccia (fibra per isolamento termico e acustico);
- 7) Fibre ceramiche (materiale per isolamento termico ad alta temperatura);
- 8) Fritte vetrose (materiale di rivestimento per ceramiche, piastrelle e per decorazioni su superfici vetrose).

Nel comparto del vetro cavo, tuttavia, possono essere collocate sia le aziende produttrici di vetro cavo meccanico per contenitori, sia le imprese che producono vetri e cristalli per uso domestico. Le imprese produttrici di lane e filati di vetro possono essere aggregate nel medesimo comparto.

Alcuni dei settori produttivi identificati nel BREF non sono presenti in Italia, in particolare quelli delle fibre ceramiche e della lana di roccia, così come quelli che producono alcune tipologie di vetro speciale.

Il settore delle fritte vetrose, infine, pur essendo stato inserito nel BREF Vetro, non può considerarsi un comparto dell'industria vetraria perché viene normalmente associato all'industria ceramica, sebbene i relativi impianti produttivi presentino caratteristiche simili a quelle degli impianti di fabbricazione del vetro. In Italia, i settori dell'industria del vetro che rientrano nel campo di applicazione della «Direttiva IPPC» si identificano nelle seguenti tipologie produttive:

- Vetro sodico-calcico

Rappresenta circa il 95% della produzione italiana. Viene utilizzato per produrre il vetro cavo (contenitori per l'imballaggio ed articoli da tavola), vetro piano (lastre per edilizia e per auto), vetri tecnici (articoli da illuminazione, fari, vetro-mattone, ecc.);

- Vetro borosilicato

Rappresenta circa il 4% della produzione nazionale, di cui l'1% corrisponde al vetro per uso farmaceutico (contenitori e tubo) ed il 3% circa è costituito dalla produzione di filato e fibra di vetro.

- Vetro al piombo

Il vetro al piombo o «cristallo», prodotto industrialmente mediante un ciclo continuo, rappresenta una percentuale della produzione nazionale di vetro inferiore all'1%. Il cristallo, utilizzato prevalentemente per la produzione di articoli da tavola ed oggettistica, è caratterizzato da un contenuto minimo di ossido di piombo del 24%, fino a valori superiori al 30%.

Tabella 1 - Quantità annuali di vetro prodotto (vendibile) per settore nell'anno 2002 (Dati ISTAT)

<i>Raggruppamento Merceologico</i>	<i>Quantità annuali di vetro prodotto (tonn.) nell'anno 2002</i>	<i>N. dipendenti (operai e impiegati)</i>
Vetro cavo	3.504.660	8.558
Vetro piano	841.073	3.752
Tubo e vetri tecnici	298.000	1.900
Filamento continuo e lana di vetro	145.000	900
Cristallo al piombo ed altri Vetri	103.000	4.650
Totali	4.868.031	19.746

Tabella 2 - Aziende vetrarie soggette alla direttiva 96/61/IPPC

<i>Raggruppamento merceologico</i>	<i>Numero Aziende</i>	<i>Stabilimenti o impianti</i>
Vetro cavo	19	38
Vetro piano	5	7
Tubo e vetri tecnici	3	4
Fibra e Filamento continuo di vetro	3	4
Cristallo al piombo	1	1
Totali	31	54

C.2 Distribuzione territoriale degli impianti

Tabella 3 - Distribuzione territoriale delle aziende vetrarie

<i>Regioni</i>	<i>Aziende</i>	<i>Stabilimenti o impianti</i>
Piemonte	2	2
Lombardia	6	8
Veneto	9	10
Trentino Alto-Adige	2	2
Friuli Venezia Giulia	3	3
Liguria	4	5
Emilia Romagna	4	4
Toscana	6	6
Umbria	2	2
Lazio	1	1

Abruzzo	3	3
Campania	3	3
Puglia	4	4
Sicilia	1	1
Totali		54

C.3 Impatto ambientale dell'industria del vetro

L'industria del vetro è caratterizzata da elevati consumi energetici dovuti principalmente al processo di fusione che può assorbire da un minimo del 50% a circa l'80% dei consumi totali. Ciò comporta che le emissioni preponderanti del settore siano rappresentate dall'anidride carbonica, con fattori di emissione compresi tra 500 e 1400 kg CO₂/t. vetro, in funzione della tipologia di vetro prodotto.

Le emissioni in atmosfera rappresentano la principale fonte di inquinamento generata dal settore.

Solo per alcune tipologie di prodotto gli scarichi idrici rappresentano un elemento importante nel bilancio ambientale del ciclo produttivo (lana e filato di vetro, vetro al piombo).

Le emissioni atmosferiche sono composte principalmente dai seguenti inquinanti:

- Ossidi di azoto 50 - 80% del totale (esclusa anidride carbonica)
- Ossidi di zolfo 20 - 40% del totale (esclusa anidride carbonica)
- Polveri totali 4 - 6% del totale (esclusa anidride carbonica)
- Cloruri gassosi circa 1% del totale (esclusa anidride carbonica)
- Fluoruri gassosi circa 0.2% del totale (esclusa anidride carbonica).

Le polveri emesse sono principalmente composte da sostanze chimicamente inerti (solfati di sodio e potassio); in funzione del tipo di vetro prodotto possono contenere anche piccole quantità di metalli pesanti. L'eventuale presenza di silice libera cristallina è limitata alle operazioni di movimentazione e stoccaggio delle materie prime (sabbia, miscela vetrificabile); la silice presente nelle emissioni dal forno di fusione rappresenta quantità molto modeste ([lt]1% delle polveri totali) ed è quasi totalmente in forma amorfa a causa delle trasformazioni chimico-fisiche della miscela vetrificabile nel corso della fusione ad alta temperatura.

Una stima delle emissioni globali del settore per l'anno 2000 è presentata nella seguente tabella:

<i>Inquinante</i>	<i>Tonnellate/anno</i>
CO ₂ (compresa energia elettrica)	3,600,000
NO _x	15,860
Sox	9.757
Polveri	1,394
HCl	216
HF	47

Nella seguente tabella sono indicate le tipologie di inquinanti atmosferici relative a ciascun settore:

Tabella relativa alle emissioni caratteristiche del ciclo produttivo

<i>Settore/Attività</i>	<i>Inquinanti atmosferici</i>
<i>Vetro cavo</i>	
Movimentazione di materie prime	Polveri
Processo di fusione	Polveri, NOx, SOx, HF, HCL, metalli
Trattamenti a caldo del vetro	Polveri, stagno organico ed inorganico, HCL, SOx
<i>Vetro piano</i>	
Movimentazione di materie prime	Polveri
Processo di fusione	Polveri, NOx, SOx, HF, HCL, metalli (solo nel caso di vetro colorato)
Trattamento a caldo del vetro	Sox
<i>Filamento continuo di vetro</i>	
Movimentazione di materie prime	Polveri
Processo di fusione	Polveri, NOx, SOx, HF, HCL
Trattamenti del prodotto	Polveri, formaldeide, ammoniacca, composti organici volatili (in funzione del tipo di prodotto utilizzato)
<i>Vetro per uso domestico</i>	
Movimentazione di materie prime	Polveri
Processo di fusione	Polveri, NOx, SOx, HF, HCL, metalli
<i>Vetri speciali</i>	
Movimentazione di materie prime	Polveri
Processo di fusione	Polveri, NOx, SOx, HF, HCL metalli
Trattamenti del prodotto	Polveri, HF (produzione di vetro al piombo)
<i>Lana di vetro</i>	
Movimentazione di materie prime	Polveri
Processo di fusione	Polveri, NOx, SOx, HF, HCL, metalli
Trattamenti del prodotto	Polveri, VOC, fenoli, ammoniacca, formaldeide

Il presente capitolo descrive le tecniche di produzione dei vetri industriali prodotti in Italia. Altre tipologie di vetri riportate dal documento di riferimento BREF ma non presenti sul territorio nazionale e non vengono quindi considerate.

D.1 Processo di produzione del vetro industriale

Il ciclo di produzione del vetro industriale si compone delle seguenti fasi:

1. Approvvigionamento delle materie prime, scarico e loro stoccaggio, preparazione della miscela vetrificabile.
2. Fusione della miscela vetrificabile in forni fusori adeguati al tipo di vetro prodotto. Il processo di fusione avviene a temperature comprese fra 1400 e 1600 °C.
3. Formatura dei prodotti in vetro, in precisi intervalli di temperatura.

4. Ricottura dei manufatti di vetro che richiedono la rimozione delle tensioni presenti, per evitare rotture spontanee anche molto tempo dopo la formatura. Questa fase non è presente nel ciclo di produzione del tubo, della lana e del filato di vetro.

5. Controllo della qualità del prodotto ed imballaggio.

6. Immagazzinamento.

Le materie prime necessarie per produrre vetro sono:

i vetrificanti, i fondenti, gli stabilizzanti, gli affinati, i decoloranti, i coloranti e gli opacizzanti che vengono utilizzati per vetri opachi.

Il **vetrificante** è la materia prima che costituisce la struttura base del vetro.

I **fondenti** hanno la funzione di facilitare il passaggio del vetrificante allo stato liquido durante la fusione.

Gli **stabilizzanti** oltre a consentire la lavorabilità del vetro ed il conferimento delle proprietà fisiche volute, riducono la possibilità di alterazioni della superficie del vetro.

Gli **affinati** hanno lo scopo di favorire l'eliminazione dei gas prodotti dalla decomposizione delle materie prime (prevalentemente CO₂) e contribuiscono al processo di omogeneizzazione del vetro fuso.

I **coloranti** hanno la funzione di impartire la colorazione desiderata al vetro. Allo scopo si utilizzano ossidi metallici o fritte vetrose contenenti i coloranti metallici che possono essere aggiunti alla miscela vetrificabile oppure alimentati ai canali di distribuzione del vetro fuso alle macchine di formatura degli articoli.

I **decoloranti** hanno la funzione di neutralizzare la colorazione derivante da eventuali impurezze contenute nelle materie prime (Fe, Cr). Allo scopo si utilizzano composti di metalli che ☐coprono☐ il colore indesiderato attraverso una colorazione complementare oppure per mezzo di una reazione chimica che modifica l'effetto colorante delle impurezze coloranti.

Il **rottame di vetro** è di fatto una materia prima vera e propria che viene utilizzata in quantità molto variabile, dal 20 al 90% della miscela vetrificabile.

Il suo impiego facilita la fusione, riduce il consumo specifico di energia e permette di ridurre le emissioni generate dai forni per vetro.

Prodotti chimici ausiliari possono essere utilizzati per trattamenti specifici dei prodotti in vetro, per migliorare le caratteristiche di resistenza meccanica e/o chimica del vetro, oppure per conferire al manufatto in vetro proprietà particolari. I trattamenti possono essere eseguiti a caldo (trattamento con tetracloruro di stagno, metilbutilcloruro di stagno, solforazione, ecc.), a freddo (acido oleico, polietilene) o mediante processi di polimerizzazione (apprettatura con resine termoindurenti).

D.1.1 Preparazione della miscela vetrificabile

Le materie prime arrivano allo stabilimento sfuse, con mezzi di trasporto chiusi, oppure imballate in «big bags» o sacchi. Esse vengono normalmente trasferite agli appositi silos di stoccaggio mediante trasporto pneumatico; solo il rottame di vetro ed eventualmente la sabbia vengono stoccati diversamente. Esse vengono prelevate automaticamente, pesate, mescolate ed inviate, mediante nastri trasportatori, o tubazioni per il trasporto pneumatico, alle tramogge di caricamento dei forni per la fusione del vetro.

Alle materie prime vengono aggiunte quantità variabili di rottame di vetro opportunamente frantumato.

Alla miscela vetrificabile così ottenuta viene, generalmente, aggiunta acqua in modo da mantenere un'umidità di circa il 3 %, allo scopo di limitare lo spolverio durante la sua movimentazione.

D.1.2 Processo di fusione e formatura del vetro

La miscela viene alimentata al forno dove viene sottoposta al processo di fusione ad alta temperatura, tra 1400 °C e 1600 °C.

Durante la fusione, nella massa vetrosa si generano inclusioni gassose dovute alla decomposizione delle materie prime, principalmente i carbonati di sodio, calcio e magnesio che danno origine a CO₂, la cui solubilità nel vetro è limitata. Le bolle che ne derivano vengono successivamente eliminate nella fase di affinaggio e la velocità di eliminazione/omogeneizzazione viene favorita dall'aggiunta di sostanze affinanti, principalmente i solfati di sodio e calcio. Tali sostanze, decomponendosi a loro volta, danno origine a gas maggiormente solubili nella massa vetrosa ed a bolle di più grosse dimensioni, caratterizzate da una più elevata velocità di risalita, con conseguente effetto di facilitare l'eliminazione delle bolle più piccole presenti nella massa vetrosa. La fase di affinaggio viene favorita dall'aumento della temperatura del bagno di vetro.

Una successiva fase di condizionamento del vetro è necessaria per raffreddare ed omogeneizzare termicamente la massa fino ad ottenere una viscosità adeguata alla sua lavorazione e trasformazione nel prodotto finale.

La fusione del vetro industriale viene effettuata in forni a bacino con ciclo di produzione continuo. Normalmente, i combustibili impiegati sono il gas naturale e l'olio a basso tenore di zolfo (BTZ); quantità variabili di energia elettrica sono frequentemente impiegate in aggiunta al combustibile fossile.

Per particolari tipi di vetro, in genere per forni di piccola e media capacità, la fusione può essere effettuata in forni riscaldati totalmente con energia elettrica.

Allo scopo di aumentare l'efficienza termica del processo di fusione l'aria comburente viene preriscaldata a spese del calore dei fumi di combustione.

I sistemi di preriscaldamento possono essere di tipo recuperativo, ovvero con recupero di calore mediante scambiatori metallici o ceramici (forni Unit Melter) o di tipo rigenerativo, dotati di camere in materiale refrattario per il recupero di calore (rigeneratori). I forni a rigenerazione sono di due tipi: forni con fiamma ad U e camere di rigenerazione posteriori (End Port), forni a fiamma trasversale e camere di rigenerazione laterali (Side Port).

Nel caso di preriscaldamento con recuperatori di calore metallici la temperatura dell'aria può raggiungere circa 800 °C.

Con il sistema a rigenerazione il processo di recupero termico è discontinuo, il forno infatti, è dotato di due camere che lavorano alternativamente, in una prima fase ricevendo i fumi caldi e scaricandoli a circa 400-450 °C ed in una seconda fase ricevendo l'aria di combustione fredda e preriscaldandola fino ad una temperatura di circa 1350 °C.

Nel caso di utilizzo di ossigeno puro in sostituzione dell'aria comburente (ossicombustione), la fase di preriscaldamento non viene effettuata.

D.2 Processo di produzione del vetro piano

Le materie prime principalmente impiegate sono:

Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate

Fondenti carbonato di sodio

Stabilizzanti silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite

Affinanti solfato di sodio, solfato di calcio e, per particolari produzioni, nitrato di sodio, carbone, (loppe di altoforno)

Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione.

I forni di fusione utilizzati nel settore del vetro piano sono, in genere, di grandi dimensioni (300-400 m²), hanno capacità produttive fino a 600-700 t/giorno ed una vita di 10-12 anni.

Per la produzione di vetro laminato e stampato vengono utilizzati forni più piccoli, da 150-200 t/giorno.

I forni, in generale, sono dotati di camere di rigenerazione laterali.

I bruciatori in questo caso, in numero adeguato alla superficie del forno, producono fiamme trasversali allo stesso (Forni Side Port).

Il combustibile impiegato può essere il metano o l'olio. La temperatura massima nella zona di fusione è di circa 1600 °C. Lungo l'asse del forno la temperatura viene successivamente abbassata fino a circa 1100 °C per raggiungere una viscosità del vetro che ne permetta la colata. Con il processo Float, il vetro viene quindi versato su un bagno di stagno fuso, sul quale galleggia, e viene tirato verso la zona di ricottura.

Nel caso della produzione di laminato, il vetro opportunamente raffreddato viene fatto passare tra due rotoli che ne determinano lo spessore e ne imprimono l'eventuale decorazione.

Il forno di ricottura viene normalmente alimentato a metano oppure con energia elettrica. La fase di ricottura prevede che il vetro venga portato alla temperatura di 550 °C e raffreddato lentamente in condizioni controllate allo scopo di eliminare le tensioni introdotte nella massa vetrosa durante il

processo di formatura. In questa fase il vetro mantiene la sua forma e non subisce alcuna modifica della composizione chimica. All'uscita del forno di ricottura, il vetro viene ispezionato, tagliato automaticamente in lastre ed inviato al magazzino.

D.3 Processo di produzione del vetro cavo

Le materie prime principalmente impiegate sono:

Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate

Fondenti carbonato di sodio e piccole quantità di carbonato di potassio

Stabilizzanti allumina, silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, dolomite, carbonato di bario

Affinanti solfato di sodio, solfato di calcio, nitrato di sodio o nitrato di potassio, carbone, loppe di altoforno

Rottame di vetro, proveniente dalla raccolta differenziata e dagli scarti di produzione.

Alcune delle materie prime indicate vengono impiegate solo per la produzione di vetri per uso domestico e vetri tecnici. Il vetro sodico-calcico per la produzione di contenitori impiega normalmente le seguenti materie prime: sabbia, sodio carbonato, calcio carbonato, dolomite, solfato di sodio, loppe, carbone.

I forni di fusione utilizzati nel settore del vetro cavo sono di dimensioni variabili da 10 a 150 m²; hanno capacità produttive comprese tra 20 e più di 500 t/giorno ed una vita media di 8-10 anni, trascorsi i quali si procede alla manutenzione/ricostruzione della struttura in materiale refrattario.

I tipi di forno utilizzati nella produzione di vetro cavo sono:

1) Side Port, 2) End Port, 3) Unit Melter, 4) Elettrico.

I primi due sono del tipo a rigenerazione e si differenziano per la posizione dei bruciatori che possono essere montati sulla parete laterale (Side Port) o sulla parete posteriore (End Port). Il forno di tipo Unit Melter caratterizzato dal recupero di calore mediante scambiatori metallici del tipo a fascio tubiero che operano a ciclo continuo.

Il forno con riscaldamento totalmente elettrico viene utilizzato per piccole capacità produttive e per particolari tipi di vetro (contenitori in vetro opale, vetro da tavola ecc.).

Il vetro fuso nei diversi tipi di forno viene lasciato defluire verso i canali di alimentazione alle macchine formatrici. In questa fase il vetro si omogeneizza termicamente e si raffredda fino a raggiungere la temperatura necessaria per il processo di formatura.

I processi di formatura dei contenitori sono: il pressato diretto, il soffiato-soffiato ed il pressato soffiato. Nel primo caso la lavorazione avviene solo mediante pressatura del vetro in un apposito stampo, questo processo può essere utilizzato solo per articoli a «bocca larga». Il processo «pressato-soffiato» consiste in una fase iniziale mediante pressatura e successivamente la forma

desiderata viene completata mediante soffiatura con aria compressa. Il processo «soffiato-soffiato» utilizza sia per la fase iniziale che per la finitura dell'articolo in vetro la soffiatura mediante aria compressa. La scelta del tipo di processo è strettamente legata all'articolo da produrre; il pressato viene utilizzato per la produzione di articoli per la casa (vassoi, coppe, ecc.); il pressato-soffiato è normalmente utilizzato per la produzione di vasellame ma anche per bottiglie; il soffiato-soffiato viene utilizzato per la produzione di contenitori standard e con forme complesse, essendo il processo più versatile tra quelli disponibili.

I contenitori uscenti dalla macchina formatrice vengono inviati al forno di ricottura. Il forno di ricottura viene normalmente alimentato a metano oppure con energia elettrica. Anche nel caso del vetro cavo, la fase di ricottura prevede che il vetro venga portato alla temperatura di 550 °C e raffreddato lentamente in condizioni controllate allo scopo di eliminare le tensioni introdotte nella massa vetrosa durante il processo di formatura. In questa fase il vetro mantiene la sua forma e non subisce alcuna modifica della composizione chimica. All'uscita del forno di ricottura il vetro viene sottoposto ad ispezione automatica e successivamente inviato all'imballaggio ed al magazzino.

D.4 Processo di produzione del vetro borosilicato (contenitori e tubo)

Le materie prime impiegate principalmente impiegate sono:

Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate, sabbie feldspatiche, prodotti borici;

Fondenti carbonato di sodio e piccole quantità di carbonato di potassio;

Stabilizzanti allumina, silico-alluminati di sodio e/o potassio, carbonato di calcio, carbonato di bario;

Affinanti nitrato di sodio ed in piccola quantità composti del fluoro e del cloro (limitatamente alla produzione di tubo).

Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione.

I forni per la produzione di vetro borosilicato hanno capacità variabile da 10 a 40 t/giorno ed hanno una vita media di circa 8 (10 anni).

Nel caso della produzione di tubo di vetro borosilicato, durante la campagna di un forno è necessario eseguire frequenti interventi di manutenzione a freddo sulla struttura di refrattario (in media ogni 18 mesi).

I forni possono essere di tipo elettrico a volta fredda, oppure a combustione con gas metano, del tipo a recupero di calore (Unit Melter), oppure a rigenerazione (Side Port).

Anche nei forni convenzionali a gas metano, una parte dell'energia necessaria per la fusione viene fornita dal «Boosting elettrico».

La temperatura massima del bacino di fusione raggiunge i 1500 °C nel caso del forno elettrico e 1620-1630 °C nei forni a combustione.

Dal bacino di fusione il vetro passa in un canale di condizionamento dove viene raffreddato alla temperatura opportuna per lo stampaggio dei contenitori, oppure per essere colato su un mandrino rotante che dà origine al tubo di vetro.

Dal mandrino il tubo viene successivamente tagliato lungo una pista dove avviene il raffreddamento.

Il prodotto così ottenuto viene successivamente tagliato in pezzi le cui estremità vengono rifinite a fuoco, per poi essere ispezionati ed imballati.

D.5 Processi di produzione di vetro borosilicato (lana e filato).

Le materie prime principalmente impiegate sono:

Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate, sabbie feldspatiche, prodotti borici;

Fondenti carbonato di sodio;

Statizzanti caolino, carbonato di calcio, dolomite;

Affinanti solfato di sodio, o nitrato di sodio ed, in alcuni casi, composti del fluoro.

Rottame di vetro proveniente dagli scarti di produzione e, nel caso della produzione di lana di vetro è possibile anche l'uso di rottame esterno.

D.5.1 Processo di produzione della lana di vetro per isolamento

I forni utilizzati per la produzione di lana possono essere del tipo elettrico, oppure con combustione a metano, del tipo a recupero di calore (Unit Melter).

La temperatura massima del bacino di fusione raggiunge i 1400 °C nel caso del forno elettrico e 1450 °C nei forni a metano.

La temperatura dell'aria di combustione, riscaldata per mezzo di scambiatori metallici, (del tipo a singolo stadio), raggiunge, in genere, 400-500 °C.

Dal bacino di fusione il vetro passa nei canali di condizionamento termico all'estremità dei quali viene colato, attraverso uno o più orifizi, su una o più filiere rotanti o statiche; la forza centrifuga (nel caso delle filiere rotanti) e un fluido surriscaldato e ad alta pressione (nel caso delle filiere statiche) spingono il vetro fuso a fuoriuscire attraverso i fori della filiera generando così la fibra.

I fili che si formano vengono convogliati per mezzo di getti di gas di combustione nel caso delle filiere rotanti ed dal fluido stesso nel caso delle filiere statiche; essi vengono successivamente spruzzati con un collante a base di resine fenoliche, ureiche, melamminiche ecc. Le fibre vengono successivamente depositate per aspirazione su un tappeto metallico in movimento dove si forma un feltro continuo.

Il feltro viene successivamente fatto passare in un forno dove avviene la presa del collante, per effetto della policondensazione delle resine. Il prodotto così ottenuto passa quindi, previa ispezione, alla linea di finitura, al taglio ed infine all'imballaggio.

D.5.2 Processo di produzione del filamento continuo di vetro

I forni impiegati per la produzione di filamento continuo di vetro sono alimentati a metano; generalmente sono del tipo a recupero di calore (Unit Melter).

La temperatura massima del bacino di fusione è di circa 1500 °C; la temperatura dell'aria prima dei bruciatori raggiunge 700-800 °C.

Dal bacino di fusione il vetro, attraverso i canali di condizionamento termico, viene inviato ad una serie di filiere in platino.

Per il processo di produzione del filamento continuo di vetro, i filamenti che fuoriescono dalla filiera, dopo essere stati sottoposti ad apprettatura, per contatto di un rullo rotante, con appretto a base di polimeri organici, lubrificanti ed agenti reticolanti, vengono raccolti su un mandrino, in un unico filo o più fili, oppure tagliati in lunghezza da 3 a 22 mm.

Il prodotto così ottenuto può essere avvolto su una bobina oppure raccolto su un tappeto ove si ha la formazione di un materassino (MAT) oppure ancora raccolto in contenitori come filo tagliato.

D.6 Processo di produzione del vetro al piombo

Le materie prime principalmente impiegate sono:

Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate ed, in minima parte, prodotti borici;

Fondenti carbonato di sodio e carbonato di potassio;

Stabilizzanti ossidi di piombo ed, in piccole quantità, carbonato di bario;

Affinanti nitrato di sodio, nitrato di potassio e modesti tenori di ossido di antimonio.

I forni impiegati per la produzione di cristallo al piombo con ciclo continuo, sono del tipo a fusione completamente elettrica. La temperatura massima raggiunta dal forno elettrico è di 1400 °C.

Analogamente a quanto avviene per la produzione di vetro cavo sodico-calcico, il vetro al piombo in uscita dalla vasca di fusione viene condizionato alla temperatura necessaria per poter essere alimentato alle macchine formatrici, dove avviene la formatura dell'oggetto per pressatura o soffiatura.

Dalla macchina, l'oggetto viene inviato al forno di ricottura, all'uscita del quale i prodotti vengono ispezionati, imballati ed eventualmente sottoposti a successiva lavorazione (taglio, molatura e lucidatura o semplicemente lucidatura).

D.7 Processo di produzione del vetro artistico lavorato a mano

Il ciclo di produzione del vetro artistico lavorato a mano ha caratteristiche sostanzialmente diverse rispetto al vetro industriale, sia per i componenti della miscela vetrificabile che per l'organizzazione del ciclo di fusione che ha carattere discontinuo.

Le fasi principali del ciclo di produzione sono le seguenti:

1. Preparazione della miscela vetrificabile
2. Caricamento della miscela vetrificabile ai forni di fusione
3. Fusione ed affinaggio del vetro
4. Lavorazione manuale del vetro
5. Ricottura dei manufatti
6. Rifinitura dei manufatti mediante taglio, lucidatura, molatura, ecc.
7. Imballaggio.

Le materie prime principalmente impiegate sono:

Vetrificanti sabbie silicee adeguatamente trattate e purificate ed, in minima parte, prodotti borici;

Fondenti carbonato di sodio e carbonato di potassio;

Stabilizzanti Carbonato di calcio (marmo), carbonato di calcio e magnesio (dolomite), allumina idrata

Affinanti nitrato di sodio, nitrato di potassio, anidride arseniosa, antimonio ossido, fluoruro di calcio (spatofluore).

Coloranti Cobalto, rame, nichel ferro, cromo, manganese, neodimio, selenio, erbio, cadmio, titanio, oro, argento.

Opacizzanti Spatofluore, fluosilicato di sodio, ossido di piombo (minio), arsenico.

I forni impiegati per la produzione di vetro artistico lavorato a mano sono di due tipi:

Forni a crogiolo (con uno o più crogioli)

Forni a vasca.

I forni a crogiolo hanno generalmente una capacità produttiva compresa tra 10 e 700 kg di vetro, mentre i forni a vasca variano da 500 a 2000 kg di vetro. In un sito produttivo sono presenti più forni fino ad un massimo di 10-15. I forni a vasca vengono normalmente impiegati per la produzione di vetro trasparente incolore o per le colorazioni più frequenti (blu, verde, acqua mare,

ecc.) mentre i forni a crogiolo vengono utilizzati prevalentemente per la produzione di vetro colorato.

Il combustibile impiegato per il ciclo di produzione è il gas naturale

Il ciclo di fusione del vetro artistico è di tipo discontinuo e si compone di due fasi principali:

- Fusione della miscela vetrificabile
- Lavorazione del vetro.

La fase di fusione ha una durata di circa 8-10 ore e viene effettuata per un numero variabile di giorni alla settimana (massimo 5 volte).

Durante questa fase i forni raggiungono temperature di circa 1350-1450 °C. La fusione viene seguita da una fase di raffreddamento del vetro, della durata di circa 5 ore, fino a raggiungere una temperatura necessaria per mantenere il vetro in condizioni di viscosità adatte alla lavorazione (1050 °C circa).

La fase di lavorazione consiste nel prelevare aliquote di vetro dai forni e sottoporle a soffiatura manuale o semi/automatica, oppure a pressatura in un apposito stampo, al fine di conferire la forma desiderata al manufatto. Durante questa fase il manufatto viene periodicamente riscaldato allo scopo di mantenere la viscosità del vetro in un intervallo che ne permetta la lavorabilità.

D.8 Uso di prodotti chimici ausiliari ed altri processi secondari

Nel corso dei cicli di produzione del vetro sono talvolta necessari dei trattamenti particolari aventi lo scopo di migliorare le proprietà dei prodotti, come ad esempio la resistenza meccanica dei contenitori, la resistenza chimica di vetro piano e cavo, le caratteristiche estetiche ottiche del vetro al piombo, ecc.

I trattamenti eseguiti mediante prodotti chimici ausiliari, comunemente utilizzati nella produzione di vetro industriale sono i seguenti:

D.8.1 Trattamenti superficiali eseguiti a caldo

In genere, riguardano il ciclo di produzione del vetro cavo e del vetro piano.

Vetro cavo

Un tipico trattamento a caldo del vetro cavo consiste nella deposizione di un sottilissimo strato di ossido metallico, in genere ossido di stagno o di titanio, sulla superficie dei contenitori di vetro, subito dopo l'uscita dalla macchina formatrice.

Lo strato, pur essendo estremamente sottile, inferiore a $0.01\text{ }\mu\text{m}$ incrementa sensibilmente la resistenza del contenitore, in particolare la resistenza agli urti e facilita l'adesione del successivo trattamento a freddo.

Un altro trattamento eseguito a caldo consiste nell'uso di SO_3 , ottenuta per ossidazione catalitica del biossido di zolfo o per decomposizione di solfato di ammonio, allo scopo di migliorare le proprietà chimiche del vetro, nel caso in cui il suo impiego richieda una resistenza chimica particolarmente elevata (vetri per uso farmaceutico).

Nel caso si rendesse necessario un trattamento specifico per le emissioni dovute ai traviamenti a caldo, in particolare con composti dello stagno, i fumi possono essere convogliati e trattati congiuntamente a quelli derivanti dal forno di fusione del vetro.

Vetro piano

Il ciclo di produzione del vetro piano, in particolare nel caso del vetro per l'edilizia, prevede un trattamento superficiale a caldo eseguito con SO_2 allo scopo di migliorarne la resistenza chimica agli agenti atmosferici.

Le quantità dei prodotti impiegati in questi trattamenti non comportano, in genere, un impatto ambientale rilevante. Le emissioni relative vengono spesso convogliate congiuntamente ai fumi di combustione emessi dal forno fusorio in un unico sistema di trattamento dei fumi.

Vetro artistico lavorato a mano

Il vetro artistico lavorato a mano può essere sottoposto a trattamenti superficiali eseguiti a caldo quali il «trattamento all'iride» mediante cloruro stannoso ed il «vetro scavo» mediante miscele di minerali tra cui sodio bicarbonato, potassio nitrato, titanio ossido, ecc.

D.8.2 Trattamenti superficiali eseguiti a freddo

Vengono utilizzati in particolare per il vetro cavo che è soggetto a numerose operazioni di riempimento e, quindi, a frizioni continue della superficie.

I trattamenti superficiali vengono eseguiti sui contenitori dopo il ciclo di ricottura del vetro, per vaporizzazione di acido oleico per spruzzatura di emulsioni acquose, principalmente a base di polietilene.

Le quantità di prodotto impiegate non comportano un impatto ambientale rilevante per il settore e, conseguentemente, le emissioni relative ai suddetti processi secondari non sono state considerate significative ai fini della valutazione delle migliori tecnologie disponibili (BAT).

D.8.3 Trattamenti di apprettatura delle lane e filati di vetro

Il processo di produzione delle lane e filati di vetro richiede, come già illustrato precedentemente, un trattamento con un legante chimico costituito, in genere da resine termoindurenti, che mantenga assemblate le fibre o i filati nel manufatto.

Gli appretti impiegati sono costituiti, in genere, da una dispersione acquosa di resine fenoliche, resine poliestere od ureiche, di lignina, silano, acetati di polivinile, ammoniaca ed eventuali agenti coloranti.

Le lane ed i filati di vetro, in genere, dopo essere stati apprettati, vengono trattati in un forno continuo di essiccazione e reticolazione e, successivamente, in una sezione di raffreddamento con aria ambiente.

D.8.4 Altri processi secondari

I prodotti in vetro possono essere sottoposti ad ulteriori trattamenti quali la decorazione con smalti vetrificabili, la satinatura per acidatura o per sabbiatura, l'accoppiamento delle lastre di vetro con altri materiali di rinforzo per i vetri di sicurezza, la deposizione di metalli per la produzione degli specchi, la serigrafia per l'identificazione dei prodotti ecc.

Dato che, nella maggior parte dei casi, i suddetti processi secondari vengono eseguiti da aziende esterne ai siti di produzione del vetro, essi non verranno presi in considerazione nel presente documento.

E.1 Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

L'industria del vetro è composta da diversi sotto settori che presentano caratteristiche sostanzialmente diverse. Le principali differenze si possono riassumere nei seguenti punti:

1. Tipo di vetro prodotto e materie prime impiegate
2. Standard di qualità richiesto al prodotto finale
3. Dimensione e tipologia dei forni utilizzati per la fusione
4. Tipo di combustibile impiegabile/impiegato
5. Vita media del forno di fusione.

La definizione di migliori tecniche e tecnologie per l'industria del vetro deve necessariamente tenere conto delle differenze che contraddistinguono i vari sottosettori. Tale approccio è stato adottato

anche nel documento di riferimento europeo BREF, dove le BAT sono state analizzate per ciascun sotto settore.

La definizione di migliori tecniche e tecnologie (BAT) per l'industria del vetro richiede innanzitutto un'attenta verifica che esista un'applicazione industriale della BAT candidata al sotto settore specifico e non genericamente all'industria del vetro.

L'efficienza di rimozione o di riduzione degli inquinanti ottenuta dall'applicazione della BAT candidata può dipendere sostanzialmente dalla sua implementazione su un forno esistente o su un forno «nuovo» in occasione del rifacimento.

È inoltre importante valutare tutti gli effetti derivanti dall'applicazione della BAT, in particolare l'eventuale produzione di rifiuti solidi, l'aumento dei consumi energetici e l'incidenza sul costo del prodotto finale.

E.2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

Il settore è fortemente diversificato sia per la tipologia di vetro prodotto, con conseguente diverso valore aggiunto (bottiglie e contenitori, bicchieri, vetro per l'edilizia, vetri per l'industria automobilistica, oggettistica, vetro artistico, vetro per uso farmaceutico, lana di vetro e filato di vetro per materiali compositi, ecc.) sia per le capacità produttive la tipologia degli impianti utilizzati per il ciclo di fusione.

I principali aspetti tecnici e tecnologici di ciascun settore si possono riassumere nei seguenti punti:

Vetro cavo

La definizione di vetro cavo comprende sia il vetro per contenitori di alimenti (bottiglie, vasi, ecc.) che la produzione di contenitori per profumeria, cosmetici, ecc.

In funzione del tipo di vetro e quindi della qualità richiesta vengono impiegati forni di tipologia e capacità sostanzialmente diversa, da un minimo di 20 t/giorno fino a superare 500 t/giorno.

I forni utilizzati per la fusione sono i seguenti:

1. Forni a recupero di calore (Unit Melter), caratterizzati da minori costi di investimento ma minore efficienza energetica.
2. Forni a rigenerazione (End Port e Side Port), caratterizzati da più alti costi di investimento, un'elevata efficienza energetica ed maggiore capacità produttiva.
3. Forni elettrici, caratterizzati da elevati costi di gestione, ridotta flessibilità, basse capacità produttive ma emissioni molto contenute. A causa dei costi elevati, essi vengono impiegati solo per prodotti in vetro ad alto valore aggiunto.

Alcune tipologie di vetro cavo, in particolare per la produzione di bottiglie colorate (verde, ambra) presentano un limite alla quantità di composti dello zolfo che può essere assorbita dalla massa

vetrosa, legato alla colorazione richiesta per il prodotto. Ciò comporta che tutto lo zolfo in eccesso, introdotto con il rottame di vetro (per il vetro colorato si utilizza fino all'80+90% di rottame di provenienza esterna nella miscela vetrificabile) e/o con le polveri derivanti dalla filtrazione e trattamenti fumi, viene emesso in atmosfera sotto forma di SOx.

L'elevata qualità del vetro richiesta per alcune tipologie di prodotto non consente l'utilizzo di rottame di vetro di provenienza esterna l'eventuale riciclo delle polveri generate da impianti di filtrazione dei fumi e può richiedere l'impiego di nitrati nella miscela vetrificabile.

Vetro piano

I forni per la produzione di vetro piano sono caratterizzati dalle più elevate capacità produttive di tutta l'industria vetraria (500-700 t/giorno); essi sono, in generale, del tipo a rigenerazione (Side Port), con trasversali.

La qualità elevata richiesta per i vetri piani da impiegare nell'edilizia, industria automobilistica, arredamento, ecc. limita fortemente la possibilità di impiegare rottame di vetro di provenienza esterna ed in taluni casi non consente il riciclo nella miscela vetrificabile delle polveri prodotte per filtrazione e trattamento fumi.

Le grandi dimensioni dei forni utilizzati per la fusione limitano l'impiego di tecnologie di fusione alternative, quali la fusione elettrica e l'ossicombustione, attualmente insostenibili dal punto di vista economico.

Vetro borosilicato (contenitori e tubo)

La produzione di vetro borosilicato è caratterizzata da capacità produttive relativamente basse (10-40 t/giorno) e da elevati consumi energetici, dovuti alle alte temperature di fusione della miscela vetrificabile (fino a 1630 °C).

La presenza di minerali a base di boro nella composizione di questo tipo di vetro può limitare sensibilmente la tipologia delle tecniche utilizzabili per la rimozione delle emissioni solide e gassose, a causa del comportamento chimico-fisico dei composti del boro che evaporando dal bagno di vetro fuso, sono presenti nei fumi in quantità significative.

L'impiego del vetro borosilicato per uso farmaceutico richiede un'elevata qualità del prodotto con la necessità di utilizzare materie prime affinantissime quali: composti del fluoro e del cloro, nitrati di sodio e potassio.

Il rottame utilizzabile nel ciclo produttivo è rappresentato esclusivamente dagli scarti di produzione.

Vetro borosilicato (Filamento continuo di vetro)

I forni impiegati per questo tipo di produzione sono a recupero di calore (Unit Melter) ed anche in questo caso, le temperature necessarie per la fusione della miscela vetrificabile sono particolarmente elevate (circa 1600 °C). La presenza di composti del boro nei fumi e, contemporaneamente, l'assenza di sali di sodio nella miscela vetrificabile rendono le emissioni

derivanti da questo ciclo produttivo particolarmente complesse da trattare, limitando le tecnologie che possono essere applicate.

Il rottame utilizzabile nel ciclo produttivo è rappresentato esclusivamente dagli scarti di produzione, ad esclusione del materiale già trattato con appretti organici.

Vetro borosilicato (lana di vetro)

Come per le altre tipologie di vetro borosilicato, le problematiche relative alla produzione di lana di vetro sono legate alla piccola dimensione dei forni ed alla presenza di composti di boro nei fumi.

Le tecnologie di fusione per questo tipo di vetro sono essenzialmente i forni a recupero di calore (Unit Melter) ed i forni totalmente elettrici. Il rottame utilizzato nel ciclo produttivo è rappresentato dagli scarti di produzione interni ma può essere impiegato anche rottame di provenienza da raccolta differenziata.

Vetro al piombo

La produzione di vetro al piombo, ovvero di cristallo, richiede l'impiego di grandi quantità di minerali di piombo nella miscela vetrificabile. Infatti, la definizione di «cristallo» è regolamentata da norme precise che indicano le concentrazioni minime di Pb necessarie per poter utilizzare tale denominazione ($\geq 24\%$ PbO). Il piombo impartisce caratteristiche particolari al vetro, in particolare un indice di rifrazione tale da conferire brillantezza al prodotto.

La presenza di grandi quantità di piombo nei fumi rappresenta un problema ambientale particolarmente importante tale da richiedere soluzioni tecnologiche efficienti, quali la fusione elettrica.

Vetro artistico lavorato a mano

La produzione di vetro artistico spesso richiede l'impiego di sostanze affinananti ad elevato impatto ambientale (arsenico, antimonio).

La sostituzione di questi componenti può essere problematica in quanto l'affinaggio del vetro eseguito in forni a crogiolo ed a vasca, che operano a temperature relativamente basse, (1400-1450 °C), richiede l'aggiunta di sostanze che diventano «attive» a tali temperature (As, Sb).

L'utilizzo di sostanze coloranti, opacizzanti, ecc. che conferiscono particolari caratteristiche estetiche al prodotto (cadmio, selenio, cobalto, cromo, fluoruri, ecc.) rappresenta un aspetto attualmente insostituibile per questo tipo di produzione.

La presenza di più forni in uno stesso sito, aventi dimensioni assai variabili (10-5000 kg) ed il carattere discontinuo delle emissioni (più elevato durante la fusione, nettamente inferiore durante la lavorazione ed il mantenimento del vetro), limitano la scelta tra le tecnologie disponibili per il controllo delle emissioni.

E.3 Aspetti ambientali: consumi e livelli di emissione attuali

E.3.1 Consumi energetici

L'industria del vetro è caratterizzata da elevati consumi energetici, dovuti principalmente al processo di fusione che può assorbire da un minimo del 50% a circa l'80% dei consumi totali.

Altri consumi energetici importanti sono relativi alla fase di ricottura del vetro, alla movimentazione di aria compressa di processo o ventilata di raffreddamento mediante ventilatori, al riscaldamento dei locali, ecc.

I consumi energetici specifici, relativi alla fusione di una tonnellata di vetro, variano sensibilmente per i diversi settori. I dati riportati in tabella rappresentano il consumo energetico complessivo del ciclo di produzione (fusione + lavorazione ed attività secondarie), espresso per tonnellata di vetro fuso.

<i>SETTORE</i>	<i>CONSUMO ENERGETICO</i>
	GJoule/tonn. Vetro
Cavo	4-10
Cavo per uso domestico	6-18
Piano	5-10
Borosilicato (tubo e cavo)	4-15
Borosilicato (lana e filato)	15-30
Vetro al piombo	13-28

Malgrado le aziende vetrarie italiane siano caratterizzate da consumi energetici specifici, riferiti ad una tonnellata di vetro prodotto, tra i più bassi d'Europa, i valori sono compresi in un intervallo relativamente ampio. Ciò è dovuto, a differenza dagli altri Paesi Europei, alla presenza di numerosi forni di piccola e media dimensione, nonché all'uso di un numero significativo di forni della tipologia a recupero di calore (Unit Melter), caratterizzati da più elevati consumi energetici.

In Italia, l'80% circa della produzione di vetro industriale è ottenuta mediante combustione con metano.

L'impiego di altro combustibile fossile si limita all'uso di olio a basso tenore di zolfo (contenente circa 1% di S).

L'energia elettrica viene impiegata sia per l'alimentazione di ventilatori, compressori e per altri servizi, che per fornire calore ausiliario durante la fusione, sotto forma di «boosting elettrico».

Il riscaldamento totalmente elettrico per il processo di fusione del vetro è limitato alla produzione di vetri speciali (vetro borosilicato, vetro al piombo, vetro opale, vetro sodico-calcico di elevata qualità) e per capacità produttive ridotte (5-150 t/giorno).

E.3.2 Consumi di acqua

Il principale utilizzo dell'acqua nel ciclo di produzione del vetro è relativo all'umidificazione della miscela vetrificabile, al raffreddamento delle strutture, dei macchinari, del vetro di scarto; al lavaggio del prodotto finito.

Vetro cavo

Normalmente, l'uso di acqua riguarda le seguenti operazioni:

- umidificazione della miscela vetrificabile, per limitarne lo spolverio;
- raffreddamento delle strutture termicamente più critiche del forno fusorio;
- raffreddamento delle lame per il taglio delle gocce di vetro;
- raffreddamento del vetro caldo scartato nella formazione del manufatto o drenato dal forno.

Una consistente quantità di acqua viene impiegata per il raffreddamento delle strutture sollecitate termicamente (elettrodi, infornatrici, pompe a vuoto, compressori, ecc.)

L'acqua utilizzata per il raffreddamento delle lame, contiene degli oli lubrificanti in emulsione.

Sia nei casi in cui viene utilizzata a ciclo aperto che nell'utilizzo con ciclo chiuso, lo scarico dell'acqua non costituisce un problema; infatti, nel primo caso le caratteristiche rientrano nei limiti fissati dalle normative, nel secondo caso viene riciclata, previo reintegro dell'acqua evaporata.

L'acqua utilizzata per il raffreddamento del vetro caldo, inquinata dalla presenza degli oli lubrificanti provenienti dalle macchine formatrici, opera in un ciclo chiuso nel quale si accumulano la polvere di vetro, gli oli lubrificanti non trattenuti dal rottame di vetro ed il calore.

Quest'acqua viene sottoposta a decantazione prima di essere inviata alla torre di raffreddamento per lo smaltimento del calore.

Periodicamente, i residui separati nelle vasche di decantazione vengono asportati per essere smaltiti.

Il consumo d'acqua relativo alla produzione di vetro cavo, in presenza di riciclo, è di circa 1-5 m³/tonn. vetro. Nel caso di produzione di vetro per uso domestico i consumi sono compresi tra 4 e 9 m³/tonn. vetro.

Il ciclo di produzione effettuato mediante forno elettrico, con lavaggio ad umido dei fumi, comporta consumi di acqua fino a valori di 20 m³/tonn. vetro.

Vetro piano

Il consumo d'acqua nella produzione di vetro piano riguarda, generalmente le seguenti operazioni:

- umidificazione della miscela vetrificabile;
- raffreddamento delle strutture ed attrezzature varie;
- raffreddamento e lavaggio del nastro di vetro;
- lavaggio dei vetri sottoposti a processi di laminazione, tempera ecc.;
- acque di processo per la produzione dello specchio.

Le acque di raffreddamento e quelle di lavaggio vengono, in genere, utilizzate in circuito chiuso con reintegro dell'aliquota evaporata. Esse, solitamente, contengono quantità poco significative di solidi in sospensione.

Diversamente, le acque derivanti dalla produzione dello specchio possono contenere quantità importanti di metalli pesanti e di ammoniaca e richiedono pertanto un trattamento specifico per la separazione e recupero degli inquinanti.

Il consumo d'acqua relativo alla produzione di vetro piano è di circa 1-2 m³ tonn. vetro.

Vetro borosilicato

Il consumo d'acqua relativo alla produzione di vetro borosilicato varia notevolmente con la tipologia di prodotto. In particolare, mentre la produzione di contenitori e di tubo rientra negli schemi descritti per il vetro cavo, i processi di formazione della lana e del filato di vetro rappresentano un caso a parte.

Produzione della lana e del filato di vetro

Il consumo di acqua nel ciclo di produzione della lana e del filato di vetro riguarda le seguenti operazioni:

- raffreddamento delle strutture e di attrezzature varie;
- raffreddamento della fibra o del filato di vetro;
- trattamento della fibra o del filato con sospensioni acquose di resine a base di polimeri organici.
- raffreddamento indiretto dei compressori ecc.

L'acqua utilizzata per il raffreddamento delle strutture e del prodotto viene generalmente riciclata.

Le acque reflue provenienti dai trattamenti della lana e del filato di vetro con appretti organici richiedono un processo di trattamento chimico/fisico.

Il consumo di acqua per la produzione di filato di vetro è di circa 8 m³/tonn. vetro; nel caso della fibra i consumi sono di circa 80 m³/tonn. vetro.

Vetro al piombo

Il ciclo di produzione del vetro al piombo è del tutto simile a quello del vetro cavo sodico-calcico. L'acqua di processo viene, generalmente utilizzata a ciclo chiuso.

Nel caso in cui venga effettuata, direttamente nel sito di produzione, l'operazione di lucidatura chimica con soluzioni diluite di acido fluoridrico, è necessario un trattamento chimico per la rimozione degli inquinanti presenti nelle acque di lavaggio. Il consumo di acqua relativo alla produzione di vetro al piombo è di circa 8 m³/tonn. vetro, comprese le lavorazioni secondarie (lavaggio, lucidatura, ecc.).

Vetro artistico

Il consumo di acqua nel ciclo di produzione di vetro artistico a lavorazione manuale può variare notevolmente in funzione delle tipologie di articoli lavorati. I principali usi dell'acqua sono i seguenti:

- 1) Lavorazioni di finitura (taglio, lucidatura, molatura).
- 2) Raffreddamento/lavaggio delle canne di soffiatura del vetro.
- 3) Raffreddamento degli stampi.

Le acque provenienti dalle operazioni di finitura richiedono un trattamento specifico per la separazione dei solidi in sospensione ed, eventualmente, per la rimozione dei metalli presenti in soluzione, in genere, le acque debitamente trattate possono essere riciclate alle operazioni di moleria.

E.3.3 Consumo di risorse naturali

Le materie prime utilizzate in maggior quantità per la produzione di vetro sono abbondantemente presenti in natura (sabbie, feldspati, dolomite, carbonato di calcio ecc.); altre vengono ottenute chimicamente a partire da minerali (carbonato di sodio, solfato di sodio ecc.).

Ciò comporta, comunque, un consumo di risorse naturali che può essere stimato approssimativamente nei tenori seguenti, relativi all'anno di produzione 2002:

Vetro cavo	2,750,000tonn./anno
Vetro piano	775,000tonn./anno
Vetro borosilicato (lana + filamento)	193,000tonn./anno
Tubo e vetri tecnici	222,500tonn./anno
Vetro al piombo e altri vetri	125,000tonn./anno

L'estrazione delle materie prime dalle cave richiede in genere, una pianificazione preventiva degli interventi necessari a ristabilire le condizioni ambientali dopo la chiusura parziale o totale dell'area di estrazione. Il costo di questa operazione è sostenuto indirettamente dall'industria del vetro, consumatrice del minerale estratto.

E.4 Aspetti ambientali - Emissioni

L'aspetto ambientale più rilevante dell'industria del vetro è rappresentato dalle emissioni in atmosfera. Alcuni settori sono caratterizzati da lavorazioni secondarie del prodotto in vetro che generano anche emissioni idriche significative (fibra e filamento continuo di vetro, vetro al piombo).

E.4.1 Emissioni in atmosfera

Le emissioni derivanti dal ciclo di produzione del vetro sono generate principalmente dal processo di fusione ad alta temperatura; esse dipendono sostanzialmente dal tipo di vetro prodotto, quindi dalle materie prime impiegate, dal tipo di forno e di combustibile utilizzati per la fusione.

Gli inquinanti principali sono rappresentati da: polveri, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, anidride carbonica. A questi si aggiungono altri inquinanti occasionali che dipendono fortemente dalla qualità delle materie prime impiegate o dall'utilizzo di sostanze particolari, necessarie per conferire caratteristiche specifiche al prodotto (opacità, brillantezza, colorazione ecc.): cloruri e fluoruri gassosi, metalli pesanti.

Polveri totali

Sono dovute in parte allo spolverio delle frazioni fini presenti nella miscela vetrificabile ma principalmente ai fenomeni di evaporazione delle sostanze più volatili dal bagno di vetro che ricondensano nella fase di raffreddamento dei fumi.

Esse dipendono fondamentalmente dal tipo, dalle qualità e quantità delle materie prime impiegate, dalla temperatura del forno, dalla velocità di passaggio dei fumi sulla superficie del bagno di vetro e dal tonnello di vetro prodotto. Sono caratterizzate da una granulometria molto fine di cui circa l'80% è inferiore a 2 µm.

Nel caso di vetri sodico-calcici le polveri sono costituite per il 95% circa di solfati di Na, K, Ca, Mg.

Nel caso di produzione di vetro borosilicato (tubo, fibra e filato) le emissioni di polvere sono dovute sostanzialmente all'evaporazione dei composti del boro, estremamente volatili, presenti nella miscela vetrificabile. La composizione delle polveri è costituita da circa il 95% di borati di sodio, calcio e potassio.

La produzione di vetro al piombo è caratterizzata da emissioni di polveri contenenti fino al 70-80% di ossido di Pb, solo nel caso di fusione in forni a combustione convenzionale.

Nel caso di impianti dotati di sistemi di trattamento fumi per la riduzione degli inquinanti gassosi, mediante aggiunta di reagenti alcalini solidi la qualità e quantità delle polveri totali varia significativamente in funzione della tipologia di reagente impiegato e della sua quantità.

Ossidi di azoto (NO_x)

Possono avere due diverse origini: l'ossidazione, ad alta temperatura, dell'azoto contenuto nell'aria di combustione, la decomposizione e di nitrati alcalini eventualmente utilizzati nella miscela vetrificabile per la produzione di vetri di elevata qualità.

L'emissione di NO_x è influenzata principalmente dall'eccesso d'aria di combustione, dalla temperatura di preriscaldamento dell'aria, dalle temperature di fiamma e dal tempo di residenza ad alta temperatura. Conseguentemente a quanto detto sopra, a parità di altre condizioni, le concentrazioni di NO_x variano in funzione del tipo di forno (End Port, Side Port, Unit Melter) e di combustibile (olio metano) utilizzati per la fusione del vetro.

Gli ossidi di azoto emessi dai forni per vetro sono costituiti principalmente da NO (90-95%), il resto è rappresentato da NO₂.

Ossidi di zolfo (SO_x)

Possono avere due diverse origini: ossidazione dello zolfo contenuto nell'olio combustibile, decomposizione delle materie prime contenenti zolfo, spesso presenti nella miscela vetrificabile dei vetri industriali come affinanti della massa vetrosa fusa (prevalentemente solfati di sodio o di calcio, raramente solfato di bario) o come coloranti (solfuri) del vetro già olio ambra.

Loppe di altoforno, con un tenore di solfuri di circa l'1%, vengono impiegate principalmente come coadiuvanti dell'affinaggio. L'ossidazione dello zolfo porta alla formazione di ossidi di zolfo che vengono emessi con i fumi di combustione.

Il rottame di vetro, aggiunto in quantità variabile alla miscela vetrificabile, può dare origine ad emissioni di SO_x a causa del suo diverso grado di saturazione in SO₃, rispetto al vetro da produrre. Infatti, lo stato di ossidazione del vetro determina il suo grado di saturazione in SO₃, con conseguente emissione dei composti dello zolfo presenti in eccedenza.

Gli ossidi di zolfo emessi dai forni per vetro sono costituiti principalmente da SO₂ (circa il 92-95%), il resto è rappresentato da SO₃.

Cloruri gassosi (HCl)

La presenza di cloruri gassosi nei fumi emessi da un forno per vetro è dovuta esclusivamente alle impurezze contenute nelle materie prime e nel rottame, utilizzati per la preparazione della miscela vetrificabile.

Le principali fonti di cloruri sono rappresentate dal carbonato di sodio (Solvay), ottenuto a partire dal cloruro di sodio, dalle loppe di altoforno, talvolta raffreddate con acqua di mare, dal rottame proveniente dalla raccolta ecologica.

In casi particolari, per alcune tipologie produttive, le emissioni di cloruri gassosi possono derivare dall'impiego di cloruro di sodio nella miscela vetrificabile.

Un'altra sorgente di emissione di cloruri gassosi è rappresentata dalle operazioni di trattamento a caldo della superficie dei contenitori, normalmente eseguite mediante l'uso di stagno tetracloruro. In questo caso, parte del prodotto evapora a contatto del vetro caldo dando origine ad emissioni in atmosfera di HCl.

Fluoruri gassosi (HF)

Le emissioni di fluoruri gassosi possono avere due diverse origini: la presenza di impurezze nelle materie prime e nel rottame impiegati l'uso di composti a base di fluoro nella composizione della miscela vetrificabile.

Le materie prime caratterizzate dalla presenza di quantità variabili di fluoruri, quali impurezze, sono generalmente la dolomite, le sabbie trattate e purificate, il rottame proveniente dalla raccolta ecologica.

Nel caso di produzione di vetro opale, la miscela vetrificabile viene formulata in modo che nella massa vetrosa finale sia presente circa il 5-6% di fluoro, allo scopo di impartire la necessaria opalescenza al prodotto finale. L'evaporazione di quantità anche modeste di fluoro porta ad emettere concentrazioni elevate di questo inquinante. Per il suddetto motivo la fusione del vetro opale viene eseguita normalmente in forni elettrici a volta fredda.

La produzione di vetro borosilicato, ad esclusione del filamento continuo, spesso richiede l'utilizzo, come affinante, di piccole quantità di fluoruro di calcio nella miscela vetrificabile. La decomposizione ed evaporazione parziale di questo composto provoca l'emissione di HF in quantità significative.

Le operazioni di lucidatura della superficie del cristallo al piombo, mediante soluzioni diluite di acido fluoridrico, possono dare origine ad emissioni in atmosfera di fluoruri gassosi, sotto forma di HF.

Metalli pesanti

Ad eccezione della produzione di vetro al piombo e del vetro artistico, la presenza di metalli pesanti nelle emissioni derivanti dai forni per la produzione di vetro industriale dipende quasi esclusivamente dalle impurezze contenute nelle materie prime impiegate, in particolare nel rottame proveniente dalla raccolta ecologica.

I materiali riscontrabili in concentrazioni apprezzabili sono il piombo ed il cromo (III), ed, in quantità ben più modeste, il cadmio, l'arsenico, l'antimonio, provenienti presumibilmente dal rottame di vetro artistico.

A volte possono essere utilizzate come coloranti o decoloranti quantità significative di selenio, cobalto, nichel, cromo.

Anche la tipologia del combustibile impiegato per la fusione può contribuire all'emissione di metalli pesanti, in particolare nel caso di combustione con olio si possono rilevare emissioni di nichel e vanadio, le cui quantità dipendono dalla provenienza del greggio utilizzato per la produzione dell'olio impiegato.

Nel caso specifico della produzione di vetro al piombo, la presenza di ossidi di piombo nella miscela vetrificabile, necessaria a conferire le caratteristiche di brillantezza al prodotto, provoca una parziale evaporazione dal bagno di vetro conseguente emissione di concentrazioni elevate di ossidi di Pb.

È per tale motivo che la produzione industriale di vetro al piombo viene eseguita prevalentemente con forni elettrici a volta fredda.

E.4.2 Scarichi idrici

Come già indicato nei precedenti paragrafi, la maggior parte dell'acqua utilizzata nel ciclo di produzione del vetro viene riciclata. In alcuni casi, in particolare nella produzione di lana di vetro ed il filamento continuo è necessario scaricare dopo trattamento parte delle acque utilizzate per il processo. Per questi settori, l'ammontare degli scarichi idrici sono rispettivamente di circa 65 m³/ton di vetro fuso per la lana di vetro e 5 m³/ton di vetro fuso per il filato continuo.

I principali inquinanti che possono essere contenuti nelle acque scaricate sono i seguenti:

Vetro cavo	Solidi sospesi, oli minerali
Vetro piano	Solidi sospesi
Vetro al piombo	Composti del piombo, SO ₄ ^{=F}
Lana di vetro	Ammoniaca, fenolo
Filamento continuo di vetro	Solidi sospesi, formaldeide, tensioattivi
Vetro artistico	Solidi sospesi, metalli

E.4.3 Emissioni sonore

Il ciclo di produzione del vetro può essere caratterizzato da emissioni sonore anche particolarmente elevate strettamente legate alla tecnologia impiegata per la lavorazione del vetro.

Normalmente, i limiti assoluti di immissione vengono rispettati e, pertanto, il criterio differenziale non si applica agli impianti per la produzione di vetro, di qualsiasi tipologia, esistenti alla data di entrata in vigore del decreto 11 dicembre 1996, in quanto sono impianti a ciclo continuo, la cui fermata causerebbe un danno irreparabile alle strutture dei forni stessi.

Le principali sorgenti di rumore per i diversi settori sono le seguenti:

Sorgenti di emissioni sonore comuni tutti i settori

A prescindere dalla tipologia di vetro prodotta, nell'industria vetraria si osservano delle sorgenti di rumore comuni alla maggior parte degli impianti di produzione di vetro diverse, in particolare:

- Compressori per la rete aria di alta e bassa pressione
- ventilatori per l'aria di combustione;
- ventilatori per l'evacuazione dei fumi di combustione.

Vetro cavo

Le macchine per la produzione di vetro cavo (bottiglie, vasi, bicchieri, ecc.) utilizzano aria compressa per il processo di soffiatura degli articoli in vetro, ed aria ventilata per il raffreddamento. La lavorazione eseguita con macchine a ciclo continuo comporta livelli di rumorosità > 90 dB(A), con la conseguente necessità di creare aree protette per i lavoratori e di operare sempre con l'ausilio di dispositivi di protezione individuale (cuffie, tappi). I livelli di emissione in ambiente esterno sono normalmente inferiori ai limiti previsti dalla legge, relativamente ad una classificazione delle aree di insediamento dell'impianto di produzione come aree ad attività industriale.

Vetro piano

Nella lavorazione del vetro piano sono presenti operazioni caratterizzate da livelli di rumorosità superiori alla soglia di rischio, in particolare le operazioni di taglio delle lastre con convogliamento automatico degli scarti di produzione mediante adeguati sistemi di trasporto, alla frantumazione.

Queste operazioni vengono eseguite in aree confinate, limitando al minimo l'emissione rumorose nell'ambiente circostante e l'esposizione dei lavoratori.

Altre sorgenti di rumore sono rappresentate dai sistemi di raffreddamento (soffianti).

Vetro borosilicato (lana, filato, tubo di vetro)

I processi di lavorazione di questi tipi di vetro non comportano particolari operazioni rumorose. Le emissioni sonore sono riconducibili alle operazioni eseguite da macchine in movimento quali taglierine, rulli, nastri trasportatori, movimentazione dei tubi di vetro, ventilatori di raffreddamento, compressori ecc.

Vetro al piombo

Per questo tipo di vetro valgono le stesse considerazioni fatte in generale per il vetro cavo.

Vetro artistico

Per il ciclo di lavorazione del vetro artistico le principali sorgenti di emissioni sonore sono le seguenti:

- Utilizzo di aria compressa per la soffiatura in semi-automatico dei manufatti
- Operazioni di finitura dei prodotti in vetro (taglio, molatura, lucidatura).

Ciascun settore impiega normalmente tutte le migliori tecnologie disponibili per ridurre l'impatto ambientale dovuto alle emissioni sonore; tuttavia, alcune attività, in particolare la produzione di vetro cavo, non consentono miglioramenti significativi dei propri livelli di emissione, a causa della totale assenza di tecnologie alternative.

E.4.4 Valori di emissione in atmosfera

I tipici valori di emissione, relativi ai principali inquinanti e riferiti a forni che non hanno ancora applicato misure primarie e/o secondarie per la riduzione delle emissioni solide e gassose, sono presentati nella seguente tabella:

	Vetro Cavo mg/Nm ³ , 8% O ₂	Vetro Piano mg/Nm ³ , 8% O ₂	Vetro Borosilicato mg/Nm ³ [1]	Vetro al Piombo mg/Nm ³ [1]	Vetro Artistico mg/Nm ³ 13% O ₂
Polveri totali	85-300	70-160	150-700 (lana) 300-500 (filato) 400-700 (tubo)	-	70-300
NO_x					
Forni a recupero di calore (Unit Melter) senza nitrati nella miscela	700-1400		600-1200	-	300-500 (forni a bacino giornalieri e forni a crogiolo)
Forni a recupero di calore (Unit Melter) con nitrati nella miscela	1500-2300		1600-2200	-	1500-3000 (forni a bacino giornalieri e forni a crogiolo)
Forni a rigenerazione (End Port)	1200-2100	1200-1600			
Forni a rigenerazione (Side Port)	2200-2600	1500-3000	1200-1500 (tubo)		
Forni a rigenerazione con nitrati nella miscela	2000-3000		2000-6000 (tubo)		
Forni elettrici			400-800	200-500	
SO_x					
Forni a metano	100-400 (vetro da tavola 600-1200 (contenitori)	300-600	< 100 (lana) 1000-1800 (filato) < 100 (tubo)	< 100	< 100
Forni ad olio	1500-2300	1600-1800			

[1] Le concentrazioni non sono state rifatte all'8% di O₂. In quanto riguardano forni di diversa tipologia: forni elettrici, ad ossicombustione, ecc.

E.4.5 Emissioni derivanti da processi secondari

Tra i processi secondari eseguiti su prodotti in vetro sono state identificate le lavorazioni che per la loro specificità richiedono una valutazione separata delle emissioni in atmosfera e delle migliori tecniche disponibili per la riduzione dell'impatto ambientale ad esse associato.

E.4.5.1 Trattamenti superficiali del vetro eseguiti a caldo

Il trattamento a caldo del vetro cavo, eseguito mediante cloruri di stagno, dà origine ad emissioni solide e gassose, in concentrazione e flusso di massa variabili in funzione della quantità di prodotto utilizzata per il trattamento.

Le sostanze emesse in atmosfera sono le seguenti:

- Polveri totali, costituite in buona parte da composti dello stagno
- Stagno e suoi composti
- Cloruri gassosi, sotto forma di HCl.

I valori di emissione sono generalmente compresi negli intervalli riportati in tabella:

Emissioni in atmosfera	mg/Nm³	g/t. vetro fuso
Composti dello stagno (Sn)	1-30	0.2-8
Cloruri gassosi (HCl)	15-300	3-30

Il trattamento a caldo del vetro, mediante l'uso di SO₃, ottenuta per conversione catalitica del biossido di zolfo (vetro cavo), oppure con l'impiego di SO₂ nel caso del vetro piano, danno origine ad emissioni di ossidi di zolfo. Nel caso del trattamento di solforazione del vetro cavo, la percentuale di SO₃ sul totale delle emissioni di SO_x, può essere significativa.

I tipici valori di emissione sono riportati nella seguente tabella:

Emissioni in atmosfera	mg/Nm³	g/t. vetro fuso
Ossidi di zolfo totali (espressi come SO ₂)	200-900	100-600
Ossidi di zolfo totali (espressi come SO ₂)	150-300	20-40
Polveri totali	5-50	1-70

E. 4.5.2 Trattamenti superficiali del vetro eseguiti a freddo

Il trattamento a freddo del vetro cavo, eseguito mediante acido oleico ed emulsioni a base di polietilene da origine ad emissioni in atmosfera di composti organici in quantità modesta, normalmente inferiori a 0.1 mg/Nm^3 , corrispondenti a flussi di massa $< 0.2 \text{ g/h}$.

E. 4.5.3 Lavorazione secondaria del cristallo al piombo

La lavorazione secondaria del cristallo al piombo consiste in un ciclo di trattamento utilizzato per impreziosire le superfici dagli articoli in vetro. Essa consiste in due processi principali: la molatura e/o la lucidatura chimica.

La **molatura** comporta l'asportazione di materiale con un processo ad umido, e sotto aspirazione. Le emissioni che si generano da questa fase sono rappresentate da polveri di vetro e da acque reflue con solidi sospesi, contenenti piombo. I sistemi utilizzati per il contenimento delle emissioni consistono in impianti di filtrazione per la separazione ed il recupero delle polveri di vetro.

La **lucidatura** viene eseguita mediante immersione degli articoli in vetro in un bagno acido, composto da circa il 30% di acido solforico e dal 2-3% di acido fluoridrico, mantenuto ad una temperatura $< 50^\circ\text{C}$.

I sistemi utilizzati per il contenimento delle emissioni derivanti dalla lucidatura sono i seguenti:

- a) Trattamento delle acque reflue con idrato di calcio Ca(OH)_2 , per la rimozione dei fluoruri solfati.
- b) Trattamento dei vapori acidi provenienti dal bagno di lucidatura mediante lavaggio ad umido e successiva raccolta delle acque reflue per il trattamento previsto al punto (a).

Il prodotto derivante dal trattamento delle acque reflue consiste in un «gesso chimico» CaSO_2 , contenente minime percentuali di CaF_2 .

Tale residuo, opportunamente trattato, può essere utilizzato esternamente al settore vetro, per la produzione di cemento.

Il ciclo di trattamento descritto per la seconda lavorazione del vetro al piombo (cristallo) rappresenta la migliore tecnica disponibile.

Le emissioni caratteristiche della seconda lavorazione del vetro al piombo sono le seguenti:

Emissioni in atmosfera	Fluoruri gassosi (HF)	$< 5 \text{ mg/Nm}^3$
Emissioni in acqua	Fluoruri (F)	$< 6 \text{ mg/l}$
	Solfati (SO_4^-)	$< 1000 \text{ mg/l}$

E.4.5.4 Lavorazioni di apprettatura della lana di vetro

Le principali emissioni derivanti dal processo secondario di apprettatura della lana di vetro sono rappresentate dalle emissioni in atmosfera di sostanze derivanti dalla composizione dell'appretto utilizzato, in particolare: polveri totali, composte sia da una frazione organica che inorganica, fenolo, formaldeide ed ammoniaca.

Le emissioni in atmosfera sono caratterizzate da un elevato volume dei fumi ed alta umidità.

I valori di emissione sono generalmente compresi negli intervalli presentati in tabella:

Emissioni in atmosfera	Polveri totali	10-50 mg/Nm ³
	Fenolo	2-10 mg/Nm ³
	Formaldeide	0,5-2 mg/Nm ³
	Ammoniaca	20-80 mg/Nm ³

E 4.5.5 Lavorazioni di apprettatura del filamento continuo di vetro

Le principali emissioni derivanti dal processo secondario di apprettatura del filamento continuo di vetro sono rappresentate dalle emissioni in atmosfera di sostanze organiche contenute negli appretti/leganti utilizzati, in particolare: polveri totali, formaldeide ed ammoniaca.

I valori di emissione sono generalmente compresi negli intervalli presentati in tabella:

Emissioni in atmosfera	Polveri totali	< 20 mg/Nm ³
	Formaldeide	< 20 mg/Nm ³
	Ammoniaca	< 30 mg/Nm ³

E.5 Rifiuti solidi e contaminazione del suolo

Il principale scarto, imputabile al ciclo di produzione del vetro, è rappresentato da vetro (rottame, filato, lana ecc.), che in gran parte viene avviato ad attività di recupero. Gli altri rifiuti significativi, presenti nell'industria del vetro, sono rappresentati dal materiale refrattario proveniente dalla riparazione e rifacimento dei bacini di fusione, camere di rigenerazione, canali di alimentazione ecc., dai materiali per l'imballaggio: carta, cartone, legno e plastica.

L'aliquota di rifiuti solidi (avviati in discarica), relativamente ai diversi settori di produzione è circa la seguente:

Vetro cavo	1-7	Kg/tonn.
Vetro piano	2-8	Kg/tonn.
Vetro borosilicato (contenitori e tubo)	15-50	Kg/tonn.
Vetro borosilicato (filato)	250	Kg/tonn.
Vetro borosilicato (lana)	85	Kg/tonn.
Vetro al piombo	15 [*]	Kg/tonn.

[*] Nel caso del vetro al piombo, la produzione di rifiuti varia notevolmente in funzione della presenza o meno delle seconde lavorazioni nel sito di produzione. Infatti, il processo di acidatura/lucidatura del vetro richiede un trattamento di neutralizzazione delle acque reflue con conseguente produzione dei gessi, che vengono normalmente recuperati da altri settori industriali.

In questo caso, la produzione totale di rifiuti solidi raggiunge valori di circa 50-60 Kg/tonn. di vetro fuso.

E.6 Aspetti ambientali: analisi dei rischi

L'industria del vetro, normalmente, non è compresa tra i settori ad alto rischio ambientale. Tuttavia, in base alle materie prime impiegate che possono comprendere anche sostanze pericolose, un numero limitato di installazioni può essere soggetto alla normativa relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.

Le sostanze che possono comportare un rischio ambientale a causa delle quantità stoccate per l'impiego nel ciclo di produzione sono:

- ossidi di piombo, per la produzione di vetro al piombo
- composti dell'arsenico, per la produzione di vetro artistico.

Altre sorgenti di rischio potrebbero essere rappresentate dallo stoccaggio di sostanze comburenti (ossigeno), nel caso di forni ad ossicombustione e dallo stoccaggio di ammoniaca, nel caso di impiego del sistema SCR o SNCR per la riduzione delle emissioni di NOx.

E.7 Migliori tecniche e tecnologie

Tecnologie disponibili

Le tecnologie disponibili per il controllo delle emissioni solide e gassose si dividono in due diverse tipologie:

- interventi primari, aventi lo scopo di evitare la formazione degli inquinanti stessi;
- interventi secondari che mirano a ridurre le emissioni degli inquinanti mediante la loro rimozione dai fumi.

Le tecnologie che possono essere applicate al ciclo di produzione dei vari tipi di vetro variano in funzione di diversi parametri tra i quali:

- tipo di inquinante da controllare;

- tipo di forno e sua capacità produttiva;
- tipo di vetro prodotto;
- combustibile impiegato nella fusione.

E.7.1 Polveri totali

E.7.1.1 Movimentazione e stoccaggio delle materie prime

La maggior parte delle materie prime utilizzate per il ciclo di produzione del vetro è costituita da minerali in forma solida ed altri prodotti chimici inorganici. La granulometria delle materie prime impiegate può variare da polveri grossolane a polveri molto fini, in funzione del tipo di prodotto utilizzato.

La movimentazione e lo stoccaggio delle materie prime comportano il rischio di spolverio con la conseguente emissione in atmosfera di polveri.

Al fine di minimizzare le emissioni di polveri in atmosfera, i materiali vengono stoccati in silos dotati di sistemi di abbattimento delle polveri mediante filtri a maniche, che operano durante la fase di scarico pneumatico della materia prima dal sistema utilizzato per il trasporto.

La pesatura, miscelazione e trasporto della miscela vetrificabile al forno vengono generalmente eseguite in sistemi chiusi, dotati di aspirazione e filtrazione delle polveri. In alcuni casi, la movimentazione della miscela al forno viene eseguita mediante un sistema di contenitori aperti; ciò avviene in stabilimenti relativamente vecchi, dotati di spazi molto limitati che non consentono l'applicazione di tecnologie più sofisticate. Per limitare i fenomeni di spolverio, la miscela vetrificabile viene normalmente umidificata aggiungendo una percentuale variabile di acqua (2-3%). Per alcuni tipi di vetro, in particolare per vetri borosilicati questa operazione non viene eseguita.

L'alimentazione della miscela vetrificabile al forno viene normalmente eseguita mediante sistemi di alimentazione il più possibile chiusi, in modo da limitare la possibile emissione di polveri in ambiente di lavoro e ridurre la circolazione d'aria nella zona di infornaggio (dog-house).

Nel caso di alimentazione della miscela ai forni elettrici a volta fredda, i fenomeni di spolverio possono comportare emissioni di polveri significative, se espresse in concentrazione (mg/m^3), ma caratterizzate da bassi flussi di massa; normalmente, per limitare tali fenomeni la zona di infornaggio è dotata di sistemi di aspirazione e filtrazione delle polveri di norma mediante filtri a maniche.

E. 7.1.2 Interventi primari

Principio ed applicabilità

Le polveri emesse dai forni per vetro sono generate principalmente dai fenomeni di evaporazione dal bagno di vetro fuso (circa il 90%), pertanto, gli interventi di tipo primario hanno lo scopo di limitare tale fenomeno.

Una riduzione delle emissioni di polveri può essere effettuata diminuendo la presenza di sostanze volatili nella composizione della miscela vetrificabile. Anche una riduzione della temperatura del forno porta ad un contenimento dei fenomeni di evaporazione dal bagno di vetro fuso.

Tra gli interventi che possono essere eseguiti in qualsiasi momento della vita del forno, compatibilmente con le esigenze del ciclo produttivo e la disponibilità dei materiali da utilizzare, i più significativi sono:

- Utilizzo di carbonato di sodio a basso contenuto di NaCl.
- Impiego di rottame a basso contenuto di fluoruri, cloruri e metalli pesanti (Pb).
- Riduzione della quantità di materie prime volatili nella composizione della miscela vetrificabile (solfati alcalini ed alcalino-terrosi, composti del boro, fluoruri, cloruri).
- Impiego di combustibile a basso tenore di zolfo (olio BTZ) o esente da zolfo (metano).
- L'aumento della quantità di rottame impiegata nella miscela vetrificabile, la riduzione della temperatura della sovrastruttura del forno si traduce in urto riduzione delle emissioni di polveri totali.

Va osservato, tuttavia, che per alcuni tipi di vetro la quantità di rottame disponibile e/o impiegabile nel processo di fusione può essere fortemente limitata da esigenze di elevata qualità del prodotto (vetro cavo di elevata qualità, vetro piano, vetro borosilicato);

- Utilizzo di miscela pellettizzata per la fusione; l'applicazione di questa tecnologia porta principalmente ad una limitazione dello spolverio della miscela vetrificabile. Il suo impiego è fortemente limitato dal costo elevato del processo di pellettizzazione che ne giustificherebbe l'uso solo per vetri ad elevato valore aggiunto.

L'effetto dovuto alle suddette modifiche può essere valutato in una riduzione delle emissioni di circa il 10-20% del valore iniziale.

Altri interventi di tipo primario riguardano l'applicazione di tecnologie la cui implementazione spesso richiede la totale ricostruzione del forno. Tra questi, i più significativi sono:

- La modifica della geometria del forno, in modo da favorire i moti convettivi e, conseguentemente, la trasmissione del calore con diminuzione della temperatura della superficie del bagno.
- La scelta ed il posizionamento dei bruciatori in modo da evitare la presenza di punti ad elevata temperatura sulla superficie del bagno.
- L'utilizzo del boosting elettrico nella fusione del vetro; questo intervento porta ad una diminuzione della quantità totale di polveri emesse ma, a causa della diminuzione del volume fumi la concentrazione delle emissioni resta pressoché invariata.

- Fusione con forno totalmente elettrico; questa tecnologia consente di limitare l'emissione di polveri alla frazione dovuta allo spolverio della miscela vetrificabile (meno del 10% dei valori iniziali). La produzione di vetro mediante forni elettrici a volta fredda è compresa nell'*allegato 1 del D.P.R. 25 luglio 1991* «Elenco delle attività ad inquinamento poco significativo». La fusione elettrica, essendo molto costosa, può essere applicata solo per la produzione di vetri ad alto valore aggiunto, e/o caratterizzati da livelli di emissione particolarmente elevati (vetro opale, vetri borosilicati, cristallo al piombo, vetro da tavola di elevata qualità). I forni totalmente elettrici sono, generalmente, di piccola capacità.

Applicazioni industriali

In Italia, tutti i forni per vetro impiegano già quantità considerevoli di rottame, compatibilmente con la qualità del vetro richiesto.

La maggior parte dei forni utilizza il boosting elettrico come supplemento per la fusione ed impiega materie prime a basso contenuto di sostanze volatili, in particolare il carbonato di sodio Solvay caratterizzato da percentuali di NaCl di circa 0.12%.

Risultati ottenibili

Attualmente, l'applicazione degli interventi primari per la riduzione delle emissioni di polveri dai forni per vetro può portare ad una diminuzione di circa il 10-30 % in funzione delle diverse tecnologie impiegate.

Costi di investimento e di esercizio

I costi di investimento possono essere valutati in circa $0.15 \div 0.20$ Euro/tonn. vetro.

Nel caso della fusione elettrica, la riduzione delle emissioni di polveri può superare il 90 % del valore iniziale, con forni convenzionali; i costi di investimento sono alti in quanto la vita media del forno è di 2-4 anni, in funzione del tipo di vetro prodotto.

I costi di esercizio sono elevati.

Impatto ambientale

I rischi ambientali derivanti dall'applicazione di queste tecnologie sono dovuti essenzialmente all'eventuale uso di energia elettrica per il trattamento delle materie prime e del rottame, per il boosting elettrico, per il processo di pellettizzazione della miscela vetrificabile, per la fusione con forno elettrico.

In questi casi si ha uno spostamento delle emissioni dal processo di fusione alla centrale termoelettrica.

E.7.1.3 Interventi secondari

Gli interventi secondari si basano/essenzialmente sulla filtrazione delle polveri emesse, utilizzando sistemi diversi.

Filtro elettrostatico

Principio

La polvere contenuta nei fumi passa attraverso un campo elettrico dove viene caricata elettricamente e successivamente separata mediante deposizione sulla superficie di elettrodi ad alto voltaggio.

Generalmente il sistema richiede un pre-trattamento dei fumi con reagente alcalino allo scopo di neutralizzare i gas acidi che potrebbero influire negativamente sulla filtrazione e sulla durata dei materiali che costituiscono l'impianto.

L'aggiunta di reagente alcalino comporta un notevole aumento delle polveri prodotte dal filtro, fino a 5-6 volte il valore iniziale di concentrazione.

Il materiale filtrato, viene raccolto automaticamente e stoccato in silos o appositi sacchi. Ha il vantaggio di consentire la filtrazione di fumi relativamente caldi (350-400°C) e, quindi, di non richiedere il loro raffreddamento nel caso di forni a rigenerazione.

Applicabilità

Il sistema, in linea teorica, può essere applicato ad ogni tipo di produzione e di forno. La principale limitazione è rappresentata dal suo costo; esso risulta economicamente accettabile nel caso di forni aventi una capacità produttiva di almeno 200-250 tonn/giorno di vetro.

Risultati ottenibili

L'efficienza di rimozione delle polveri varia dal 70 al 90%, in base alla concentrazione iniziale ed al numero di campi che compongono il filtro.

Costi di investimento

Generalmente, i sistemi di filtrazione con filtro elettrostatico richiedono notevoli investimenti 0.8-3.5 Milioni di Euro, in base alla dimensione dell'impianto.

Impatto ambientale

L'impatto ambientale connesso con l'uso del precipitatore elettrostatico è dovuto principalmente all'elevata quantità di polvere prodotta che non sempre è riutilizzabile nel ciclo di fusione.

Ciò può comportare il rischio di dover porre in discarica una notevole quantità di materiale (fino a 1000-2000 kg/giorno), le cui caratteristiche chimico-fisiche (solubilità elevata) impongono l'uso di particolari precauzioni; in molti casi è comunque possibile riutilizzare le polveri filtrate direttamente nella miscela vetrificabile, in sostituzione di una materia prima (solfato di sodio o solfato di calcio).

Il consumo di energia elettrica per il funzionamento del filtro, nonché per la movimentazione dei fumi (ventilatore) spostano parte dell'inquinamento alla centrale termoelettrica.

Filtri a maniche

Principio

I filtri a maniche si basano sulla separazione della polvere mediante tessuti idonei a sopportare temperature elevate ed aggressioni chimiche dovute alla presenza nei fumi di gas acidi. Le temperature di esercizio di questo tipo di filtro sono normalmente comprese tra 100-210°C, in funzione della tipologia di fumi da trattare.

Ciò comporta la necessità di raffreddare i fumi mediante diluizione con aria, con l'uso di scambiatori di calore mediante trattamento con soluzioni acquose iniettate nei fumi ad alta temperatura (quenching).

Risulta indispensabile selezionare il sistema di raffreddamento dei fumi in modo da evitare condensazioni acide sulle maniche, che ne comprometterebbero la resistenza chimica.

Per tale motivo, spesso risulta indispensabile utilizzare un sistema di pre-trattamento dei fumi per la rimozione dei gas acidi presenti nei fumi (SO_3 , HCl, HF) con reagenti alcalini.

La rimozione della polvere dalle maniche filtranti viene effettuata mediante un sistema di soffiatura d'aria compressa; la polvere così separata viene raccolta automaticamente e stoccata in appositi socchi o convogliata ad un silo.

Qualora la qualità del vetro da produrre lo consenta, la polvere composta dalle emissioni solide del forno e dai prodotti di reazione dei gas acidi contenuti nei fumi con i reagenti alcalini, viene riutilizzata nella formulazione della miscela vetrificabile per la produzione di nuovo vetro.

Applicabilità

Il sistema di filtrazione con filtri a maniche, in linea di principio può essere utilizzato per qualsiasi tipo di vetro e di forno. Tuttavia, i notevoli ingombri, i costi di esercizio molto alti, le perdite di carico elevate inducono a limitarne l'applicazione su forni di piccola e media dimensione, con una portata massima dei fumi di 20.000-30.000 Nm³/h.

La necessità di raffreddare i fumi impedisce l'applicazione del filtro a maniche nei casi in cui si debba effettuare anche un trattamento di denitrificazione fumi mediante catalizzatore (SCR). Infatti, quest'ultima tecnologia può essere applicata solo su fumi depurati ed a temperature di circa 350°C.

Risultati ottenibili

L'efficienza di rimozione delle polveri è, in genere, molto elevata; la concentrazione in uscita non dipende strettamente dalla concentrazione iniziale delle polveri ma piuttosto dalle caratteristiche chimiche dei fumi da trattare.

Costi di investimento

Generalmente, per impianti di produzione medio-piccoli, i filtri a maniche richiedono costi di investimento inferiori rispetto ai filtri elettrostatici.

Per capacità produttive elevate e, conseguentemente, per grandi volumi di fumi da trattare il costo di un filtro a maniche è paragonabile se non superiore a quello del filtro elettrostatico.

Impatto ambientale

Come per il filtro elettrostatico, l'impatto ambientale relativo all'uso del filtro a maniche deriva essenzialmente dalla quantità di polvere separata, che nel caso di trattamento dei fumi con reagenti alcalini, può rappresentare un notevole problema per lo smaltimento in discarica.

Il riutilizzo della polvere nel ciclo di fusione del vetro può comportare un aumento delle emissioni gassose (SOx, HCl, HF), dovuto alla progressiva saturazione del vetro da parte degli inquinanti gassosi abbattuti ed al rilascio in atmosfera dell'aliquota in eccedenza.

Il consumo di energia elettrica necessario per vincere le elevate perdite di carico che caratterizzano il sistema, mediante la movimentazione dei fumi con ventilatori, rappresenta un altro fattore di impatto ambientale; infatti, parte delle emissioni in atmosfera viene spostata alla centrale termoelettrica.

Sistemi di lavaggio ad umido

Nell'industria vetraria, i sistemi di lavaggio ad umido dei fumi sono utilizzati quasi esclusivamente per il trattamento delle emissioni derivanti da processi secondari del vetro: trattamenti a caldo del vetro cavo, lucidatura del vetro al piombo, apprettatura della lana e del filato di vetro.

Solo in casi isolati e molto particolari il lavaggio ad umido viene utilizzato per il trattamento dei fumi derivanti dal ciclo di fusione del vetro e solo per forni che utilizzano miscele vetrificabili prive di sostanze caratterizzate da elevata tossicità, quali l'arsenico e il piombo.

Questa tecnologia si basa sul lavaggio ad umido dei fumi mediante acqua o soluzione alcalina, rimuovendo con efficienze significativamente diverse sia le polveri che le emissioni gassose, ma richiedendo comunque una progettazione mirata al raggiungimento di una buona efficienza per l'una o per l'altra tipologia di inquinante.

In genere, la rimozione mediante lavaggio ad umido delle polveri generate dal forno di fusione del vetro viene applicata solo per processi di piccola dimensione limitatamente al caso di forni elettrici, caratterizzati da bassi valori di temperatura dei fumi, $<100^{\circ}\text{C}$ e da polveri relativamente grossolane, derivanti dallo spolverio della miscela vetrificabile.

La rimozione delle polveri di granulometria $<1\text{ }\mu\text{m}$, tipiche dei forni per vetro a fusione tradizionale, non presenta efficienze di rimozione accettabili se non a scapito di elevate perdite di carico ed alti consumi energetici.

In alcuni casi particolari, il lavaggio ad umido dei fumi viene utilizzato per il trattamento delle emissioni derivanti dal forno di fusione in accoppiamento con un sistema di filtrazione a maniche, per la rimozione di componenti che possono presentarsi ancora allo stato gassoso alla temperatura di filtrazione dei fumi (es. composti del boro).

Il limite principale di questa tecnologia è rappresentato dalla produzione di acque reflue.

Attualmente risultano operanti n. 5 sistemi di lavaggio fumi con acqua, applicati su altrettanti forni elettrici adibiti alla produzione di vetro cavo di elevata qualità (bicchieri, contenitori per profumeria) e n. 2 impianti ad umido installati a valle di un sistema di filtrazione con filtro a maniche, per il trattamento fumi da forni per la produzione di filamento continuo di vetro.

E.7.2 Ossidi di azoto (NO_x)

E. 7.2.1 Interventi primari

Gli interventi primari si basano su azioni che hanno lo scopo di limitare la formazione degli ossidi di azoto durante la combustione.

Riduzione dell'eccesso d'aria

Il controllo dell'eccesso d'aria in ingresso al forno fusorio può essere attuato con sistemi relativamente semplici:

- regolazione dell'aria di combustione a rapporti quasi stechiometrici;
- sigillatura dei blocchi bruciatori;
- massima chiusura possibile della zona di inornamento della miscela vetrificabile.

La drastica diminuzione dell'aria comburente può portare alla formazione di quantità importanti di monossido di carbonio che possono danneggiare i materiali di costruzione del forno e delle camere di rigenerazione.

Applicabilità

La riduzione dell'aria parassita può essere effettuata su qualsiasi tipo di forno e porta in genere, ad un'ottimizzazione dei consumi energetici per la fusione.

Riduzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria

Una riduzione del grado di preriscaldamento dell'aria comburente porta ad una diminuzione della temperatura di fiamma con conseguente limitazione della formazione di NOx. Questo effetto può essere raggiunto mediante l'uso di forni a recupero del calore (Unit Melter), in alternativa ai forni End Port e Side Port (a camere di rigenerazione).

Applicabilità

Una diminuzione della temperatura di preriscaldamento dell'aria comporta un sensibile aumento dei consumi energetici e ad una significativa diminuzione del cavato specifico del forno.

I forni Unit Melter vengono normalmente impiegati per produzioni inferiori a 250 tonn/giorno.

Combustione a stadi

Il sistema si basa sull'iniezione di una parte del combustibile o dell'aria comburente nel bruciatore e della quota rimanente in una zona diversa da quella dove avviene la combustione primaria.

Il sistema basato sul «frazionamento» dell'aria di combustione risulta essere di più difficile applicazione ed è caratterizzato da costi molto elevati.

Il metodo basato sul frazionamento del combustibile è già stato applicato industrialmente con successo, iniettando circa il 10% di combustibile in prossimità dei torrini, nella zona di combustione primaria, ed il rimanente nell'atmosfera del forno.

Nel caso di «frazionamento» del combustibile i risultati ottenuti mostrano riduzioni dell'ordine del 35% ma l'applicazione è risultata problematica. La sperimentazione del frazionamento del comburente mediante l'uso di ossigeno è tuttora in corso su un numero limitato di forni e mostra riduzioni delle emissioni di NOx dell'ordine del 70%.

Applicabilità

Il sistema può essere applicato a qualsiasi tipo di forno; la sua applicazione può essere fatta solo nella fase di ricostruzione del forno ed allo stato attuale è ancora in fase sperimentale.

Ricircolazione dei fumi di combustione

Anche in questo caso, la riduzione delle emissioni di NOx viene effettuata mediante la diminuzione della temperatura di fiamma, mescolando l'aria di combustione con parte dei fumi emessi dal forno, in carenza di ossigeno.

Applicabilità

La tecnologia è risultata di difficile applicazione industriale e, pertanto, è stata momentaneamente abbandonata.

Bruciatori a bassa emissione di NOx

Lo sviluppo di diverse tipologie di bruciatori a bassa emissione di NOx ha comportato il controllo di una serie di parametri che influenzano le reazioni di formazione degli stessi.

Le caratteristiche principali dei bruciatori sono:

- Riduzione della velocità di iniezione del combustibile e dell'aria;
- Modifica dei tempi di miscelazione combustibile/aria con ottimizzazione della forma della fiamma, evitando «punti caldi»;
- Aumento dell'emissività di fiamma favorendo la trasmissione del calore al bagno di vetro (cracking del combustibile).

Normalmente, l'adozione di bruciatori a bassa emissione di NOx comporta una riduzione delle emissioni dell'ordine del 30%.

Forni a bassa emissione di NOx

Sono stati sviluppati nuovi forni, caratterizzati da emissioni di NOx particolarmente basse. Essi si basano sul preriscaldamento dell'aria di combustione mediante recuperatori e sul recupero di calore dai fumi di combustione attraverso un sistema di preriscaldamento della miscela vetrificabile o del rottame. Il disegno di questi forni Lo-NOx e Flex-Melter è stato modificato rispetto ai forni Unit Melter tradizionali, in modo da ridurre la temperatura di fusione e di affinaggio del vetro e quindi raggiungere concentrazioni di NOx dell'ordine di 700-900 mg/Nm³, con un'efficienza energetica ancora accettabile.

Applicabilità

Il sistema è applicabile in fase di ricostruzione del forno, compatibilmente con il tipo di vetro da produrre e con la capacità produttiva richiesta. L'efficienza energetica di questa tipologia di forno è, in generale, inferiore a quella di altre tipologie.

La geometria di questi forni, lunga e stretta, può comportare problemi di spazio per la sua realizzazione.

Processo FENIX

Principio

Il processo Fenix è una tecnica relativamente nuova che è stata sviluppata completamente solo su un forno per vetro piano e consiste in una combinazione di misure primarie, tra cui le principali sono:

- riduzione dell'eccesso d'aria senza aumento degli incombusti (CO);
- soppressione dei punti caldi «hot spots» ed omogeneizzazione della temperatura di fiamma;
- miscelazione controllata del combustibile con l'aria comburente.

Il processo richiede la completa modifica del sistema di combustione, l'utilizzo di nuovi tipi di iniettori, il controllo automatico di alcuni parametri tra cui la percentuale di ossigeno nei fumi, all'uscita del forno. Inoltre, può richiedere l'uso di un gas inerte (CO₂) o di ossigeno puro per alimentare uno o più iniettori.

Applicabilità

Allo stato attuale il processo è applicabile a forni di tipo Side Port (fiamme trasversali) e ciascuna applicazione richiede un adattamento specifico sia alla capacità del forno che al tipo di combustibile utilizzato (olio o metano).

Risultati ottenibili

I livelli di NO_x raggiungibili sono dell'ordine di circa 800 mg/Nm³, per applicazioni su forni float alimentati esclusivamente ad olio con basso tenore di zolfo (<1%S).

Impatto ambientale

Oltre alla riduzione degli NO_x dell'ordine del 70% dei valori iniziali, il processo Fenix consente di realizzare una riduzione dei consumi energetici specifici di circa il 6%.

Costi di investimento e di esercizio

Il sistema a regime può consentire una diminuzione dei costi di gestione, grazie alla riduzione dei consumi energetici.

L'investimento iniziale può essere stimato in circa 700000 Euro per forno (escludendo le eventuali licenze per utilizzare il brevetto).

Ossicombustione

Principio

Il sistema si basa sulla sostituzione dell'aria di combustione con ossigeno ad alto grado di purezza; la quasi totale assenza di azoto limita fortemente la formazione degli ossidi di azoto.

Applicabilità

A causa dell'elevato costo di esercizio di questa tecnologia, in particolare dell'ossigeno necessario per la combustione, la sua applicazione è indirizzata, in genere, alla produzione di vetri ad alto valore aggiunto. L'impiego dell'ossicombustione comporta l'eliminazione del sistema di preriscaldamento dell'aria comburente; pertanto, i costi di investimento per la realizzazione di un nuovo forno sono sensibilmente inferiori.

Le temperature di fiamma più elevate che si realizzano con la combustione ad ossigeno, determinano un risparmio energetico nel processo di fusione, inversamente proporzionale alla capacità del forno: più piccolo è il forno maggiore è il risparmio energetico che si realizza.

La possibilità di applicazione dell'ossicombustione ai forni ad elevata efficienza energetica, in particolare al settore del vetro cavo, è condizionata, oltre che dal costo dell'ossigeno, dalla possibilità di recuperare calore dai fumi di combustione che vengono emessi a temperature molto elevate, 1200-1300°C.

Risultati ottenibili

I forni ad ossicombustione sono caratterizzati da una diminuzione delle emissioni, espresse in quantità assolute. Va osservato che le emissioni espresse in concentrazione subiscono in genere, un aumento dei valori causato dalla drastica diminuzione del volume fumi, fino a 4-5 volte, dovuta alla sostituzione dell'aria di combustione contenente circa il 70% di azoto, con ossigeno ad alto grado di purezza. Questa tecnologia presenta risultati positivi non solo nei confronti delle emissioni di NO_x, ma anche per le polveri totali, gli altri inquinanti gassosi ed i consumi energetici del processo di fusione.

I valori raggiungibili sono i seguenti:

- Riduzione delle emissioni di NOx a valori di 0.5-1.5 kg/tonn. vetro, per vetri senza utilizzo di nitrati nella miscela vetrificabile
- Riduzione delle emissioni di polveri di circa il 20-40%
- Diminuzione dei consumi energetici del 10-15%.

Impatto ambientale

La tecnologia dell'ossicombustione può avere un impatto ambientale negativo a causa dell'energia necessaria alla produzione dell'ossigeno, che sposta parte delle emissioni da una sorgente ad un'altra. Questo effetto viene compensato, in tutto o in parte, dal risparmio energetico realizzabile con l'ossicombustione.

Costi di investimento e di esercizio

I costi di investimento iniziali per la realizzazione di un forno ad ossicombustione risultano, in genere, inferiori rispetto ad un forno a combustione convenzionale, data l'assenza del sistema di preriscaldamento dell'aria.

I costi di esercizio dipendono essenzialmente dal costo dell'ossigeno e, quindi, dal sistema di produzione dello stesso. Questi vengono in parte compensati dai risparmi energetici realizzabili. Non sono ancora completamente noti i risultati sulla corrosione dei materiali refrattari e quindi sulla durata dei forni di fusione.

Fusione elettrica

Principio

Il sistema si basa sulla fusione del vetro mediante elettrodi immersi nella massa vetrosa. In genere, gli elettrodi sono costituiti da molibdeno, stagno, titanio o platino e sono installati lateralmente nelle pareti del forno, sul fondo o sulla volta.

La totale assenza di combustione elimina completamente le emissioni dovute all'ossidazione dell'azoto contenuto nell'aria. In questo caso, l'unica fonte d'emissione di NOx è rappresentata dalla decomposizione dei nitrati eventualmente presenti nella miscela vetrificabile.

Applicabilità

Il costo elevato di questa tecnologia ne limita l'applicabilità alla produzione di vetri ad alto valore aggiunto.

Per alcuni prodotti può presentarsi un'incompatibilità tra vetro ed elettrodo, tale da impedirne l'applicazione.

Questa tecnologia che si adatta a forni di dimensioni ridotte, risulta anche poco flessibile per le variazioni di cavato del forno.

Risultati ottenibili

La fusione elettrica consente di eliminare totalmente le emissioni di NO_x derivanti dall'ossidazione dell'azoto atmosferico. Nel caso di forni elettrici a volta fredda, il volume fumi assume valori estremamente bassi e le emissioni complessive (polveri, inquinanti gassosi) sono caratterizzate da flussi di massa (g/h) poco significativi.

In questo caso, l'origine degli NO_x è dovuta alla decomposizione dei nitrati eventualmente presenti nella miscela vetrificabile per motivi legati alla qualità del vetro. Le emissioni di polveri sono generate quasi esclusivamente dallo spolverio della miscela vetrificabile in fase di caricamento del forno; ciò richiede solitamente un sistema di filtrazione a maniche per la loro separazione.

Costi di investimento e di esercizio

La fusione elettrica è caratterizzata da elevati costi operativi dovuti al consumo di energia elettrica; inoltre la vita media di un forno elettrico è ridotta rispetto ad un forno convenzionale, con conseguente necessità di una frequente ricostruzione.

Impatto ambientale

La fusione elettrica comporta un trasferimento delle emissioni di NO_x dalla vetreria alla centrale termoelettrica dalla quale proviene l'energia elettrica necessaria per la fusione del vetro.

E.7.2.2 Interventi secondari

Gli interventi secondari sono rivolti all'eliminazione degli NO_x formati durante la combustione, per mezzo di processi di riduzione indotti dall'aggiunta di ammoniaca o di combustibile fossile ai fumi di combustione.

Reburning e processo 3R

Principio

I due sistemi sono simili; essi si basano sull'iniezione di combustibile fossile nei fumi di combustione, direttamente nella camera di combustione (Reburning) o nelle camere di rigenerazione (processo 3R). Il combustibile aggiunto subisce una pirolisi con formazione di radicali che convertono gli NOx contenuti nei fumi di combustione in azoto ed acqua. Aria supplementare viene aggiunta a valle della zona di iniezione del combustibile, per assicurare il completamento della combustione.

Applicabilità

Il sistema può essere applicato ai forni dotati di camere di rigenerazione. La qualità dei refrattari per i rigeneratori deve essere in grado di sopportare chimicamente la presenza di concentrazioni elevate di monossido di carbonio (CO) e termicamente l'innalzamento della temperatura dei fumi di combustione. La sua applicazione è attualmente limitata ai forni per la produzione di vetro piano.

Risultati ottenibili

Le emissioni di NOx che si riscontrano sono, in genere, inferiori a 800 mg/Nm³. Esse dipendono dai livelli di partenza e dalla quantità di combustibile fossile aggiunta ai fumi di combustione. In ogni caso, si possono raggiungere riduzioni degli NOx fino all'85 % rispetto ai valori iniziali.

Costi di investimento e di esercizio

I costi di investimento risultano essere decisamente inferiori rispetto agli altri sistemi secondari; i costi di esercizio vengono determinati dal consumo di combustibile fossile aggiuntivo che, in funzione dei livelli iniziali di NOx, può rappresentare l'8-10% del consumo energetico per la fusione.

Nel caso l'installazione fosse dotata di un sistema di recupero di calore dai fumi, l'aumento dei consumi relativi al processo di denitrificazione può essere contenuto fino a valori del 2-3% del consumo totale di energia.

Impatto ambientale

L'applicazione di questa tecnologia comporta un aumento dei consumi energetici e, conseguentemente, un aumento delle emissioni dal processo di fusione del vetro (CO₂ eventuale SOx nel caso di combustione con olio).

Riduzione selettiva senza catalizzatore (SNCR)

Principio

Il sistema si basa sulla iniezione di ammoniaca ad alta temperatura (850-1100°C) nei fumi di combustione, per dare luogo alla reazione di riduzione degli NOx ad azoto ed acqua. L'aggiunta di ammoniaca deve necessariamente avvenire nell'intervallo di temperatura indicato, per poter ottenere una buona rimozione degli NOx e per evitare emissioni di NH₃ non reagita. Talvolta è possibile ampliare tale intervallo aggiungendo H₂ ai fumi di combustione.

Applicabilità

A causa del campo di temperatura nel quale è necessario operare, il sistema si applica più facilmente a forni dotati di recuperatori di calore. Nei forni a rigenerazione, la sua applicazione è possibile solo nei casi in cui vengano impiegati rigeneratori a doppie camere che permettono l'iniezione di ammoniaca nel condotto di collegamento, alla temperatura adatta per la reazione ed in una zona che consente una buona miscelazione dei reagenti con i fumi, limitandone tuttavia la flessibilità, non consentendo le variazioni di produzione normalmente richieste dal mercato.

L'uso del sistema SNCR comporta una limitazione alla programmazione della produzione, infatti, al variare del cavato del forno si sposta la zona dell'intervallo di temperatura alla quale si deve effettuare l'iniezione di ammoniaca, con conseguente rischio di emissioni di ammoniaca (temperatura troppo bassa) o maggiori quantità di NOx (temperatura troppo elevata).

Un vantaggio nell'applicazione della tecnica SNCR è quello di non richiedere un pre-trattamento dei fumi con filtrazione delle polveri, in quanto non c'è la presenza di un catalizzatore che può subire deposizione di polveri o avvelenamenti.

Risultati ottenibili

Il sistema consente di raggiungere valori di abbattimento degli NOx di circa il 50-70% rispetto ai livelli iniziali.

All'aumentare dell'efficienza di rimozione degli NOx aumenta anche il rischio di emettere ammoniaca non reagita.

Costi di investimento e di esercizio

I costi di investimento necessari per ottenere dei rendimenti accettabili risultano essere elevati; i costi di esercizio sono, generalmente, inferiori a quelli degli altri interventi secondari possibili.

Impatto ambientale

Lo stoccaggio di ammoniaca gassosa o liquida richiede soluzioni tecnologiche specifiche per evitare problemi di sicurezza e di inquinamento. Va notato che lo stoccaggio di ammoniaca potrebbe imporre la necessità di classificazioni dello stabilimento come sito a rischio d'incidente rilevante.

La possibile emissione di ammoniaca non reagita nei fumi di combustione rappresenta un altro elemento di impatto ambientale del sistema SNCR.

Riduzione selettiva con catalizzatore (SCR)

Principio

Il sistema si basa sull'iniezione di ammoniaca, in presenza di un catalizzatore, a temperature comprese tra 300 e 400°C. La reazione di riduzione degli NOx da origine ad azoto ed acqua.

I catalizzatori normalmente impiegati per il processo di denitrificazione sono V₂O₅/TiO₂ o zeoliti. L'uso del catalizzatore consente di raggiungere un grado elevato di rimozione degli NOx dai fumi, tuttavia impone anche la preventiva filtrazione dei fumi allo scopo di evitare un rapido avvelenamento del catalizzatore stesso.

La concentrazione di polvere presente nei fumi, in entrata all'impianto DeNOx, deve essere mantenuta inferiore a 10 mg/Nm³ e la superficie del catalizzatore deve essere pulita mediante appositi soffi d'aria e periodicamente, intervenendo con operazioni di pulizia manuale.

Applicabilità

Il sistema è applicabile ai forni dotati di trattamento fumi per la rimozione delle polveri e degli eventuali inquinanti gassosi che potrebbero avvelenare il catalizzatore. Il sistema di filtrazione più efficiente, ovvero il filtro a maniche, non si adatta alla tecnologia SCR in quanto la temperatura dei fumi depurati risulta troppo bassa.

L'uso del gas metano per la combustione è da preferire all'olio, in quanto quest'ultimo aumenta la possibilità di avvelenamento del catalizzatore.

La tecnologia SCR è stata sperimentata solo per alcune tipologie di vetro; ad esempio, non è stata applicata su forni per la produzione di vetro da tavola (uso domestico) e vetro borosilicato per la produzione di lana e filato. La sua applicazione non ha raggiunto una tale diffusione da poter considerare questa tecnica come completamente sperimentata.

Risultati ottenibili

Il sistema SCR consente di raggiungere livelli di rimozione degli NOx di circa il 70-90%. Il limite di questa tecnica è rappresentato dalla vita del catalizzatore il cui progressivo deterioramento causa un peggioramento delle prestazioni, con un aumento del rischio di emissioni di ammoniaca non reagita.

Costi di investimento e di esercizio

Questa tecnologia è caratterizzata da elevati costi di investimento e di esercizio dovuti alla necessità di pre-trattare i fumi, di pulire e sostituire spesso il catalizzatore, di aggiungere ammoniacca gassosa o liquida nei fumi.

Impatto ambientale

Lo stoccaggio di ammoniacca gassosa o liquida richiede soluzioni tecnologiche specifiche per evitare problemi di sicurezza e di inquinamento. Va notato che lo stoccaggio di ammoniacca potrebbe imporre la necessità di classificazione dello stabilimento come sito a rischio d'incidente rilevante.

Inoltre, la possibile emissione di ammoniacca non reagita nei fumi di combustione e lo smaltimento del catalizzatore esausto costituiscono altri fattori non trascurabili di impatto ambientale del sistema SCR.

E.7.3 Inquinanti gassosi (SO_x, HCl, HF, CO)

E.7.3.1 Interventi primari

La possibilità di intervenire con azioni primarie per ridurre le emissioni di SO_x, HCl ed HF è legata all'uso di materie prime esenti da impurezze ed all'impiego di combustibili di qualità controllata.

Ossidi di zolfo (SO_x)

Il contenimento delle emissioni di SO_x può essere effettuato operando sui seguenti parametri:

- Utilizzo di combustibili privi di zolfo (metano), oppure a basso tenore di zolfo.
- Uso contenuto di solfati e di altri composti dello zolfo nella miscela vetrificabile.

Applicabilità

La diminuzione dei solfati nella composizione della miscela vetrificabile è limitata dalle esigenze di qualità del vetro prodotto e dall'impossibilità di sostituirli con altre sostanze che svolgono la stessa azione affinanante, con minore impatto ambientale. L'utilizzo di combustibili abbasso tenore di zolfo è condizionato dall'offerta del mercato e da valutazioni di tipo economico.

Cloruri gassosi (HCl)

Il contenimento delle emissioni di cloruri gassosi può essere effettuato mediante l'utilizzo di materie prime a basso contenuto di impurezze, in particolare di carbonato di sodio contenente percentuali di NaCl inferiori a 0.15%.

Applicabilità

La possibilità di utilizzare materie prime a basso contenuto di impurezze è legata alla disponibilità del mercato.

L'uso di rottame ecologico nella miscela vetrificabile non consente un controllo adeguato della quantità di cloruri immessa nel bagno di vetro. L'impiego per il futuro di materie prime e di rottame ecologico con un più alto grado di purezza potrebbe, consentire di ridurre ulteriormente le emissioni di queste sostanze inquinanti.

Fluoruri gassosi (HF)

Il contenimento delle emissioni di fluoruri gassosi può essere effettuato mediante l'utilizzo di materie prime contenenti basse percentuali di impurezze, in particolare controllando la qualità della dolomite ed il contenuto di fluoruri nelle sabbie nel caso siano state sottoposte a trattamento di purificazione mediante soluzioni fluorurate.

Applicabilità

La possibilità di utilizzare materie prime a basso contenuto di impurezze è legata alla disponibilità del mercato ed è di difficile pianificazione.

L'uso di rottame ecologico nella miscela vetrificabile non consente un controllo adeguato della quantità di fluoruri immessa nel bagno di vetro. Un maggior controllo sulle attività recupero e selezione del rottame, allo scopo di evitare l'introduzione di vetro contenente quantità significative di fluoruri, consentirebbe di ottenere i migliori risultati.

Monossido di carbonio (CO)

Le emissioni di monossido di carbonio possono essere controllate e limitate mediante una corretta alimentazione dell'aria comburente, in quantità sufficiente per realizzare una combustione stechiometrica.

Un'adeguata miscelazione del combustibile con l'aria evita la formazione di zone in difetto di ossigeno nella camera di combustione. Una cattiva miscelazione può favorire la formazione di monossido di carbonio, malgrado l'aria alimentata ai bruciatori sia in quantità stechiometricamente sufficiente per completare la combustione.

Va osservato, tuttavia, che l'adozione dei sistemi di tipo primario per la riduzione delle emissioni di NOx comporta, in genere, un aumento delle emissioni di CO.

Le emissioni di monossido di carbonio vengono comunque mantenute a livelli minimi al fine di evitare danneggiamenti dei materiali di costruzione del forno (refrattari).

E.7.3.2 Interventi secondari

Principio

Gli interventi secondari che possono portare ad un contenimento delle emissioni di SOx, HCl ed HF sono strettamente legati ai sistemi di abbattimento delle emissioni di polveri.

Infatti, essi si basano sulla reazione dei gas acidi presenti nei fumi con sostanze alcaline (Idrossido di calcio, carbonato di sodio, bicarbonato di sodio, idrossido di sodio, ecc.) con formazione di solfati, cloruri, fluoruri dei metalli alcalini o alcalino-terrosi impiegati.

I sali così formati vengono separati, per filtrazione, assieme alle polveri emesse dal processo di fusione del vetro.

I sistemi utilizzati più frequentemente sono del tipo a secco o quasi-secco; essi prevedono l'aggiunta del reagente sottoforma di polvere finissima o di una sospensione acquosa.

Applicabilità

I sistemi secondari per la rimozione di SOx, HF ed HCl sono applicabili solo congiuntamente ad un impianto di filtrazione delle polveri.

Per taluni tipi di vetro, la polvere separata mediante filtrazione può essere riutilizzata nel ciclo di produzione, a parziale sostituzione di una materia prima avente composizione chimica simile. Ciò comporta, però, un aumento delle emissioni degli inquinanti interessati alla sostituzione, per effetto della decomposizione dei loro sali nella fusione.

Risultati ottenibili

L'efficienza di rimozione degli inquinanti gassosi può variare notevolmente, in funzione dei seguenti parametri:

- tipo e quantità del reagente impiegato;
- temperatura del processo di trattamento dei fumi;
- tipologia dei fumi da trattare.

In genere, i vari reagenti utilizzati presentano un'efficienza di rimozione diversa nei confronti degli inquinanti gassosi, pertanto la scelta viene effettuata in base alle priorità di abbattimento richieste.

Le emissioni di SO_x possono essere ridotte fino all'80-90% impiegando quantità di reagente superiori al rapporto stechiometrico; nel caso di HCl ed HF si possono raggiungere livelli di rimozione anche del 95-97%. Tuttavia, le condizioni operative dell'impianto, in particolare la temperatura dei fumi e la notevole quantità di polvere che si forma con le reazioni chimiche di neutralizzazione, non consentono di raggiungere valori superiori al 35% per la rimozione degli SO_x, 60-70% per le emissioni di HCl ed 80-90 % per i fluoruri gassosi.

In ogni caso, le concentrazioni raggiungibili a seguito dell'applicazione di interventi di tipo secondario sono rispettivamente <5mg/Nm³ per le emissioni di HF e <30 mg/Nm³ per le emissioni di HCl. Le concentrazioni raggiungibili per le emissioni di SO_x sono comprese in un ampio intervallo, <100-1700 mg/Nm³, in funzione del tipo di vetro prodotto e del tipo di combustibile utilizzato per la fusione.

Costi di investimento e di esercizio

I costi di investimento sono strettamente legati al sistema di filtrazione utilizzato per la separazione delle polveri. I costi di esercizio dipendono dalla scelta del reagente e dalla possibilità o meno di riutilizzare le polveri filtrate nel ciclo produttivo.

Impatto ambientale

L'impiego di notevoli quantità di reagente e la conseguente produzione di rifiuti solidi che, in molti casi devono essere posti in discarica, rappresentano i principali fattori di impatto ambientale.

E.7.4 Inquinanti derivanti dalle lavorazioni secondarie del vetro

Le lavorazioni secondarie del vetro trattate qui di seguito sono state individuate in quanto presentano un impatto ambientale significativo e richiedono tecnologie specifiche per il trattamento degli effluenti.

E.7.4.1 Trattamenti a caldo ed a freddo del vetro cavo e piano

Le emissioni derivanti dai trattamenti a caldo del vetro cavo, eseguiti mediante l'uso di composti clorurati dello stagno (tetracloruro di stagno, metil, butil cloruri di stagno) possono essere sottoposte a trattamento mediante i seguenti sistemi:

- Lavaggio ad umido dei fumi con soluzione alcalina. Presenta una buona efficienza nei confronti dei cloruri gassosi, meno efficiente per la rimozione dei composti dello stagno.

- Filtrazione su filtro a maniche con pre-trattamento degli inquinanti gassosi mediante idrossido di calcio. Le caratteristiche deliquescenti dei composti dello stagno possono rendere difficile la rimozione delle polveri dal tessuto utilizzato per la filtrazione.

- Convogliamento dei fumi al sistema di trattamento delle emissioni provenienti dal forno fusorio. Rappresenta la tecnica più usata in quanto consente di «diluire» i fumi prima del trattamento con reagente alcalino e della filtrazione dei prodotti di reazione su filtro a maniche o precipitatore elettrostatico. In questo modo si riduce l'effetto dovuto alle caratteristiche chimico-fisiche che rendono queste emissioni altrimenti difficili da trattare. La quantità modesta dei fumi da convogliare ed il flusso di massa degli inquinanti in esso contenuti non modificano in modo significativo la composizione e le caratteristiche dei fumi generati dal forno di fusione del vetro.

Le emissioni derivanti dal trattamento a caldo del vetro cavo mediante solforazione, possono essere trattate congiuntamente ai fumi provenienti dal forno fusorio. In alcuni casi, data la distanza dal sistema di filtrazione e trattamento fumi principale e date le quantità significative di SO_3 presente nei fumi, potrebbe essere necessario trattare i fumi mediante un sistema di lavaggio ad umido con soluzione alcalina.

Anche nel caso del ciclo di produzione del vetro piano, le emissioni derivanti dai trattamenti superficiali del vetro mediante SO_2 , possono essere trattate congiuntamente con i fumi derivanti dal forno di fusione.

Le emissioni derivanti dai processi di trattamento a freddo del vetro cavo, mediante emulsioni di acido oleico e polietilene presentano flussi di massa e concentrazioni poco significativi, tanto da non richiedere un trattamento specifico.

E.7.4.2 Lavorazione secondaria del vetro al piombo

Come già indicato precedentemente, il processo di molatura e lucidatura del vetro richiede uno specifico trattamento fumi, mediante lavaggio ad umido degli stessi e trattamento degli effluenti liquidi risultanti in aggiunta alle acque reflue di processo, mediante idrato di calcio.

Tale processo rappresenta la migliore tecnica disponibile.

E.7.4.3 Lavorazioni di apprettatura della lana e del filamento continuo di vetro

Le principali tecniche disponibili per la riduzione delle emissioni solide e gassose derivanti dalle lavorazioni secondarie di lana e filamento continuo di vetro sono le seguenti:

- Sistemi di lavaggio ad umido dei fumi
- Impact Jets
- Filtro elettrostatico ad umido
- Post-combustione.

Ciascuno dei sistemi indicati presenta efficienze diverse nella rimozione delle polveri totali e degli inquinanti gassosi. Ad esempio, il precipitatore elettrostatico ad umido presenta una buona efficienza nell'abbattimento delle polveri ($< 20 \text{ mg/Nm}^3$) ma non è altrettanto efficiente per la rimozione degli inquinanti gassosi. Diversamente, il sistema di lavaggio ad umido dei fumi presenta una buona efficienza di rimozione degli inquinanti gassosi ma, per poter raggiungere efficienze di rimozione accettabili anche per le polveri, richiede consumi energetici molto elevati.

La tecnica della post-combustione (catalitica o termica) è molto efficiente nella riduzione delle emissioni di composti organici ma non agisce sulle polveri inorganiche; ad essa è associato un sensibile aumento dei consumi energetici ed è quindi preferibile una sua applicazione solo nel caso in cui sia possibile effettuare un recupero del calore.

Gli iniettori «Impact Jets» hanno scarsa efficienza nell'abbattimento delle polveri e necessitano di essere impiegati congiuntamente ad un sistema di separazione dell'aerosol generato dal sistema di trattamento (cicloni ecc.).

In sintesi, una tecnica per la rimozione contemporanea delle emissioni solide e gassose non è disponibile; la scelta del sistema per il trattamento fumi rappresenta, in genere, un compromesso tra gli obiettivi di riduzione delle emissioni dei composti organici e delle polveri totali.

I sistemi di controllo delle emissioni attualmente utilizzati dagli impianti operanti in Italia sono caratterizzati da livelli di emissioni in linea con quanto ottenibile dall'applicazione delle migliori tecnologie disponibili.

Le migliori tecniche disponibili (BAT) analizzate nel documento di riferimento europeo BREF rappresentano le opzioni tecniche che le aziende vetrarie hanno a disposizione per il controllo e la riduzione degli inquinanti.

La scelta tra le diverse tecnologie necessita di un'attenta valutazione sia per quanto riguarda l'applicabilità allo specifico settore che per la definizione dei livelli di emissione ottenibili.

Infatti, come già sottolineato in precedenza, l'applicabilità e la prestazione di una tecnologia possono essere fortemente influenzate dai seguenti fattori:

- Applicazione della tecnologia su un forno nuovo o esistente;
- Tipo di forno impiegato per la fusione;
- Tipo di vetro prodotto e, quindi, di materie prime impiegate;
- Necessità di impiego di nitrati nella miscela vetrificabile, per garantire qualità elevata;
- Riciclo delle polveri provenienti dal sistema di trattamento fumi.

F.1 BAT per la riduzione delle polveri totali

I sistemi primari (modifica materie prime, aumento del rottame, ecc.) descritti nel documento BREF sono caratterizzati da livelli di emissioni sostanzialmente superiori a quanto ottenibile mediante sistemi secondari (filtrazione), con l'eccezione di alcuni casi specifici, per i quali i livelli di emissione sono paragonabili.

L'identificazione della filtrazione quale BAT per il settore è quindi giustificata.

I livelli di prestazione dei sistemi di filtrazione variano in funzione del tipo di filtro impiegato e delle caratteristiche dei fumi da trattare.

Filtro a maniche

I valori di concentrazione raggiungibili con l'applicazione dei filtri a maniche sono generalmente compresi tra 5 e 30 mg/Nm³. In alcuni casi possono essere riscontrati valori più elevati, in particolare:

- Nel caso di vetri di tipo borosilicato, con emissioni di composti del boro particolarmente elevate e temperature di evaporazione relativamente basse.
- Nel caso di forni per la produzione di vetro artistico, con concentrazioni di ossigeno nei fumi particolarmente elevate (circa 20%) che influenzano negativamente il risultato finale, espresso in concentrazione al 13% di ossigeno.
- Nel caso di utilizzo di quantità particolarmente elevate di reagente alcalino per la rimozione delle emissioni gassose.

Filtro elettrostatico

I valori di concentrazione raggiungibili con l'applicazione dei filtri elettrostatici variano in funzione del numero di campi che compongono il filtro e sono, generalmente, compresi tra 20 e 50 mg/Nm³.

Va osservato che, a parità di campi impiegati per la filtrazione, le prestazioni del filtro dipendono da numerosi altri fattori, in particolare:

- Temperatura dei fumi;
- Umidità dei fumi;
- Volume fumi da trattare.

Le caratteristiche dei fumi da trattare non possono essere mantenute costanti in quanto la produzione è suscettibile di variazioni periodiche legate al tipo di prodotto richiesto (es. capacità del

contenitore di vetro cavo, spessore del vetro piano, ecc.) ed alla domanda di mercato (il cavato del forno può essere modificato in base ad una diminuzione della richiesta, ad un problema di qualità, del prodotto, ecc). Tutto ciò ha un'influenza sulle prestazioni del filtro elettrostatico, ampliando l'intervallo relativo ai livelli di emissione raggiungibili.

F.2 BAT per la riduzione delle emissioni di Ossidi di Azoto (NOx)

Le BAT individuate dal documento di riferimento europeo BREF rappresentano tutte le possibili azioni per limitare la formazione o ridurre le emissioni degli NOx dai forni per vetro.

Va osservato che ciascuna tecnologia comporta delle limitazioni nell'applicazione e che la scelta della BAT relativa agli NOx dovrebbe essere fatta caso per caso, tenendo conto delle caratteristiche specifiche dell'impianto.

Va inoltre considerato che, per esigenze di qualità per certi tipi di vetro, in particolare per i vetri da tavola, per uso domestico e farmaceutico, è spesso necessario utilizzare nitrati di sodio e/o potassio, con conseguente emissione di NOx dalla decomposizione delle materie prime e concentrazioni nei fumi significativamente più elevate.

Modifica/controllo della combustione con sistemi primari

La possibilità di ridurre la formazione di NOx mediante il controllo dei parametri di combustione può essere fatta con risultati sostanzialmente diversi, in funzione della tecnologia adottata. Spesso, si tratta di una combinazione di interventi che comprendono:

- Utilizzo di bruciatori a basso tenore di NOx;
- Controllo dell'eccesso d'aria, con misure di ossigeno a ciascun torrino;
- Modifica della geometria del forno

Gli interventi possono portare a livelli di emissione compresi tra 800 e 2000 mg/Nm³, in funzione del tipo di forno, del suo stato di usura, del grado di implementazione raggiunto e del tipo di combustibile utilizzato. I valori più elevati corrispondono a forni di tipo Side Port a metano e forni adibiti alla produzione di vetri che richiedono nitrati nella miscela vetrificabile. L'applicazione di sistemi per il controllo della combustione su forni esistenti non può avere le stesse prestazioni ottenibili su un forno nuovo, in quanto alcune modifiche possono essere introdotte solo alla ricostruzione del forno.

È importante osservare che forni di tipologia diversa sono caratterizzati da emissioni sostanzialmente diverse; di conseguenza, le modifiche ed il controllo della combustione apportati ad un forno di tipo Side Port (a fiamme trasversali), caratterizzato da valori di NOx più alti, daranno risultati diversi rispetto alla stessa applicazione effettuata su forni di altra tipologia (End Port o Unit Melter).

Forni a bassa emissione di NOx

Le prestazioni di questi tipi di forno (LONox, FlexMelter), progettati in modo da ridurre la formazione di NOx, indicano la possibilità di raggiungere livelli di emissione di NOx fino a valori di 420-440 mg/Nm³, limitatamente ad uno specifico impianto riportato in letteratura. Tuttavia, dai dati rilevati sull'unico forno di questa tipologia esistente in Italia, i tipici valori di emissione si attestano a 700-900 mg/Nm³.

Questi forni sono, in genere, applicabili solo per la produzione di vetro cavo; sono caratterizzati da una capacità produttiva limitata e da un'efficienza energetica inferiore rispetto ai forni a rigenerazione (End Port e Side Port), con conseguente aumento delle emissioni di CO₂ per tonnellata di vetro fuso.

I forni LoNOx e FlexMelter paragonati ad altri forni di tipo recuperativo tradizionali (Unit Melter), possono consentire un risparmio energetico in quanto l'uscita dei fumi in controcorrente alla miscela vetrificabile ne consente il preriscaldamento.

Ossicombustione

I livelli di emissione raggiungibili con l'applicazione dell'ossicombustione dipendono dal grado di purezza dell'ossigeno utilizzato (>99% criogenico, 94-96% VSA/PSA) e dalla composizione del gas naturale impiegato per la combustione (può contenere dal 2 al 15% di azoto).

I valori normalmente raggiungibili sono compresi tra 0.5 e 1.5 kg NOx/t. vetro; diversamente da altre tecnologie, i livelli di concentrazione non possono essere espressi ad un tenore di ossigeno di riferimento.

L'ossicombustione può essere applicata anche a forni esistenti, con prestazioni sicuramente inferiori a quanto ottenibile da un nuovo forno dimensionato per l'applicazione di questa tecnologia ed inoltre compromettendo la vita residua del forno stesso.

L'ossicombustione, se applicata su un forno esistente in modo non adeguato, può risultare in un aumento delle emissioni di NOx; è quindi preferibile la sua applicazione ad un forno nuovo o in occasione della ricostruzione.

L'applicazione dell'ossicombustione è caratterizzata da costi di gestione elevati (costo dell'ossigeno, in particolare in Italia ove esiste un elevato costo dell'energia elettrica rispetto agli altri Paesi Europei) soprattutto per vetri a basso valore aggiunto e per forni ad elevata efficienza energetica. Per tale motivo la sua applicazione è più diffusa nel settore dei vetri borosilicati (tubo, filamento continuo, ecc.) e non si conoscono (ufficialmente) applicazioni nel settore del vetro piano.

L'utilizzo di questa tecnologia è strettamente legato a fattori locali che possono variare sensibilmente sia all'interno dell'Unione Europea che dello stesso territorio nazionale, con condizioni di fornitura dell'ossigeno che possono essere sostanzialmente diverse e rendere proibitiva l'applicazione dell'ossicombustione alla maggior parte dei forni industriali.

Reburning e processo 3R

I livelli raggiungibili con l'applicazione di queste tecnologie dipendono dalla quantità di combustibile impiegata per la riduzione chimica degli NOx.

I valori ottenibili sono dell'ordine dell'85% delle concentrazioni iniziali, con concentrazioni inferiori a 800 mg/Nm³.

La tecnologia può essere applicata solo ai forni dotati di camere di rigenerazione e comporta un aumento dei consumi energetici proporzionale alla riduzione ottenibile.

Ciò comporta una limitazione importante nell'applicazione di questa tecnologia a forni adibiti alla produzione di vetro a basso valore aggiunto, in particolare nel settore del vetro cavo. La rimozione degli NOx mediante il sistema 3R comporterebbe infatti un aumento dei consumi energetici di circa il 6-10%.

L'applicazione della tecnologia 3R è possibile per il settore del vetro piano dove, normalmente, il forno è dotato di una caldaia per il recupero di calore dai fumi, che consente di bilanciare parte dell'aumento dei consumi energetici, limitando l'incremento a valori di circa il 3%.

Riduzione selettiva senza catalizzatore (SNCR)

I livelli di emissione di NOx raggiungibili con l'applicazione della tecnologia SNCR consentono di raggiungere riduzioni del 50-70% rispetto ai valori iniziali.

L'applicabilità della tecnologia è limitata dalla possibilità di disporre di un adeguato punto di immissione dell'ammoniaca che consenta di mantenere le prestazioni anche al variare del cavato del forno. Pur nei limiti di questa applicazione, essa è utilizzabile con i soli forni recuperativi.

Riduzione selettiva con catalizzatore (SCR)

I livelli di emissione di NOx raggiungibili con l'applicazione della tecnologia SCR consentono di ottenere riduzioni fino a circa il 90% dei valori iniziali.

L'applicabilità della tecnologia è limitata dalla vita del catalizzatore che può essere compromessa dalla presenza nei fumi di sostanze in grado di comprometterne la durata (alcali, composti del boro, elevate concentrazioni di SOx).

Come già detto, è importante osservare che mancano applicazioni della tecnologia SCR al settore dei vetri borosilicati ed i vetri per uso domestico, caratterizzati dalla presenza di potassio nella formulazione della miscela vetrificabile e che il numero totale di applicazioni del sistema SCR ai forni per vetro non è tale da poter considerare questa tecnologia come completamente implementata.

F.3 BAT per la riduzione delle emissioni di SOx ed altri inquinanti gassosi (HCl, HF)

Interventi primari

Gli interventi primari per la riduzione degli inquinanti gassosi possono portare a riduzioni sostanziali delle concentrazioni di SO_x, HCl, HF.

Il controllo delle fonti di approvvigionamento delle materie prime può ridurre sensibilmente la presenza di impurezze che durante la fusione della miscela vetrificabile danno origine alle emissioni.

La difficoltà di reperire materie prime ad elevata purezza e la necessità di impiegare determinate sostanze nella formulazione della miscela vetrificabile per garantire un perfetto affinaggio del vetro, rendono spesso necessario un trattamento fumi con reagente alcalino per la rimozione degli inquinati gassosi.

Tra gli interventi primari per la riduzione di SO_x può essere indicata anche la scelta del tipo di combustibile (gas naturale o olio a basso tenore di zolfo < 1%); tuttavia, la scarsa disponibilità di gas naturale in alcune aree geografiche italiane e la migliore efficienza termica dell'olio combustibile rispetto al metano limitano la possibilità di identificare la scelta del tipo combustibile quale BAT per il settore.

Interventi secondari

Il trattamento fumi con un reagente alcalino è normalmente adottato nel caso di filtrazione fumi per la rimozione delle polveri, non solo per la riduzione degli inquinanti gassosi ma anche per proteggere lo stesso sistema di filtrazione da possibili fenomeni di corrosione.

La scelta del tipo di reagente richiede una valutazione attenta dei seguenti aspetti:

- Concentrazione dei diversi inquinanti gassosi da rimuovere (SO_x, HF, HCl);
- Rapporto stechiometrico necessario per una buona efficienza di rimozione, con conseguente produzione di quantità significative di polveri da filtrare;
- Possibili reazioni di «passivazione» del reagente alcalino da parte di sostanze presenti nei fumi (es. composti del boro);
- Temperatura di trattamento fumi, in funzione del tipo di filtrazione.
- Possibilità di riutilizzare le polveri filtrate nella miscela vetrificabile, con conseguenti vantaggi e svantaggi. Il riciclo delle polveri nella miscela vetrificabile alimentata al forno può causare un aumento delle emissioni di SO_x a monte del sistema di trattamento fumi, a causa di una maggiore facilità di decomporsi da parte delle polveri riciclate rispetto alle materie prime tradizionalmente utilizzate (solfati di sodio e di calcio). Inoltre, è indispensabile mantenere una certa costanza di composizione delle polveri al fine di evitare un errato dosaggio dei componenti principali nella miscela vetrificabile.
- Necessità di ottimizzare la quantità di polvere prodotta dal sistema, da destinare al riciclo al forno fusorio, con la quantità di inquinanti gassosi da rimuovere. Infatti, una sovrapproduzione di polvere comporterebbe la necessità di conferirne in discarica grandi quantità.

I reagenti più utilizzati sono l'idrossido di calcio Ca(OH)_2 , il bicarbonato di sodio NaHCO_3 ed il carbonato di sodio Na_2CO_3 . Ciascun reagente presenta un'efficienza di rimozione diversa nei confronti degli inquinanti gassosi; ad esempio, il bicarbonato di sodio è efficiente nella rimozione degli ossidi di zolfo mentre ha una scarsa capacità di rimozione dei fluoruri gassosi.

La temperatura dei fumi ha una forte influenza sull'efficienza, di rimozione degli inquinanti gassosi, ma è anche praticamente impossibile da controllare, a causa delle esigenze di produzione e della scelta, talvolta forzata, del sistema di filtrazione delle polveri e, conseguentemente, del sistema di raffreddamento dei fumi.

Un riassunto delle prestazioni di ciascun reagente è riportato nella seguente tabella:

Reagente/condizione di impegno	Efficienza di rimozione		
	Sox	HCl	HF
Ca(OH)_2 a 400 °C	< 35%	70%	95%
Ca(OH)_2 a 200-800 °C	< 20%	35%	95%
Ca(OH)_2 a 130-240 °C	< 30%	80%	95%
Na_2CO_3 a secco 300-400 °C	< 30%	50%	< 30%
NaHCO_3	Fino al 90% [*] in funzione del rapporto stechiometrico	50%	< 30%

[*] Si evidenzia che il raggiungimento di tali livelli di efficienza comporta, in molti casi, l'aumento del quantitativo di prodotti di reazione, superiore alle possibilità di riutilizzo, con conseguente necessità di conferimento in discarica.

F.4 Altri interventi di riduzione delle emissioni

Fusione elettrica

Con l'applicazione della fusione elettrica i livelli di emissione di inquinanti solidi e gassosi vengono sensibilmente ridotti, data l'assenza di combustione ed una drastica riduzione dei fenomeni di evaporazione dal bagno di vetro fuso.

Le polveri emesse derivano principalmente dallo spolverio della miscela vetrificabile in fase di caricamento; le emissioni di ossidi di azoto sono generate dalla decomposizione dei nitrati eventualmente presenti nella miscela vetrificabile.

La tecnologia del forno elettrico potrebbe quindi essere considerata come la BAT ideale per il settore.

Tuttavia, l'impiego della fusione elettrica ha forti limitazioni:

- Ridotta flessibilità nella produzione (il cavato del forno non può subire variazioni significative);
- La capacità dei forni elettrici è normalmente limitata a 50-70 t/giorno di vetro prodotto;

- La durata di un forno elettrico è nettamente inferiore a quella di un forno convenzionale.
-
-

Allo stato attuale non si conoscono tecniche alternative per la riduzione delle emissioni solide e gassose diverse da quelle già individuate nel documento di riferimento europeo BREF.

Sulla base delle caratteristiche degli impianti di produzione installati in Italia, in particolare della dimensione dei forni e delle tipologie di vetro prodotte, sono state individuate le migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento derivante dall'industria del vetro in Italia.

Allo scopo sono stati considerati i principi generali che stanno alla base della direttiva europea 96/61/CE, in particolare:

- Devono essere prese opportune misure di prevenzione dell'inquinamento, applicando in particolare le migliori tecniche disponibili.
- Deve essere evitata la produzione di rifiuti, in caso contrario i rifiuti sono recuperati, quando tecnicamente ed economicamente possibile, oppure eliminati evitandone o riducendone l'impatto sull'ambiente.
- L'energia deve essere utilizzata in modo efficace.
- Devono essere prese le misure necessarie per prevenire gli incidenti e limitarne le conseguenze.
- Le tecniche «disponibili» sono tali se sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, in questo caso l'industria del vetro, prendendo in considerazione i costi ed i vantaggi.

H.1 Migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di polveri

La filtrazione viene considerata come la migliore tecnica disponibile per la riduzione delle emissioni di polveri totali in atmosfera.

La filtrazione mediante filtro a maniche è ritenuta adatta per forni di piccola e media capacità produttiva, mentre la sua applicazione a forni di grandi capacità o per volumi elevati di fumi da trattare (più forni di media dimensione nello stesso sito produttivo) viene ritenuta economicamente incompatibile a causa degli elevati costi di gestione, ad eccezione dei forni Unit Melter ove è, comunque, sempre necessario il raffreddamento dei fumi.

La filtrazione mediante filtro elettrostatico è ritenuta adatta per forni di media ed elevata capacità produttiva o per elevati volumi di fumi da trattare. L'applicazione del filtro elettrostatico a forni di piccola dimensione viene ritenuta economicamente incompatibile a causa degli alti costi di investimento.

H.1.1 Applicazioni esistenti

- Sistema di filtrazione con filtro a maniche

Attualmente, in Italia, risultano in funzione n. 15 filtri a maniche, di cui n. 12 applicati su forni per vetro cavo, n. 1 per vetro borosilicato e n. 3 applicazioni su forni per la produzione di lana e filato di vetro.

Altri filtri di piccola dimensione sono utilizzati nei casi di vetri prodotti mediante forni elettrici, allo scopo di separare le polveri derivanti dallo spolverio della miscela vetrificabile e per l'eventuale rimozione degli inquinanti gassosi con reagenti alcalini (vetro opale, borosilicato, cristallo al piombo).

Più di 80 sistemi di filtrazione con filtro a maniche sono installati su impianti per la produzione di vetro artistico, anche di piccola dimensione, non sottoposti all'applicazione della direttiva europea 96/61/CE.

- Sistema di filtrazione con filtro elettrostatico

In Italia esistono n. 20 installazioni operative, di cui n. 6 applicate su forni per vetro piano, n. 13 su forni per vetro cavo ed un'installazione per vetro borosilicato.

H.2 Migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di ossidi di azoto (NOx)

Gli interventi primari sono considerati le migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di NOx, in quanto intervengono direttamente sui meccanismi di formazione degli inquinanti, limitandone l'emissione. Le migliori tecniche comprendono:

- Bruciatori a bassa emissione di NOx
- Modifica della geometria del forno, controllo dell'eccesso d'aria (Fenix, ecc.)
- Modifica della tecnologia di fusione (ossicombustione, fusione elettrica)

- Forni a bassa emissione di NOx (LoNOx, Flexmelter).

In generale, l'impiego di bruciatori a bassa emissione di NOx può essere effettuato su tutti i tipi di forno convenzionale a combustibile fossile; tuttavia per alcuni forni, in particolare per alcune tipologie di forni Side Port, la geometria degli stessi non consente l'utilizzo di bruciatori modificati per la riduzione delle emissioni di NOx. Normalmente, i migliori risultati si ottengono operando su un nuovo forno, potendo modificare contemporaneamente anche la geometria dei torrini (condotti di ingresso dell'aria di combustione e di uscita dei fumi) o altri parametri che influenzano la reazione di formazione di NOx.

Diversamente, l'applicazione di altre tecnologie (es. Fenix, ossicombustione, fusione elettrica, ecc.) può essere fatta solo considerando caso per caso il singolo impianto, valutando attentamente, oltre all'applicabilità dal punto di vista tecnico anche il rapporto costi/benefici, che può variare in modo significativo sulla base del tipo di vetro prodotto e della dimensione del forno.

Ad esempio, l'applicazione della tecnologia Fenix è attualmente limitata ai forni di tipo Side Port, per la produzione di vetro piano.

L'ossicombustione, a causa degli elevati costi di gestione (costo dell'ossigeno) può essere applicata a forni che producono vetro a più alto valore aggiunto (vetri borosilicati, vetro artistico, ecc.) e caratterizzati da elevati consumi energetici specifici (GJ/ton. vetro fuso).

Diversamente, l'applicazione di questa tecnologia alla produzione di vetro cavo e piano potrebbe essere giustificata solo da condizioni di fornitura dell'ossigeno particolarmente favorevoli, attualmente non prevedibili. Va infatti osservato che l'esistenza di applicazioni dell'ossicombustione in altri Paesi Europei non comporta la diretta trasposizione alle aziende nazionali delle stesse condizioni di fornitura dell'ossigeno, costo dell'energia elettrica e del combustibile, politica ambientale (accordi volontari, ecc.) che possono aver motivato l'applicazione in altri Paesi.

La fusione elettrica trova la sua applicazione principale per la produzione di vetri a più alto valore aggiunto e, spesso, caratterizzati da particolari problemi ambientali (es. emissioni di metalli: Pb, As; presenza di componenti volatili: composti del boro, ecc.). In generale, l'applicazione della fusione elettrica per forni aventi capacità > 70 t/giorno non è economicamente sostenibile.

I forni a bassa emissione di NOx (LoNOx e Flexmelter) hanno un'applicazione limitata, per la tipologia di forno a recupero di calore, caratterizzata da una capacità produttiva relativamente bassa ed un'efficienza energetica inferiore rispetto ai forni a rigenerazione. Questa tecnica di riduzione delle emissioni di NOx non è disponibile per forni di grande capacità.

Tra le tecniche di tipo secondario, rivolte alla rimozione delle emissioni di NOx presenti nei fumi, i sistemi di riduzione chimica mediante iniezione di combustibile fossile (reburning, 3R) consentono di raggiungere una buona efficienza di rimozione a costi accettabili, in particolare nel caso di forni per la produzione di vetro piano, dotati di caldaia per il recupero di calore dai fumi, con conseguente compensazione dell'aumento di consumi energetici. Diversamente, l'applicazione di questa tecnologia al settore del vetro cavo, comporterebbe un incremento dei consumi energetici dell'ordine del 6-10%.

I sistemi di riduzione chimica mediante iniezione di ammoniaca, comportano, in generale, costi di investimento e di gestione elevati, oltre a presentare un impatto ambientale dovuto alla gestione dello stoccaggio di ammoniaca. Per detti motivi, tali sistemi vengono considerati di difficile applicazione agli impianti di produzione esistenti in Italia.

Va osservato che in Europa risultano funzionanti solo pochi impianti che utilizzano la tecnologia SCR, in particolare due applicazioni nel settore del vetro piano.

Un solo impianto è attualmente funzionante su forni per vetro cavo. Un altro impianto è stato fermato dopo alcuni anni di funzionamento ed è stato sostituito con interventi di tipo primario.

La difficoltà di raggiungere e mantenere bassi livelli di emissioni di NOx ad un costo sostenibile, da parte delle aziende vetrarie produttrici di vetro a basso valore aggiunto (vetro sodico-calcico cavo e piano), ha orientato alcuni Paesi dell'Unione Europea, in particolare Olanda e Gran Bretagna, a richiedere una revisione in tempi brevi del documento di riferimento europeo BREF per l'industria del vetro, al fine di valutare, alla luce delle conoscenze attuali, i livelli di emissione raggiungibili e la reale applicabilità di alcune tecnologie inserite nel documento di riferimento europeo come BAT.

H.2.1 Applicazioni esistenti

- Modifica e controllo della combustione

Un numero significativo di aziende ha provveduto ad installare bruciatori a bassa produzione di NOx ed a controllare i parametri di combustione al fine di ridurre le emissioni di ossidi di azoto.

Gli interventi sono stati fatti a diversi livelli di efficienza. L'ottimizzazione delle modifiche apportate è tuttora in corso ma sta evidenziando valori di NOx confrontabili con i valori indicati dal documento di riferimento europeo BREF per l'industria del vetro.

- Forni a bassa emissione di NOx

Un'applicazione del forno Flexmelter è operativa per la produzione di vetro cavo.

- Ossicombustione

In Italia esistono n. 3 applicazioni dell'ossicombustione su forni industriali, n. 1 per la produzione di vetro cavo, n. 2 per vetro borosilicato (tubo e filato di vetro).

Nel settore del vetro artistico esistono n. 2 applicazioni su forni a vasca e su un forno a bacino di piccola dimensione.

- Forno elettrico

In Italia, la fusione totalmente elettrica viene impiegata per la produzione di vetro da tavola e profumeria (5 forni), per contenitori di vetro borosilicato (1 forno), per vetro opale (1 forno), per vetro al piombo (4 forni) e per la produzione di lana di vetro (1 forno).

- Processo 3R (Reburning)

In Italia esistono n. 2 applicazioni industriali del sistema 3R, ancora in fase sperimentale.

- Sistema SCR (riduzione catalitica selettiva)

È stato recentemente avviato ed è in corso di messa a regime un sistema di riduzione catalitica SCR, installato su un forno per la produzione di vetro piano.

H.3 Migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di SO_x ed altri inquinanti gassosi (HCl, HF)

La migliore tecnica per la riduzione delle emissioni di SO_x, HCl, HF è rappresentata dal trattamento fumi mediante reagente alcalino, con sistemi a secco o quasi-secco.

Il sistema a secco, con impiego di idrossido di calcio Ca(OH)₂ o bicarbonato di sodio NaHCO₃, è da ritenersi la tecnologia di più facile applicazione, con buone efficienze di rimozione.

La scelta del reagente dovrà essere operata caso per caso, tenendo in considerazione che ciascuna sostanza alcalina ha un'efficienza di rimozione diversa nei confronti di SO_x, HCl, HF.

Inoltre, dovrà essere considerata la quantità e la possibilità di re-impiego della polvere generata dal trattamento fumi, al fine di evitare la produzione di rifiuti solidi da smaltire in discarica.

H.3.1 Applicazioni esistenti

- Sistemi di rimozione degli inquinanti gassosi con reagenti alcalini

La quasi totalità dei sistemi di filtrazione applicati ai forni per vetro in Italia è dotata di una fase di trattamento fumi con reagente alcalino.

Il sistema maggiormente utilizzato è del tipo a secco, mediante idrossido di calcio Ca(OH)₂

Come già sottolineato, ad ogni BAT per la riduzione delle emissioni sono sempre associati vantaggi e svantaggi. Una descrizione sintetica dell'applicabilità delle BAT descritte per l'industria del vetro viene presentata nelle tabelle seguenti:

1.1 Polveri totali

Tecnologia	Applicabilità	Vantaggi	Svantaggi
Interventi primari			
Modifica miscela vetrificabile	Dipende dal tipo e dalla qualità di vetro richiesti	Non richiede modifiche al ciclo di produzione	Efficienza di riduzione limitata. Può comportare un aumento dei consumi energetici
Forno elettrico	Solo per forni di ridotta capacità, in genere, < 70 t/g Applicabile solo alla totale ricostruzione del forno		Ridotta flessibilità del forno e durata limitata. Consumo di energia elettrica con emissioni indirette.
Interventi secondari			
Filtro elettrostatico	Adatto per volumi fumi elevati	Basse perdite di carico Può operare a temperature relativamente elevate.	Efficienza che dipende da temperatura, umidità, volume fumi. Richiede uso di energia elettrica con emissioni indirette. Produzione di rifiuti solidi
Filtro a maniche	Non è consigliabile per volumi fumi elevati, ad eccezione dei forni Unit Melter	Elevata efficienza di abbattimento	Necessità di raffreddare i fumi. Alte perdite di carico, con consumo di energia elettrica. Emissioni indirette. Produzione di rifiuti solidi.

1.2 Ossidi di azoto (NOx)

Tecnologia	Applicabilità	Vantaggi	Svantaggi
Interventi primari			
Controllo e modifica della combustione	Si può applicare a tutti i forni convenzionali. Parzialmente applicabile al forno in marcia. La completa implementazione può avvenire alla ricostruzione del forno.	Possibile risparmio energetico.	Possibili emissioni di monossido di carbonio. Non elimina gli NOx da decomposizione dei nitrati
Sistema Fenix	Attualmente si applica solo per vetro piano alimentati ad olio combustibile. Si applica solo alla ricostruzione del forno	Possibile risparmio energetico	Non elimina gli NOx da decomposizione dei nitrati
Forni a bassa emissione di NOx	Solo per alcuni tipi di vetro. Capacità del forno limitata. Richiede la completa ricostruzione del forno	Possibile risparmio energetico rispetto a forni della stessa tipologia (a recupero di calore)	Non elimina gli NOx da decomposizione dei nitrati
Ossicombustione	L'applicazione su forni esistenti è possibile ma con efficienze non ottimali. La completa implementazione richiede la ricostruzione del forno. Limitato campo di applicazione per diversi tipi di vetro.	Possibile risparmio energetico	Consumo di energia elettrica per la produzione di ossigeno, con emissioni indirette. Non elimina gli NOx da decomposizione dei nitrati
Forno elettrico	In genere, per forni di ridotta capacità < 70 t/g Applicabile solo alla totale ricostruzione del forno		Ridotta flessibilità del forno e durata limitata. Consumo di energia elettrica con emissioni indirette. Non elimina gli NOx prodotti dalla eventuale decomposizione dei nitrati.
Interventi secondari			
Reburning/3R	Applicabile ai forni a rigenerazione		Comporta un aumento dei consumi

SNCR	Applicabile solo ai forni a recupero di calore e particolare tipologie di forni a rigenerazione	energetici (iniezione di combustibile) e maggiore usura dei refrattari Possibili emissioni di NH ₃ non reagita. Rischi da stoccaggio ammoniacale (possibile classificazione Seveso bis)
SCR	Non sperimentato per vetri borosilicati (lana, filato) e vetri per uso domestico. Numero limitato di applicazioni all'industria del vetro: non completamente implementato	Possibili emissioni di NH ₃ non reagita. Rischi da stoccaggio ammoniacale. Rifiuti solidi da sostituzione catalizzatore (possibile classificazione Seveso bis)

1.3 Ossidi di zolfo (SO_x), cloruri e fluoruri gassosi (HCl, HF)

Tecnologia	Applicabilità	Vantaggi	Svantaggi
<i>Interventi primari</i>			
Miglioramento qualità materie prime e rottame prime pure	Difficoltà di reperimento di materie prime pure		
Modifica del tipo di combustione	Difficoltà di approvvigionamento di gas naturale in alcune aree geografiche		Possibile aumento delle emissioni di NO _x
<i>Interventi secondari</i>			
Trattamento fumi con reagente alcalino	Solo accoppiato ad un sistema di filtrazione delle polveri	In alcuni casi è possibile il riutilizzo delle polveri in sostituzione di una materia prima	Elevata produzione di polveri (rifiuti solidi). Consumo di minerali

1.4 Applicazione delle BAT agli impianti esistenti

Come già indicato, in Italia numerose installazioni per la produzione di vetro hanno già adottato sistemi di controllo delle emissioni, rispondenti alle definizioni di BAT secondo la direttiva europea 96/61/CE. In particolare, su un totale di 54 impianti sottoposti all'applicazione della direttiva, n. 37 impianti hanno già applicato le migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di polveri totali e, contemporaneamente hanno provveduto ad utilizzare sistemi per la riduzione delle emissioni di SO_x, HCl, HF.

Polveri totali

Le aziende che necessitano di applicare le BAT per la riduzione delle emissioni di polveri totali sono, per la quasi totalità, produttrici di vetro cavo, con forni di capacità medio/piccola.

L'applicabilità dei sistemi di filtrazione non dovrebbe presentare problemi specifici, se non l'eventuale carenza di spazio per alcuni stabilimenti.

I tempi di realizzazione degli impianti possono essere in linea con la scadenza prevista dalla direttiva europea, data attualmente fissata al 30.10.2007.

Si fa rilevare che, in qualche caso, a causa dello spazio limitato a disposizione o di altre costrizioni di tipo geometrico, potrebbe essere necessario, fermo restando i limiti previsti per l'adeguamento, far coincidere l'installazione del sistema di filtrazione con la ricostruzione del/i forno/i per evitare eventuali interruzioni della produzione o altri problemi di gestione degli impianti.

Ossidi di zolfo (SO_x), cloruri e fluoruri gassosi (HCl, HF)

Normalmente, l'applicazione delle migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di SO_x, HCl, HF viene effettuata congiuntamente alla scelta ed all'installazione del filtro per la riduzione delle emissioni di polveri. Infatti, l'aggiunta di reagenti alcalini per la rimozione degli inquinanti gassosi comporta un sensibile aumento delle concentrazioni di polveri totali nei fumi, con conseguente necessità di utilizzare un sistema di filtrazione per la loro rimozione.

D'altra parte, nella maggior parte dei casi è necessario trattare i fumi prima di procedere alla filtrazione delle polveri, al fine di evitare possibili fenomeni di corrosione dei materiali utilizzati per la costruzione dei filtri (piastre metalliche, tessuto delle maniche filtranti, ecc.).

Va osservato che, in particolare per i forni adibiti alla produzione di contenitori, le emissioni di SO_x, a parità di altre condizioni, possono variare in modo significativo in funzione della colorazione del vetro (verde ossidato, verde ridotto, bianco, mezzo bianco, ambra) e della quantità di rottame impiegata. E' quindi necessario trovare un giusto compromesso tra la riduzione delle emissioni e la quantità di reagente da utilizzare nel sistema, al fine di evitare una sovra-produzione di polveri.

Ossidi di azoto (NO_x)

L'applicazione delle migliori tecnologie per la riduzione delle emissioni di NO_x riguarda la maggior parte degli impianti per la produzione di vetro, con particolare riferimento ai forni del tipo a rigenerazione (End Port e Side Port).

Come già detto, le tecniche che potranno essere applicate sono prevalentemente di tipo primario, le quali, attraverso il controllo dei parametri che regolano la combustione, permettono di raggiungere, in molte occasioni, concentrazioni di NO_x confrontabili con i livelli indicati nel documento di riferimento europeo BREF, garantendo al tempo stesso un rapporto costi/benefici accettabile per l'industria del vetro, in particolare per i prodotti a basso valore aggiunto.

Diversi impianti hanno già sostituito i bruciatori convenzionali con altri di nuova tecnologia, a bassa produzione di NO_x. In alcuni casi, in occasione del rifacimento del forno ne è stata modificata la geometria allo scopo di limitare la formazione di NO_x. In molte di queste situazioni la fase di ottimizzazione della gestione del sistema di combustione non è ancora stata completata, in quanto è necessario adattare il sistema alle diverse condizioni di esercizio del forno (variazione di cavato, diverse percentuali di rottame) al fine di raggiungere e mantenere livelli di emissione i più bassi possibili.

In molti altri casi, sarà necessario intervenire durante la fase di ricostruzione del forno, per poter apportare le modifiche necessarie al raggiungimento di livelli di emissione compresi tra 800 e 1800

mg/Nm³, in funzione del tipo di forno e di combustibile, con i valori più alti relativi a forni di tipo Side Port alimentati a metano.

Il raggiungimento di valori di emissione inferiori comporterebbe l'adozione di misure secondarie (riduzione chimica con ammoniaca) che, come è già stato detto, in generale, comportano costi di investimento e di gestione particolarmente elevati soprattutto per impianti che producono una tipologia di vetro a basso valore aggiunto (contenitori, vetro piano) e rappresentano tecnologie non ancora consolidate sul piano industriale per il settore del vetro cavo.

L'applicazione del processo 3R può essere effettuata solo a fine campagna del forno, in fase di ricostruzione. Essa richiede una fase di messa a punto allo scopo di ottimizzare la quantità di combustibile fossile da iniettare nelle camere di rigenerazione ed un'efficienza di riduzione accettabile. Anche in questo caso è necessario raggiungere un buon compromesso tra l'aumento dei consumi energetici (combustibile iniettato), con conseguente emissione di CO₂, e la riduzione delle emissioni di NOx.

La fusione elettrica utilizzata come migliore tecnologia per la riduzione delle emissioni di NOx, richiede una completa ricostruzione del forno e, come già detto, è applicabile solo per forni di piccola capacità, per la produzione di vetri a più alto valore aggiunto.

Un'efficace applicazione dell'ossicombustione richiede la completa ricostruzione del forno, con la modifica della camera di combustione, la sostituzione dei bruciatori, l'utilizzo di materiali refrattari di elevata qualità, ecc. Come già illustrato, l'applicazione di questa tecnologia è attualmente indirizzata a forni caratterizzati da elevati consumi energetici specifici, adibiti alla produzione di vetro a più alto valore aggiunto; essa deve comunque essere valutata caso per caso, sulla base delle particolari condizioni che possono influenzare e determinare una possibile applicabilità al sito in esame.

Le seguenti tabelle riassumono i dati economici delle diverse tecnologie descritte e le possibili limitazioni alle loro applicazioni.

J.1 Polveri totali

Tecnologia	Costi di investimento	Costi di esercizio	Osservazioni
<i>Interventi primari</i>			
Modifica miscela verificabile	Trascurabili	Bassi	Bassa efficienza di riduzione delle emissioni
Forno elettrico	Elevati ma comunque inferiori ad un forno tradizionale di pari capacità	Dipendono dal costo dell'energia elettrica, fino a 4-5 volte superiore al costo del combustibile fossile	Migliore efficienza termica del forno rispetto alla fusione convenzionale

***Interventi
secondari***

Filtro elettrostatico	Da 0.8 a 3.5 milioni euro per forni da 50 a 600 t/g di vetro	Da 0.1 a 0.4 milioni euro/anno, per forni da 50 a 600 t/g di vetro
Filtro a maniche	Fino a 1.5 milioni euro, per forni di media capacità	Da 0.1 a 0.5 milioni euro/anno, per forni di media capacità

J.2 Ossidi di zolfo (SO_x), cloruri e fluoruri gassosi (HCl, HF)

Tecnologia	Costi di investimento	Costi di esercizio	Osservazioni
<i>Interventi secondari</i>			
Trattamento fumi con reagenti alcalino	Vedi Polveri totali	Fino a 0.15 milioni euro/anno + costi relativi al sistema di filtrazione ed all'eventuale smaltimento delle polveri	Il costo del bicarbonato di sodio è significativamente superiore a quello dell'idrossido di calcio

J.3 Ossidi di azoto (NO_x)

Tecnologia	Costi di investimento	Costi di esercizio	Osservazioni
<i>Interventi primari</i>			
Controllo e modifica della combustione	Da 0.1 a 0.6 milioni euro, per bruciatori a bassa emissione di NO _x ; da 0.1 a 0.2 milioni euro, per sistemi di controllo	0.1 milioni euro/anno	Non applicabile per alcuni tipi di forno Side Port
Sistema Fenix	Circa 0.7 milioni euro. È richiesto il 0.1 milioni euro/anno pagamento di licenza.		Sistema attualmente sperimentato solo su forni per vetro piano. Consente un risparmio energetico. Maggiore usura refrattari
Forni a bassa emissione di NO _x	Fino a 1.8 milioni □ di costi aggiuntivi rispetto ai forni convenzionali	0.1 milioni euro/anno	Maggiore usura refrattari. L'applicazione è attualmente limitata a pochi esemplari
Ossicombustione	In genere, i costi di investimento sono inferiori ai forni tradizionali, per l'eliminazione del sistema di preriscaldamento dell'aria. Costo dei bruciatori 0.3 - 0.5 milioni euro in più rispetto a bruciatori tradizionali.	Elevati, in funzione del costo dell'ossigeno. Esso comprende anche i costi di investimento per l'impianto di produzione che normalmente viene dato in «uso» dalla stessa ditta fornitrice dell'ossigeno	Si possono realizzare risparmi energetici, in particolare per forni di piccola capacità e per tipologie di vetro ad elevato consumo energetico
Forno elettrico	Vedi Polveri Totali	Vedi Polveri totali	
<i>Interventi secondari</i>			
Reburning/3R	Da 0.3 a 0.8 milioni euro, per forni da circa 100 a 500 t/giorni. È previsto il pagamento di licenza	0.5-1.5 euro/t vetro, in funzione della presenza o meno di recupero di calore	Applicato solo a forni di tipo Side Port. Comporta un aumento dei consumi energetici (iniezione di combustibile) e maggiore usura dei refrattari
SNCR	Da 0.2 a 1.3 milioni euro per forni da circa 50 o 600 t/giorno.	Da 0.03 a 0.3 milioni euro/anno, per forni da circa 50 a 600 t/giorno.	Applicazione limitata a forni a recupero e particolari tipologie di forni a rigenerazione
SCR	Da 1.0 a 4.5 milioni euro, per forni	Da 0.07 a 0.5 milioni euro/anno,	Tecnologia non ancora

da circa 50 a 600 t/giorno.

per forni da circa 50 a 600 t/giorno.completamente consolidata
per forni per vetro

L'individuazione delle migliori tecniche disponibili e l'analisi dell'applicabilità e di utilizzazione delle stesse sono state fatte sulla base dei seguenti criteri principali:

- La tipologia dei vetri prodotti dalle aziende italiane, prevalentemente a basso valore aggiunto (cavo e piano), con circa il 90% di vetro sodico-calcico. Altri Paesi europei, in particolare la Germania, presentano produzioni importanti di vetri speciali (schermi TV e tubi catodici, vetri per ottica; lampadine, ecc.) che oltre ad essere caratterizzati da un alto valore aggiunto, sono associati ad un impatto ambientale significativo, in particolare per le elevate emissioni di NOx, di metalli pesanti, ecc. derivanti dal ciclo di produzione di questi tipi di vetro.
- La dimensione dei forni utilizzati per la produzione e la collocazione geografica degli stessi. Infatti, in Italia, a differenza di altri Paesi Europei è molto diffusa la presenza di:
 - Forni di piccola o media dimensione situati singolarmente in località non prettamente industriali, con conseguente limitazione all'applicazione di alcune tecniche per la riduzione delle emissioni, che possono comportare impatti ambientali elevati (es. stoccaggio ammoniaca), oppure costi troppo elevati se applicate a volumi di fumi relativamente bassi. Diversamente dall'Italia, in altri Paesi europei è molto diffusa la presenza di 4-5 forni nello stesso insediamento industriale, con sinergie decisamente vantaggiose per l'applicazione di alcune tecnologie altrimenti troppo costose.
 - Gli stabilimenti di produzione del vetro, in molti casi, sono inseriti in aree dallo spazio limitato che non sempre consentono una libera scelta delle tecnologie da adottare.
 - Il 70% circa dell'energia impiegata per la produzione di vetro da parte delle aziende italiane è rappresentato da gas naturale (metano). Questa scelta operata nel corso degli anni ha portato ad un sensibile contenimento delle emissioni di SOx ma, per contro, a più elevate concentrazioni di NOx, rispetto ai forni alimentati ad olio. Il confronto tra i livelli di NOx raggiunti o raggiungibili dagli altri Paesi europei che utilizzano diffusamente olio combustibile per la fusione è quindi difficile da sostenere in quanto i livelli di partenza sono sostanzialmente diversi.
- I consumi energetici delle aziende italiane, espressi per tonnellata di vetro fuso, si attestano tra i valori più bassi dell'Unione Europea; ciò a causa dell'elevato costo dell'energia che caratterizza l'Italia e che ha costretto le aziende a ridurre drasticamente i consumi per poter essere competitive sul mercato europeo. Questo aspetto limita fortemente l'applicazione di tecnologie che richiedono impieghi energetici significativi, in particolare l'ossicombustione.
- Le tecnologie disponibili sono state esaminate in tutti gli aspetti che concorrono ad una valutazione dell'impatto ambientale globale, in particolare:
 - Il miglioramento ambientale raggiungibile.

- Le emissioni indirette associate all'uso della tecnologia (consumi di energia elettrica).
- L'utilizzo di risorse naturali (materie prime, acqua).
- L'utilizzo di sostanze ad impatto ambientale significativo (ammoniaca).
- La produzione di rifiuti solidi (polveri da filtrazione, catalizzatore da SCR, ecc.) e/o liquidi, privilegiandone il riciclo.
- Una tecnologia applicata con successo ad un settore dell'industria del vetro o ad una particolare tipologia di forno, non necessariamente può essere estesa ad altri settori o a tutti i tipi di forno. Le motivazioni di tali limitazioni possono essere diverse:
 - Incompatibilità chimica tra componenti della tecnologia e la formulazione del vetro prodotto. Ad esempio, componenti della miscela vetrificabile che possono avvelenare il catalizzatore (SCR), oppure che possono corrodere gli elettrodi (forno elettrico), ecc.
 - Tipologia del forno utilizzato che non consente l'applicazione della tecnologia con efficienze di riduzione accettabili (es. SNCR su forni a rigenerazione), oppure a causa di costrizioni di tipo strutturale (es. Reburning/3R e sistema Fenix non applicabili su forni di tipo recuperativo).
 - Costi di investimento e/o di gestione troppo elevati per le tipologie di vetro a basso valore aggiunto (es. ossicombustione per vetro cavo e piano), oppure per forni di dimensioni non compatibili con la tecnologia prescelta (es. forno elettrico per produzioni > 70 - 150 t/giorno; forni a bassa emissione di NOx per grandi capacità produttive > 200 t/giorno, ecc.).
 - L'applicazione di una particolare tecnologia all'industria del vetro effettuata in altri Paesi europei non necessariamente si traduce nella sua completa implementazione a tutto il settore. Ad esempio, la tecnologia SCR è stata applicata in Germania prevalentemente su forni adibiti alla produzione di vetri speciali, caratterizzati da emissioni iniziali di NOx particolarmente elevate, > 4000 mg/Nm³; la stessa tecnologia è stata applicata al settore del vetro cavo solo in pochi casi ed almeno un'applicazione ne è stata interrotta.
 - La stessa tecnologia applicata a forni di tipo diverso, oppure a forni della stessa tipologia ma alimentati da combustibile differente (metano o olio) comporta il raggiungimento di livelli di emissione sostanzialmente diversi, in funzione dei valori iniziali. Ad esempio, un intervento di tipo primario per la riduzione degli NOx applicato ad un forno Side Port alimentato a metano non consente il raggiungimento dei livelli di emissione ottenibili dallo stesso tipo di forno alimentato con olio combustibile, oppure da un forno End Port, a parità di combustibile impiegato.
 - Tra le tecnologie disponibili, individuate per l'applicazione all'industria vetraria italiana, sono presenti anche tecniche che non sono ancora state implementate completamente (es. sistema Fenix), oppure che hanno avuto applicazione solo in un particolare settore (es. sistema 3R, applicato ai forni per vetro piano). La loro individuazione deriva dalla conoscenza dei risultati raggiunti con le applicazioni esistenti e dalla volontà delle aziende che hanno sperimentato tali tecnologie di procedere alla loro applicazione anche agli stabilimenti che le stesse controllano sul territorio nazionale.
 - I criteri di individuazione delle tecniche disponibili sono stati dettati da aspetti prevalentemente tecnici ma anche da considerazioni di tipo economico, in particolare per i sistemi di controllo delle emissioni di NOx, dove l'adozione di misure primarie (controllo dei parametri di combustione) è

normalmente meno costosa e può portare a risultati confrontabili a quanto ottenibile con sistemi secondari (3R, SCR, SNCR), con un bilancio ambientale globale più favorevole (possibilità di risparmio energetico, mancato utilizzo di sostanze impattanti per l'ambiente, NH₃, ecc.). La scelta delle tecniche per il contenimento delle emissioni di polveri, SO_x ed altri inquinanti gassosi non ha presentato situazioni ove il confronto tra le misure primarie (modifica della miscela vetrificabile, miglioramento della qualità delle materie prime impiegate) e gli interventi di tipo secondario (filtrazione e trattamento fumi con reagente alcalino) potesse presentare efficienze di rimozione confrontabili.

Sulla base dei criteri indicati ai punti precedenti, sono state individuate le seguenti tecniche per ciascun settore:

K.1 Tabelle riassuntive delle migliori tecniche individuate per ciascun settore

Settore	BAT per Polveri	BAT per NO_x	BAT per NO_x, HCl, HF
Vetro cavo	Filtro a maniche Per volumi fumi < 30000 Nm³/h o per forni Unit Melter Filtro elettrostatico Per volumi fumi > 20000 Nm³/h Forno elettrico - Solo per vetri ad alto valore aggiunto. Per forni < 70 t/g	Bruciatori a bassa emissione di NO_x. Applicabili ad alcune tipologie di forno Modifica geometria forno - Applicabile ad alcune tipologie di forno in fase di ricostruzione Controllo eccesso d'aria - Applicabile a tutti i tipi di forno Forni a bassa emissione di Nox (Flexmelter, LoNOx) - Solo per forni recuperativi, per capacità produttive < 300 t/g Forno elettrico - Solo per vetri ad alto valore aggiunto. Per forni < 70 t/g Ossicombustione - Applicabile solo per particolari condizioni di fornitura dell'ossigeno, a causa dei costi energetici elevati (costo dell'ossigeno) Riduzione catalitica SCR Forti limitazioni di applicabilità al settore. Vedi Tabelle I.2 e J.3 Riduzione non catalitica SNCR. Applicabile solo a forni del tipo a recupero di calore ed a particolari condizioni di temperatura dei fumi. Vedi Tabelle I.2 e J.3 Reburning/3R - Forti limitazioni di applicabilità a causa dell'aumento dei consumi energetici. Vedi Tabelle I.2 e J.3	Trattamento fumi con reagente alcalino - Applicabile solo a forni con sistema di filtrazione delle polveri
Settore	BAT per Polveri	BAT per NO_x	BAT per SO_x, HCl, HF
Vetro piano	Filtro elettrostatico Per volumi fumi > 20000 Nm³/h	Bruciatori a bassa emissione di NO_x. Applicabili ad alcune tipologie di forni Modifica geometria forno Applicabile alla ricostruzione del forno Controllo eccesso d'aria - Applicabile a tutti i tipi di forno Sistema Fenix Applicabile a forni a fiamme trasversali, con combustione ad olio Reburning, 3R Applicabile a forni con camere	Trattamento fumi con reagente alcalino Applicabile solo a forni con sistema di filtrazione delle polveri

di rigenerazione, preferibilmente dotati di caldaia per il recupero di calore
SCR (Riduzione selettiva con catalizzatore) La tecnica è applicata ad un solo forno per vetro piano in Europa

Settore	BAT per Polveri	BAT per NOx	BAT per SOx, HF, HCl
Vetro borosilicato (tubo e contenitori)	Filtro a maniche Per volumi fumi < 30000 Nm ³ /h	Bruciatori a bassa emissione di NOx - Applicabili ad alcune tipologie	Trattamento fumi con reagente alcalino Applicabile solo a forni con sistema di filtrazione delle polveri
	Filtro elettrostatico Per volumi fumi > 20000 Nm ³ /h	Modifica geometria forno - Applicabile ad alcune tipologie di forno	
	Forno elettrico Solo per forni < 70 t/g	Controllo eccesso d'aria - Applicabile a tutti i tipi di forno Forno elettrico Solo per forni < 70 t/g Ossicombustione Non elimina gli NOx da nitrati della miscela vetrificabile	
Settore Filato e lana di vetro	Filtro a maniche Per volumi fumi < 30000 Nm ³ /h	Bruciatori a bassa emissione di NOx - Applicabili ad alcune tipologie di forni	Trattamento fumi con reagente alcalino Applicabile solo a forni con sistema di filtrazione delle polveri
	Filtro elettrostatico Per volumi fumi > 20000 Nm ³ /h	Modifica geometria forno - Applicabile ad alcune tipologie di forno	
	Forno elettrico Solo per forni < 150 t/g	Controllo eccesso d'aria - Applicabile a tutti i tipi di forno Forno elettrico - Solo per forni < 150 t/g Ossicombustione - Non elimina gli NOx da nitrati della miscela vetrificabile	
Settore Vetro al piombo	Filtro a maniche Per volumi fumi < 30000 Nm ³ /h	Bruciatori a bassa emissione di Nox Applicabili ad alcune tipologie di forni	Trattamento fumi con reagente alcalino Applicabile solo a forni con sistema di filtrazione delle polveri
	Forno elettrico Solo per forni < 70 t/g	Modifica geometria forno Applicabile ad alcune tipologie di forno Controllo eccesso d'aria Applicabile a tutti i tipi di forno Forno elettrico - Solo per forni < 70 t/g Ossicombustione - Non elimina gli NOx da nitrati della miscela vetrificabile	
Settore Vetro artistico	Filtro a maniche Per volumi fumi < 30000 Nm ³ /h	Bruciatori a bassa emissione di NOx Applicabili ad alcune tipologie di forni	Trattamento fumi con reagente alcalino Applicabile solo a forni con sistema di filtrazione delle polveri
		Controllo eccesso d'aria Applicabile a tutti i tipi di forno Ossicombustione - Non elimina gli NOx da nitrati della miscela vetrificabile	

K.2 Tabelle riassuntive delle prestazioni attese dall'applicazione delle migliori tecniche individuate per ciascun settore

I livelli prestazionali possono essere indicati sia in termini di concentrazioni (mg/Nm³) che come fattori di emissione (kg/t).

Nel caso di forni a combustibile fossile ed aria, può essere determinato un fattore di conversione tra le due unità di misura, mentre per i forni elettrici ed i forni ad ossicombustione tale conversione risulta più complessa.

Va osservato che i livelli prestazionali espressi come fattore di emissione (kg/t) dipendono da numerosi parametri, tra i quali:

- Consumo energetico specifico (GJ/t.)
- Produzione specifica del forno (tonnellate/m² superficie forno)
- Percentuale di rottame utilizzata
- Tipologia di vetro prodotto
- Mix energetico utilizzato (solo combustibile fossile, fossile + energia elettrica)
- Tipo di combustibile (metano, olio)
- Età del forno
- Tipo di forno.

Per i suddetti motivi possono essere assunti quali valori di riferimento le emissioni espresse in concentrazione oppure, in alternativa i fattori di emissione espressi per unità di vetro fuso, ma i due valori non presentano un fattore di conversione fisso e, pertanto, non possono essere considerati contemporaneamente come livelli di riferimento. Va osservato che, a parità di altre condizioni, i fattori di emissione e, conseguentemente, i fattori di conversione da mg/m³ a kg/t vetro fuso variano notevolmente in particolare con l'età del forno ed il cavato (t/g); il confronto tra due forni con caratteristiche non omogenee comporta sostanziali difficoltà interpretative.

I valori presentati nelle seguenti tabelle si riferiscono ai livelli prestazionali attesi dall'applicazione delle BAT, individuati in base all'osservazione di dati reali derivanti da applicazioni esistenti.

I valori di emissione espressi in concentrazione (mg/Nm³) risultano mediamente più elevati rispetto a quanto riportato nel documento di riferimento europeo BREF, principalmente quale conseguenza di consumi energetici generalmente bassi e, quindi, di una contrazione del volume dei fumi di combustione emessi in atmosfera.

K.2.1. Vetro cavo

Inquinante/tipo di forno	BAT individuata/campo di applicazione	Livelli prestazionali attesi	
		mg/Nm ³	Kg/ton. vetro fuso
<i>Polveri totali</i>	Filtro a maniche	5-30	0.01-0.05
	Filtro elettrostatico	20-50	0.03-0.08
	Forno elettrico		< 0.05
<i>Ossidi di azoto</i>	Bruciatori LowNOx e/o controllo combustione		
	Forni End Port	800-1200	1.5-2.2

	Forni Unit Melter	800-1000	1.5-1.8
	Forni Side Port	1500	< 2.7
	Vetri con nitrati nella miscela vetrificabile	< 2000	< 5
	Forni a bassa emissione di NOx (LoNOx, Flexmelter)	700-900	1.0-1.4
	<i>Ossicombustione</i>		0.5-1.5
	Forno elettrico		<1
Ossidi di zolfo			
Forni a metano [*]	Trattamento fumi con reagente alcalino		
	Vetri per uso domestico	300-500	0.8-1.3
	Vetro cavo tradizionale (bottiglie, vasi, ecc.)	500-800	0.8-1.2
Forni ad olio [*]	Trattamento fumi con reagente alcalino		
	Vetro cavo tradizionale (bottiglie, vasi, ecc.)	1400-1700	2.1-2.5

[*] I valori più elevati si riferiscono ad impianti che effettuano il riciclo delle polveri nella miscela vetrificabile alimentata al forno fusorio. Va osservato che la possibilità di riciclare le polveri al forno dipende dalla tipologia del vetro prodotto.

K.2.2. Vetro piano

Inquinante/tipo di forno	BAT individuata/campo di applicazione	Livelli prestazionali attesi	
		mg/Nm ³	Kg/ton. vetro fuso
Polveri totali	Filtro elettrostatico	20-50	0.05-0.13
Ossidi di azoto	<i>Bruciatori LowNOx e/o controllo combustione</i>		
	Forni Side Port	1200-1500	3.0-3.8
	Sistema Fenix	< 800	< 2
	Forni ad olio		
	Sistema 3R	< 800	< 2
	<i>Sistema SCR</i>	< 800	< 2
Ossidi di zolfo			
Forni a metano [*]	Trattamento fumi con reagente alcalino	200-500	0.5-1.3
Forni ad olio [*]	Trattamento fumi con reagente alcalino	1200-1400	3.0-4.0

[*] I valori più elevati si riferiscono ad impianti che effettuano il riciclo delle polveri nella miscela vetrificabile alimentata al forno fusorio. Va osservato che la possibilità di riciclare le polveri al forno dipende dalla tipologia del vetro prodotto.

K.2.3. Vetro borosilicato (tubo e cavo)

Inquinante/tipo di forno	BAT individuata/campo di applicazione	Livelli prestazionali attesi	
		mg/Nm ³	Kg/ton. vetro fuso
Polveri totali	Filtro a maniche	10-30	0.04-0.12
	Filtro elettrostatico	20-50	0.12-0.30
	Forno elettrico		< 0.05
Ossidi di azoto	<i>Bruciatori LowNOx e/o controllo combustione</i>		
	Forni End Port	800-1200	3.2-4.8
	Forni Unit Melter	600-800	2.4-3.2
	Forni Side Port	800-1200	3.2-4.8
	Forni a bassa emissione di NOx (LoNOx, ecc.)	700-900	1.0-1.4
	<i>Ossicombustione</i>		
	Vetri senza uso di nitrati		2-3
	Vetri con uso di nitrati (*)		10-20
	Forno elettrico		< 1
Ossidi di zolfo			
Forni a metano	Trattamento fumi con reagente alcalino	< 100	< 0.4

[*] I valori si riferiscono a forni i cui fumi risultano convogliati insieme ad altri derivanti da produzioni esenti da nitrati, conseguentemente la concentrazione ed il fattore di emissione medi risultano significativamente inferiori rispetto ai valori indicati in tabella.

K.2.4. Vetro borosilicato (lana e filato)

Inquinante/tipo di forno	BAT individuata/campo di applicazione	Livelli prestazionali attesi	
		mg/Nm ³	Kg/ton. vetro fuso
Polveri totali	Filtro a maniche	10-30	0.05-0.14
	Forno elettrico		< 0.1
Ossidi di azoto	<i>Bruciatori LowNOx e/o controllo combustione</i>		
	Forni Unit Melter	600-1000	2.7-4.5
	<i>Ossicombustione</i>		
	Forno elettrico		< 1.5
	Vetri senza uso di nitrati		< 1
	Vetri con uso di nitrati		< 2
Ossidi di zolfo			
Forni a metano	Trattamento fumi con reagente alcalino	< 800	< 3.6

K.2.5. Vetro al piombo

Inquinante/tipo di forno	BAT individuata/campo di applicazione	Livelli prestazionali attesi	
		<i>mg/Nm³</i>	<i>Kg/ton. vetro fuso</i>
<i>Polveri totali</i>	Filtro a maniche Forno elettrico	5-30	0.02-0.09 < 0.05
<i>Ossidi di azoto</i> Forni a metano	<i>Bruciatori LowNOx e/o controllo combustione</i>	600-800	1.8-2.4
	Ossicombustione		< 1.5
	<i>Forno elettrico</i>		
	Vetri senza uso di nitrati Vetri con uso di nitrati		< 1 < 2
<i>Ossidi di zolfo</i> Forni a metano	Trattamento fumi con reagente alcalino	< 200	< 0.6

K.2.6. Vetro artistico

Inquinante/tipo di forno	BAT individuata/campo di applicazione	Livelli prestazionali attesi	
		<i>mg/Nm³</i>	<i>Kg/ton. vetro fuso</i>
<i>Polveri totali</i>	Filtro a maniche	5-40	0.02-0.16
<i>Ossidi di azoto</i> <i>Forni a metano</i>	<i>Bruciatori LowNOx e/o controllo combustione</i>		
	Vetri senza uso di nitrati	600-800	2.4-3.2
	Vetri con uso di nitrati	1500-2000	6.0-8.0
	<i>Ossicombustione</i>		
	Vetri senza uso di nitrati Vetri con uso di nitrati		< 2 < 4
	<i>Forno elettrico</i>		
	Vetri senza uso di nitrati Vetri con uso di nitrati		< 1 < 4
<i>Ossidi di zolfo</i> Forni a metano	Trattamento fumi con reagente alcalino	< 200	< 0.8

La verifica dei livelli di emissione, associati al ciclo di produzione del vetro e delle prestazioni dei sistemi installati per il contenimento delle emissioni, può essere effettuata utilizzando diversi metodi, che possono essere impiegati singolarmente o in combinazione:

- Controllo dei parametri critici del sistema di filtrazione e trattamento fumi, al fine di verificarne il buon funzionamento:

- Perdita di carico del filtro a maniche

- Tensione, corrente, numero di scariche del filtro elettrostatico

- Controllo periodico delle emissioni mediante misure discontinue, compresa la misura dei parametri accessori:

- Velocità e volume fumi

- Temperatura fumi

- Umidità

- Ossigeno

- Anidride carbonica

- Monossido di carbonio

- Polveri totali

- Ossidi di azoto (NO_x)

- Ossidi di zolfo (SO_x)

- Cloruri gassosi (HCl)

- Fluoruri gassosi (HF)

- Misura in continuo degli inquinanti principali e dei parametri accessori, quali in generale:

- Polveri totali

- Biossido di zolfo (SO₂)

- Ossidi di azoto (NO_x)

- Ossigeno

- Bilancio di massa per la stima di alcune sostanze inquinanti o di altre grandezze:

- Ossidi di zolfo (SO_x)

- Volume fumi

- Umidità fumi.

L.1. Controllo dei parametri critici del sistema di trattamento fumi.

Le aziende dotate di impianti di filtrazione e trattamento fumi predispongono un piano di controllo dei parametri critici del sistema, programmando la manutenzione ordinaria dell'impianto (pulizia, verifica degli elementi maggiormente deteriorabili, ecc.).

I parametri individuati quali indicatori del possibile cattivo funzionamento del sistema vengono riportati con la frequenza ritenuta necessaria (giornalmente, settimanalmente) su apposito registro.

Dall'osservazione dei dati, potrà essere evidenziato il progressivo decadimento del sistema oppure un suo cattivo funzionamento, predisponendo di conseguenza una manutenzione straordinaria.

L.2. Controllo periodico delle emissioni mediante misure discontinue.

Le aziende programmano una serie di misure ai diversi punti di emissione, nel rispetto della frequenza richiesta dalla propria autorizzazione ambientale e/o in base ad un piano aziendale di controllo.

Sulla base delle caratteristiche qualitative e quantitative delle emissioni derivanti dalle diverse fasi del ciclo di produzione, è proposta la seguente frequenza minima dei controlli periodici:

- Sorgenti di emissione minori (movimentazione e stoccaggio materie prime, trattamenti a caldo del vetro, ecc.): frequenza annuale.
- Forno/i di fusione del vetro, in assenza di sistemi di monitoraggio in continuo degli inquinanti principali: frequenza annuale o semestrale.
- Emissioni derivanti da operazioni di apprettatura, essiccazione, ecc. del vetro borosilicato (lana e filato): frequenza semestrale.

I metodi consigliati per il prelievo e le analisi dei campioni necessari alla misura delle emissioni solide e gassose sono i seguenti:

L.2.1 Metodi consigliati per la misura delle emissioni solide e gassose

Parametro	Principio di misura	Metodo di riferimento
Velocità e portata fumi	Tubo di Pitot o Darcy e micromanometro differenziale	UNI 10169-2001
Ossigeno	Cella all'ossido di zirconio, paramagnetismo, celle elettrochimiche	US-EPA 3A - ALT 004 ASTM D 6522 - 00
Anidride carbonica	Spettrofotometria IR	US-EPA 3A - ALT 004
Monossido di carbonio	Spettrofotometria IR, celle elettrochimiche	US-EPA 3A - ALT 004 ASTM D 6522 - 00
Polveri totali	Filtrazione e determinazione gravimetrica	UNI 10263 - 1998 UNI-EN 13284-1, 2003 Metodo Unichim 494 Uso di sonda e filtro riscaldati per i camini di apprettatura ed essiccazione lana e filato di

Ossidi di zolfo totali (SO ₂ + SO ₃)	Filtrazione ed assorbimento in soluzione alcalina, determinazione con cromatografia ionica, ICP, titolazione con perclorato di Bario	vetro D.M. 25/08/2000 , G.U. n. 233 del 23/09/2000
Biossido di zolfo (SO ₂)	Spettrofotometria IR, spettrofotometria UV	Metodo Interno Stazione Sperimentale del Vetro LAA/MI/01/01 UNI 10393 - 1995
Ossidi di azoto (NO + NO ₂)	Spettrofotometria IR, chemiluminescenza	D.M. 25/08/2000 , G.U. n. 233 del 23/09/2000 UNI 10878 - 2000 ASTM D 6522 - 00
Cloruri gassosi (HCl)	Filtrazione ed assorbimento in soluzione alcalina, determinazione con cromatografia ionica, titolazione, analisi colorimetrica	D.M. 25/08/2000 , G.U. n. 233 del 23/09/2000
Fluoruri gassosi (H ₂)	Filtrazione ed assorbimento in soluzione alcalina, determinazione con cromatografia ionica, elettrodo specifico allo ione fluoro	D.M. 25/08/2000 , G.U. n. 233 del 23/09/2000
Formaldeide	Assorbimento in soluzione acquosa; determinazione colorimetrica o HPLC	US-EPA n. 316, con sonda riscaldata
Fenolo	Assorbimento in soluzione alcalina; determinazione colorimetrica o analisi cromatografia	Metodo Unichim n. 504/80, con sonda riscaldata
Ammoniaca	Assorbimento in soluzione acida; determinazione colorimetrica o elettrodo specifico allo ione ammonio	Metodo Unichim n. 632/84, con sonda riscaldata
Metalli	Filtrazione e/o assorbimento in soluzione acquosa; determinazione con AAS, ICP	Metodo Unichim n. 723 - 1986 Metodo UNI EN 14385/2004

L.3 Misura in continuo degli inquinanti principali

In generale, la misura in continuo delle emissioni è limitata agli inquinanti principali derivanti dal forno di fusione del vetro, in quanto essi rappresentano quantitativamente i flussi di massa più rilevanti del ciclo di produzione e presentano le caratteristiche di una emissione continua e relativamente costante nel tempo.

La misura in continuo delle emissioni può essere effettuata sia mediante sistemi «in situ» che con metodi estrattivi. Normalmente, i sistemi di misura disponibili si basano sui seguenti metodi:

L.3.1 Metodi per la misura in continuo delle emissioni solide e gassose

Parametro	Metodo
Ossigeno	Cella ad ossido di zirconio, paramagnetico
Polveri totali	Sistemi ottici basati sulle misure di opacità o effetto scattering
Ossidi di azoto (NO, NO ₂)	Spettrofotometria IR, UV, chemiluminescenza, FTIR
Biossido di zolfo (SO ₂)	Spettrofotometria IR, UV, FTIR
Monossido di carbonio	Spettrofotometria IR, FTIR
Umidità fumi	FTIR

La taratura e/o la verifica dell'indice di accuratezza relativo dei sistemi di misura saranno effettuate sulla base di quanto stabilito dal decreto 21 dicembre 1995: «Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali».

Nel valutare i risultati e l'affidabilità delle misure, particolare attenzione dovrà essere prestata ad alcuni aspetti che caratterizzano le emissioni dai forni fusori per vetro, in particolare:

- La risposta degli analizzatori «in situ» può essere influenzata da cambi di colore del vetro prodotto, cambi di tipologia di combustibile, variazione della distribuzione granulometrica delle polveri.

- L'affidabilità delle misure eseguite mediante analizzatori di tipo estrattivo dipende anche dal sistema di condizionamento del campione. Infatti, eventuali condensazioni lungo la linea e/o interferenze chimico-fisiche in fase di filtrazione dei fumi da sottoporre ad analisi possono, in alcuni casi, influenzare i risultati delle misure.

L.4 Bilancio di massa

In alcuni casi e per alcune grandezze è possibile calcolare i valori attesi a partire da un bilancio di massa, oppure da dati di processo opportunamente misurati.

Ad esempio, le emissioni di ossidi di zolfo possono essere calcolate a partire dalle materie prime impiegate nella miscela vetrificabile, dalla composizione chimica del vetro prodotto e del rottame utilizzato. Tale procedura permette di stimare il flusso di massa in kg/h, espressi come SO₂, e di calcolare la concentrazione di SO_x nei fumi, utilizzando un valore di volume fumi calcolato a partire dai dati di processo.

Tale stima può essere eseguita anche per altre sostanze inquinanti (HCl, HF), in particolare quando queste derivano dall'aggiunta intenzionale di composti del cloro o del fluoro nella miscela vetrificabile.

Un parametro fondamentale per la stima delle emissioni è rappresentato dal volume fumi, la cui determinazione può, in alcuni casi risultare problematica a causa del punto di misura delle emissioni non ideale. In questi casi, è possibile calcolare il volume fumi a partire dal consumo di combustibile del forno fusorio e dalla composizione della miscela vetrificabile. Per poter procedere alla stima del volume fumi al punto di prelievo, alle condizioni di emissione, è necessario conoscere la concentrazione di ossigeno nei fumi.

È comunemente accettato che, in caso di difficoltà nella misura e/o di contestazione del dato, la portata dei fumi calcolata venga ritenuta più attendibile rispetto a quella misurata.

M.1 Definizioni

Emissioni espresse in concentrazione (mg/Nm³): I valori di emissione indicati nel documento si riferiscono a volumi di gas secchi, riportati all'8% di ossigeno, se non diversamente indicati.

Fattori di emissione (kg/t): I valori si riferiscono a tonnellate di vetro fuso.

Cavato del forno: Produzione giornaliera di vetro fuso, espressa in t/giorno.

Torrino/i: Condotto/i fumi dal quale entrano ed escono alternativamente l'aria comburente ed i fumi di combustione.

Forni a rigenerazione: Forni dotati di camere in materiale refrattario attraverso le quali passano alternativamente l'aria comburente ed i fumi di combustione. La loro funzione è quella di accumulare calore (sottratto ai fumi) e di preriscaldare l'aria comburente.

Forni recuperativi: Forni dotati di sistema di recupero di calore mediante scambiatore metallico.

Forni di tipo End Port: Forni dotati di camere di rigenerazione posteriori e fiamme ad U (bruciatori posteriori).

Forni di tipo Side Port: Forni dotati di camere di rigenerazione laterali e fiamme trasversali (bruciatori laterali).

Forni di tipo Unit Melter: Forni di tipo recuperativi, con scambiatore di calore metallico.

Il presente documento è stato redatto nell'ambito del Gruppo Tecnico Ristretto (GTR) ☐ *Industria del vetro di cui ai punti da 3.3 e 3.4» dell'Allegato I del [D.Lgs. n. 372/99](#)* e si riferisce in particolare alla sola produzione delle fritte.

In effetti, in ambito Europeo, il settore di produzione delle fritte è stato inserito nell'ambito delle sostanze di cui al punto 3.4 del sopra citato *Allegato I del [D.Lgs. n. 372/99](#)* e quindi all'interno dell'industria del vetro.

Tale interpretazione è stata implementata all'interno del BREF (Bat Reference Document) sull'industria del vetro pubblicato nel dicembre del 2001. In tale documento le fritte occupano per ogni capitolo di riferimento una sezione specifica e distinta. In effetti le fritte non possono essere assimilate al vetro sia per tipologia produttiva sia per lo sbocco finale del prodotto che è l'industria ceramica. L'obiettivo non è quello di fabbricare un prodotto tecnologico specifico ma un solvente/fondente per materie prime per l'applicazione ceramica. Le problematiche produttive e relative ai settori salute, sicurezza e ambiente sono più coerenti con quelle dell'industria chimica alla quale il settore in termini di rappresentanza industriale appartiene.

L'obiettivo del presente documento dedicato alla produzione delle fritte, è quello di facilitare l'individuazione e l'interpretazione delle attività e degli strumenti normativi introdotti dalla [direttiva Comunitaria 96/61/CE](#) del Consiglio del 24 settembre 1996, riguardante la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento.

Le indicazioni riportate sono state concordate in linea con la direttiva IPPC, promuovendo un approccio integrato alla valutazione dell'inquinamento partendo dal BREF di riferimento per le BAT redatto in ambito Comunitario.

La normativa ambientale di riferimento può essere suddivisa nelle seguenti categorie:

- Tutela qualità delle acque
- Emissioni in atmosfera
- Residui
- IPPC

e può essere così riassunta:

Riferimento normativo	Tutela Qualità delle Acque Oggetto
Decreto legislativo n. 152 dell'11 maggio 1999	Testo aggiornato del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 , recante: «Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole», a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258 »
(G.U. n. 246 del 20 ottobre 2000 - Supplemento Ordinario n. 172)	

Decreto legislativo n. 258 del 18 agosto 2000 «Disposizioni correttive ed integrative del [decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152](#), in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'[articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128](#)

(G.U. n. 218 del 18 settembre 2000 - Supplemento ordinario n. 153)

Decreto 12 giugno 2003, n. 185 Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue

Emissioni in Atmosfera

Riferimento normativo
Decreto del Presidente della Repubblica n. 203 del 24 maggio 1988.
Decreto ministeriale n. 60 del 2 aprile 2002

Decreto ministeriale del 12 luglio 1990.
Decreto del Ministero dell'ambiente 1° ottobre 2002, n. 261

Oggetto
«Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884,84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'[art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.](#)»
«Recepimento della [direttiva 1999/30/CE](#) del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della [direttiva 2000/69/CE](#) relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio»
«Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione»
Direttive tecniche per la valutazione della qualità dell'aria ambiente - elaborazione del piano e dei programmi di cui agli [articoli 8 e 9 del D.Lgs. n. 351/1999](#)

Rifiuti

Riferimento normativo
Decreto legislativo n. 22 del 5 febbraio 1997
G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997 - Supplemento Ordinario n. 33
D.P.C.M. 24 dicembre 2002
Decisione 2002/909/CE
Decisione 2000/532/CE
Decisione 2001/573/CE

Oggetto
«Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio»
Approvazione del nuovo modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2003 - Testo vigente
Approvazione norme italiane sul recupero agevolato dei rifiuti pericolosi - [D.M. n. 161/2002](#)
Nuovo CER - Catalogo Europeo dei Rifiuti - Testo vigente
Modifica elenco rifiuti contenuto nella [decisione 2000/532/CE](#)

Rumore

Riferimento normativo
Legge n. 447/1995
D.P.C.M. 14 novembre 1997
D.P.C.M. 1/3/1991
D.M. 11/12/1996

Oggetto
Legge quadro sull'inquinamento acustico
Limiti massimi di emissioni acustiche
Limiti massimi di accettabilità
Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo continuo

IPPC

Riferimento normativo
Direttiva 96/61/CE
(Modificata dalle direttive 2003/35/CE e 2003/87/CE e recepita dal [D.Lgs. n. 59/2005](#))
Decreto legislativo n. 59 del 18 febbraio 2005
G.U. n. 93 del 22 aprile 2005
Decreto min. 19 novembre 2002
Decreto min. 26 aprile 2002
modifiche al [D.M. 23 novembre 2001](#)
Decreto min. 23 novembre 2001 «IPPC»

Oggetto
Prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento
Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento
Ippc - istituzione della commissione di esperti ex [D.Lgs. n. 372/1999](#)
comunicazione «Ippc» - differimento di termini
Dati, formato e modalità comunicazione

Come si evince dalle tabelle sopra riportate non esiste una normativa specifica di settore, ma, vista l'affinità, le norme sono principalmente quelle di riferimento del settore chimico. A conferma di ciò nel [D.M. 12 luglio 1990](#), nel quale sono riportati alcuni esempi di forni fusori per l'industria del vetro, non vi sono riferimenti specifici a quelli delle fritte.

Le informazioni e le tabelle presentate nelle pagine che seguono sono state realizzate utilizzando i dati forniti da Federchimica-Ceramicolor, Associazione Nazionale colorifici ceramici e produttori di ossidi metallici, in rappresentanza dei settori merceologici relativi alle fritte, smalti, coloranti e ausiliari per ceramica, pigmenti inorganici e ossidi metallici. Tali informazioni sono state inoltre integrate attraverso altri canali di indagine.

I dati reperiti sono stati organizzati in modo da fornire informazioni relative alle aziende produttrici in Italia, al numero di unità produttive che fabbricano le fritte, alla distribuzione territoriale di tali unità ed alla loro produzione annuale.

Appare più difficile stabilire con precisione il numero degli addetti in quanto le aziende riportate non sono produttori solo di fritte ma anche di altre tipologie di prodotti.

Una stima è comunque riportata.

C.1 Dati sulla produzione

Il settore delle fritte, anche se in questo contesto ricade nell'ambito del vetro, si associa principalmente al mondo della ceramica. La maggior parte della produzione di fritte infatti viene utilizzata quale ingrediente principale per la fabbricazione degli smalti e dei colori per piastrelle ed altri prodotti ceramici. Le fritte, applicate su un adeguato supporto e portate a temperature elevate (800-1300 ° C), permettono la creazione di una superficie resistente alle azioni chimiche e fisiche sul supporto ceramico.

Le fritte possono essere immesse sul mercato tal quali oppure, possono essere miscelate e macinate con altre fritte, materiali di cava e pigmenti inorganici, per la produzione di smalti e colori per ceramica.

Una parte meno rilevante di tale produzione è comunque anche utilizzata per la fabbricazione dello smalto porcellanato utilizzato per la smaltatura dei metalli (forni, frigoriferi, ecc.).

Nell'Unione Europea, oltre che in Italia, le fritte vengono prodotte in quantitativi significativi anche in Spagna e possono comunque essere considerate un prodotto ormai maturo, con un relativo valore aggiunto.

La produzione non può sicuramente essere considerata consistente specialmente se confrontata con il settore del vetro.

Il settore delle fritte è quindi intimamente legato al mercato della piastrella. Le aziende produttrici italiane e spagnole vendono la maggior parte della propria produzione in questi due mercati di riferimento.

La produzione italiana totale è stimata tra le 120.000 e le 140.000 tonnellate/anno.

A questa dovrebbe essere aggiunta una quantità, sicuramente non rilevante, prodotta direttamente all'interno di aziende ceramiche.

Tale valore si riferisce, in linea con quanto definito a livello legislativo, alla sola fusione di fritte e non ad altri processi produttivi finalizzati all'applicazione finale. In effetti numerose sono le aziende che in Italia provvedono in autonomia alla miscelazione e macinazione di prodotti acquistati da terzi.

C.2 Indicazioni della distribuzione territoriale degli impianti

Le aziende produttrici di fritte sono riportate nella seguente tabella.

<i>Azienda</i>	<i>Numero unità</i>	<i>Località</i>
A.S.	1	Via Statale 62 - 42013 Casalgrande (RE)
COLOROBIA ITALIA S.p.a.	2	Via Pietramarina 19/21 - 50053 Sovigliana Vinci (FI) via Bucciardi 35 - 41042 Fiorano Modenese (MO)
COLORVEGGIA REIRE S.r.l.	1	Via Radici in Monte 63 - 41010 Veggia di Casalgrande (RE)
COVER S.r.l.	1	Via di Sibolla 38 Località Corbaia - 55011 Altopascio (LU)
ESMALGLASS S.p.a.	1	Via Riosecco 12 Località Canfora - 84084 Fisciano (SA)
PEMCO EMAILS Srl	1	Via delle Industrie 9 - 24040 Filago (BG)
SMALTICERAM UNICER Spa	1	Via della Repubblica 10/12 - 42010 Roteaglia (RE)
SICER Srl	1	Via Molino Vigne 1 47825, Torriana (RN)

C.3 Numero del personale impiegato

Come sopra riportato il numero del personale è difficilmente calcolabile in quanto le aziende producono anche altre tipologie di prodotti non coinvolti in queste linee guida. Una stima ragionevole attuale indica n. 100/150 persone quelle direttamente connesse al ciclo produttivo.

C.4 Dati macroeconomici

Il fatturato del settore è stimabile in 60-80milioni di Euro compresa la miscelazione di prodotti.

C.5 Impatto ambientale del settore

L'impatto ambientale relativo alla produzione delle fritte è quello descritto al successivo punto D - figura 1.

La produzione delle fritte come anche quella del vetro, è caratterizzata da un elevato consumo energetico mentre le principali emissioni riguardano quelle atmosferiche.

Eventuali impieghi delle fritte per ottenere prodotti diversi sono esclusi dagli scopi delle seguenti linee guida perché non rientrano nel punto 3.4 dell'Allegato I della legge n. 372/1999. Le stesse considerazioni valgono anche per altri semilavorati.

Energia

I consumi di energia elettrica si riferiscono alla fase di miscelazione, ai sistemi di controllo, trasporto pneumatico, e agli impianti di abbattimento quindi alla sola parte di automazione del processo (incluso trasporto e imballaggio). Per quanto concerne l'energia elettrica utilizzata si stima un consumo di 0,05-0,1 tep/tonnellata prodotto.

La parte preponderante si riferisce ai consumi di combustibili di origine fossile utilizzati per alimentare, ad elevata temperatura, i forni per la fusione delle materie prime in modo da ottenere una sostanza vetrificata a composizione variabile, praticamente insolubile, da utilizzarsi nell'applicazione ceramica.

Il combustibile attualmente utilizzato è il metano. La combustione è del tipo metano/ossigeno e metano/aria. I forni sono progettati in modo da permettere un adeguato apporto di aria falsa dall'esterno in quanto il processo produttivo richiede un'alta concentrazione di aria.

Attualmente nell'80% circa dei forni la combustione è del tipo metano + ossigeno, con percentuali variabili nei rapporti di combustione. Per il restante 20% la combustione è del tipo metano + aria.

I consumi totali di gas naturale stimati sono circa 27.000 tep/anno.

Utilizzo di acqua

L'acqua è di fondamentale importanza per il processo di produzione delle fritte in quanto viene utilizzata per il raffreddamento del materiale fuso in uscita dal forno. Tale operazione provoca una repentina solidificazione del fluido in colata a seguito della quale vi è la formazione di granuli/scaglie che vengono man mano raccolti in appositi contenitori per le successive trasformazioni.

Le aziende adottano prevalentemente sistemi con riutilizzo dell'acqua di raffreddamento, parte della quale viene chiaramente persa per evaporazione. E' quindi previsto un reintegro. La maggior parte delle aziende utilizza per tale operazione acqua di pozzo. Un'ulteriore quantità viene persa quando, ciclicamente, si procede alla pulizia del sistema di ricircolo (impianto di distribuzione e vasche di accumulo).

Una seconda tipologia di raffreddamento è quella effettuata attraverso laminazione con rulli di raffreddamento. La colata viene laminata in rulli raffreddati al proprio interno con acqua. In questo caso non vi è contatto diretto con il prodotto finito.

La valutazione precisa dei quantitativi di acqua utilizzati non è facilmente calcolabile in quanto dipende da vari fattori. Un ulteriore approfondimento della problematica è riportato al capitolo E2.

Materie prime

La percentuale e la caratterizzazione delle materie prime utilizzate per la produzione delle fritte dipende dalla tipologia produttiva e dalla composizione del prodotto finale. Mediamente si può fare riferimento alla tabella 3.31 di pagina 113 del BREF sul vetro, nel quale si riporta la distribuzione percentuale dell'utilizzo di materie prime in funzione della tipologia produttiva.

TIPO DI FRITTA	MATERIA PRIMA	Percentuale (%)
Fritte opacizzate	Composti dello zirconio	7.7
	Feldspato	26.8
	Quarzo	25.9
	Acido borico	6.8
	Ossido di zinco	8.4
	Dolomiti	8.4
	Carbonato di calcio	13.4
	Nitrato di potassio	2.6
	Borace	19.1
Fritte trasparenti	Quarzo	42
	Nitrato di sodio	7.8
	Fluosilicato di sodio	1.2
	Fluosilicato di potassio	7.8
	Fosfato di sodio	3.2
	Ossido di titanio	18.9
	Minio	50
Fritte basso fondenti	Quarzo	19.8
	Ossido di zinco	15.1
	Acido borico	15.1

Emissioni atmosferiche

Il processo di fusione delle materie prime nei forni attraverso l'uso di combustibili di origine fossile genera, in funzione del tipo di frittta, emissioni atmosferiche comportanti la presenza di diverse sostanze, sia sotto forma di gas che di particelle solide.

In particolare, la fusione ad elevate temperature genera, oltre ad emissioni legate alla decomposizione delle materie prime, anche emissioni legate al sistema di combustione, tra cui possono individuarsi gli ossidi di azoto.

I principali indicatori, e le quantità emesse a valle degli impianti di abbattimento del settore sono le seguenti:

Indicatori	Quantità misurate		Conclusioni del BREF
	(ton/anno)	Kg/ton prodotto	Kg/ton prodotto
Polveri totali	9-10	0,064-0,083	< 0,1
Silice libera cristallina	2-3	0,014-0,025	Non riportato
Ossidi di azoto (NOx)	500-600	3,57-5	0,5-1,5
Fluoruri (F-)	3,5-4	Non disponibile [*]	Non riportato
Metalli	0,9-1	0,006-0,0083	Non riportato

[*] Il dato non è disponibile in quanto non tutta la produzione di fritte contiene materie prime a base di fluoro ed i fumi di più forni di produzione sono convogliati ad un unico punto di emissione.

La formazione di CO₂ e di altri gas è principalmente legata alla decomposizione dei carbonati (graniglie, rocce calcaree e dolomite). Nei fumi possono anche essere presenti boro, e metalli pesanti, derivanti dalle materie prime impiegate.

La composizione della fritta incide notevolmente sulla composizione dell'emissione (fumi e particolato). La tipologia dei forni da fritta (con presenza di notevoli quantità di aria falsa) incide notevolmente sulla formazione di ossidi di azoto. In parte, gli ossidi di azoto derivano dalla combustione e da eventuale presenza di materiali azotati nelle materie prime.

Analogamente, la concentrazione dell'ossigeno è influenzata sia dal dosaggio dell'eventuale ossigeno utilizzato per la combustione che dalla quantità di aria falsa necessaria al funzionamento del forno che deve operare in leggera depressione nonché dalla quantità di aria immessa nell'impianto di abbattimento durante la fase di iniezione del reagente alcalino.

Scarichi idrici

I quantitativi di acqua scaricata in pubblica fognatura e in acque superficiali non sono rilevanti in quanto, come sopra riportato, nel processo si attua prevalentemente il riutilizzo delle acque. Periodicamente, per non incidere sulla qualità della fritta, è necessario procedere ad una sostituzione dell'acqua di accumulo utilizzata per il riciclo. Detta acqua deve essere inviata ad un impianto di depurazione chimico-fisica o prelevata come rifiuto liquido e trasportata ad un impianto autorizzato al trattamento e/o al riutilizzo. Normalmente è prevista quest'ultima destinazione finale, in particolare le acque in questione vengono impiegate per la bagnatura degli impasti ceramici.

Rifiuti

La quantità di rifiuti prodotti è molto modesta anche se qualitativamente molto diversificata. I principali rifiuti derivanti dall'attività e i relativi quantitativi sono:

Codice CER	Descrizione	Quantità (ton/anno) (anno 2002)
06.04.05	Rifiuti contenenti altri metalli pesanti	270,78

08.02.02	Fanghi acquosi contenenti materiali ceramici	1418,05
08.02.03	Sospensioni acquose contenenti materiali ceramici	45,98
10.01.19	Rifiuti prodotti dalla depurazione dei forni	2,36
10.12.10	Rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi	107,28
15.01.01	Imballaggi di carta e cartone	97,75
15.01.02	Imballaggi di plastica	104,449
15.01.03	Imballaggi in legno	121,56
15.01.04	Imballaggi in metallo	13,706
15.01.06	Imballaggi in materiali misti	516,795
15.02.02	Assorbenti, materiali filtranti (inclusi filtri dell'olio non specificati altrimenti) contaminati da sostanze pericolose	0,96
16.11.06	Rivestimenti e materiali refrattari provenienti da lavorazioni non metallurgiche	564,335
17.04.05	Ferro acciaio	55,45
TOTALE		3319,455

Di questi si stima che ne vengano recuperati circa 1000 tonnellate/anno. E' comunque necessario sottolineare che in alcuni casi appare estremamente complesso discriminare tra la produzione di rifiuti derivanti dalle fritte o da altre produzioni che avvengono nello stesso sito industriale.

Per le motivazioni di cui sopra i valori riportati sono una stima di settore che può comunque considerarsi attendibile.

Le tecnologie utilizzate nei processi di produzione delle fritte possono essere a tutti gli effetti considerate da tempo mature. Tutti gli impianti italiani utilizzano le medesime tecnologie per cui le due figure seguenti possono essere considerate rappresentative della realtà attuale in termini di processi produttivi. Il diagramma di flusso riportato in figura 1 illustra in modo sintetico il processo produttivo.

Le materie prime possono essere di origine naturale o sintetica e si identificano principalmente nelle seguenti famiglie di prodotti (lista non esaustiva): ossidi metallici e di non metalli, silicati, borati, carbonati, silicati di alluminio, ecc. Esse vengono stoccate principalmente in silos; in funzione della tipologia di prodotto e della dimensione aziendale esse possono essere stoccate anche in «big bags». Tali sostanze vengono trasportate attraverso sistemi meccanici o pneumatici fino all'area in cui avviene la pesatura e la miscelazione.

Questa operazione può essere svolta sia in modo automatico sia manuale da un addetto dedicato che ha il compito di preparare un miscuglio chimicamente e fisicamente uniforme da inviare ai forni fusori. Questi possono essere di tipo «a bacino» e «rotativo», da scegliersi in base alle quantità da produrre e alla formulazione.



I forni da fritta sono sostanzialmente differenti da quelli del vetro in quanto in questi ultimi si deve porre particolare attenzione all'eliminazione dei residui e delle bolle allo scopo di ottenere un vetro perfettamente limpido. Per le fritte queste caratteristiche non rivestono particolare importanza in quanto si privilegiano le condizioni di fusione, che devono essere costanti, così come le materie prime, allo scopo di ottenere un prodotto omogeneo e uguale a se stesso. Una ulteriore differenza è relativa al fatto che i forni da fritta devono operare in leggera depressione, con relativa immissione di aria falsa nel sistema, in modo da evitare re-immissioni di fumi di combustione e fusione nell'ambiente di lavoro.

Nei forni continui (a bacino) le materie prime vengono inserite attraverso un alimentatore a vite fino a formare una pila all'inizio del forno. I bruciatori, alloggiati ai lati, permettono di mantenere temperature di lavoro costanti e una appropriata stabilità. I forni più piccoli possono funzionare con un bruciatore singolo. Durante la fusione si forma uno strato di materia allo stato fluido che fuoriesce dalla parte opposta a quella del caricamento. La fritta allo stato fuso deve essere raffreddata repentinamente con acqua, mediante getto diretto sulla colata in modo da formare granuli o mediante passaggio su rulli raffreddati con acqua corrente all'interno in modo da formare un prodotto a scaglie (laminato).

Il forno è costituito da una base (suola), che può avere una superficie variabile tra i 5 e i 15 m², ed ha una altezza che può raggiungere 1,5/1,6 metri. I bruciatori possono essere in numero variabile in funzione delle dimensioni del forno medesimo (di solito tra 1 e 4).

Per ridurre al massimo gli inquinanti atmosferici che si formano durante la combustione/fusione, le emissioni devono essere convogliate a impianti di abbattimento. La tendenza è quella di dotare ogni forno di un proprio sistema di abbattimento, anche se permangono situazioni di impianto centralizzato a cui sono convogliate diverse sorgenti emissive.

Come sopra riportato, l'aria falsa entra principalmente dalle diverse fessure/aperture presenti sulla struttura (per alloggio bruciatori, bocca di colata, ecc.). La formazione degli ossidi di azoto avviene in fase di fusione. L'aria che entra nel forno, alla temperatura di oltre 1000°, provoca la formazione di NO_x.

È importante sottolineare che spesso a valle del forno sono presenti scambiatori di calore che hanno lo scopo di ridurre la temperatura del flusso gassoso in uscita in modo da salvaguardare l'impianto di abbattimento (tessuto/non tessuto di filtrazione).

I forni discontinui (rotativi) hanno forma cilindrica e sono rivestiti internamente in materiale refrattario (pigiata). Sono montati su un supporto che ne permette la rotazione. Tali forni sono spesso dedicati alla produzione di fritte speciali o in quantitativi limitati. Le materie prime vengono caricate dall'alto tramite specifica tramoggia.

Le temperature di lavoro variano da un minimo di 800-900°C ad un massimo di 1300-1500°C. Il prodotto può essere venduto tal quale o macinato in appositi mulini e miscelato con altri prodotti quali coloranti, opacizzanti, argille ed altro per ottenere smalti e colori ceramici. A volte il prodotto viene ulteriormente asciugato.

La capacità produttiva può essere così stimata:

Forni a bacino = 300 - 1300 kg/h

Forni rotativi = 150 kg/h (riferiti a un volume interno di 3 m³≈

Kg 4000/giorno di miscuglio).

I sistemi di abbattimento consistono in filtri a maniche in tessuto/non tessuto con sistema di iniezione di polvere alcalina (calce idrata o bicarbonato di sodio) per l'abbattimento dei fluoruri. In figura 2 viene definito in modo più approfondito il processo di produzione su alcune categorie specifiche di prodotti.



Alcune delle principali considerazioni relative al BREF comunitario vengono di seguito riportate. Nei seguenti capitoli si procederà a fornire una indicazione generale specifica per ogni indicatore preso in considerazione, attraverso dei range che identificano le performance previste per il settore.

E.1 Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Il significato di BAT - Best Available Technique - è definito nell'art. 2 della Direttiva IPPC e dall'art. 2 comma (o) del [D.Lgs. n. 59/05](#).

Nelle presenti linee guida vengono considerate quelle tecnologie in grado di minimizzare le emissioni o la produzione di rifiuti, in modo da avere sull'ambiente il minor impatto possibile.

E.2 Aspetti ambientali: consumi (energetici, idrici, di materie prime)

Come riportato nei capitoli precedenti il settore è un forte consumatore di energia: si stima che i consumi specifici di energia siano ≈0,2-0,3 Nm³ metano/kg fritta.

Per quanto concerne i consumi idrici di seguito si forniscono alcune indicazioni sui sistemi di raffreddamento a «granulazione».



Il processo produttivo «per granulazione» prevede l'impiego di acqua per il raffreddamento della frita fluida che esce dalla bocca di colata del forno, tramite getto diretto sul fluido. Una parte dell'acqua evapora e una parte viene re-immessa nell'impianto di riciclo delle acque. Il flusso sopra raffigurato è quello abitualmente adottato dalle industrie del settore, e consente di poter re-impiegare acque depurate provenienti da eventuali altre lavorazioni, destinandole alla lavorazione delle fritte piuttosto che essere smaltite come acque di scarico* o come rifiuto.

I reali consumi di acqua si riferiscono quindi esclusivamente alle necessità di reintegro da fonti esterne al ciclo produttivo adottato nell'intero insediamento.

Così, nel caso di stabilimento monoprodotto di sole fritte, la necessità di reintegro sarà piuttosto elevata e corrisponderà alla quantità che evapora nella fase di raffreddamento.

Si può stimare che le quantità di acqua evaporate siano di circa 0,6 - 0,7 m³/ton frita.

Nel caso invece di stabilimento poli-prodotto (fritte, pigmenti inorganici di base, coloranti ceramici, smalti e colori) la necessità di reintegro con acque pubbliche sarà legata alle quantità di acque depurate, provenienti dagli altri cicli produttivi. Si può anche arrivare alla situazione in cui la necessità di reintegro è totalmente coperta da acque di recupero interne e non vi è approvvigionamento da acque pubbliche.

(* = Situazione che si riferisce al processo di raffreddamento per granulazione delle fritte perché da questo derivano acque inquinate da boro. Per questo elemento non esiste un sistema tecnologicamente adattabile al processo produttivo dei colorifici ceramici che, complessivamente, prevede grandi consumi di acqua, mentre l'unico sistema ad oggi individuato - con resine a scambio ionico - è adatto solo per la depurazione di modesti quantitativi d'acqua).

Il consumo specifico di acqua è quindi alquanto variabile fra impianto ed impianto, essendo direttamente connesso al sistema di raffreddamento della colata adottato (a getto diretto sulla colata o con flusso d'acqua interno al cilindro di laminazione). E' altresì legato alla presenza di un sistema di ricircolo e alla sua completa o parziale operatività.

E.3 Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazione)

Le emissioni per il settore di produzione delle fritte sono solo in parte strettamente correlate alla tipologia di prodotto.

Per quanto concerne i principali indicatori in di emissione in atmosfera si stimano le seguenti concentrazioni (con un tenore di ossigeno variabile tra il 15 e il 18%):

Emissioni in atmosfera

Conclusioni Bref
Concentrazioni (mg/Nm³)

Concentrazioni misurate
Concentrazioni (mg/Nm³)

Polveri	5-30	5-10
NOx	500-700	500-1500 [*]
Ossido di zolfo (SO ₂)	500-1000	Non significativi [**]
Cloruri (HCl)	<10	<10
Fluoruri (HF)	< 5	< 5
Metalli (classe 1 + 2) [***]	< 5	< 5
Metalli (classe 1) [***]	< 1	< 1

[*] Si sottolinea che per prodotti che contengono nitrati le concentrazioni misurate possono essere sensibilmente più elevate.

[**] Tutti i forni di produzione utilizzano metano come combustibile.

[***] Le classi dei metalli sono quelle di cui alla tabella 5.2 del Documento di Riferimento Europeo BREF. Le concentrazioni sono quelle riportate al punto 5.10.4 dello stesso documento.

Per le emissioni in acqua si stima:

Emissioni in acqua	Conclusioni BREF Concentrazioni (mg/l)	Concentrazioni misurate Concentrazioni (mg/l)
Solidi sospesi	< 30	< 30
Solfati	< 1000	< 1000
Fluoruri	15-25	15-25
Antimonio	< 0,3	< 0,3
Bario	< 3	< 3
Cadmio	< 0,05	< 0,05
Cromo	< 0,5	< 0,5
Rame	< 0,5	< 0,5
Piombo	< 0,5	< 0,5
Nickel	< 0,5	< 0,5
Stagno	< 0,5	< 0,5
Zinco	< 0,5	< 0,5
Boro	2-4	2-4
PH	6,5-9	6,5-9

Rifiuti

Codice CER	Descrizione	kg rifiuto/ton prodotto
06.04.05	Rifiuti contenenti altri metalli pesanti	1,9341-2,2565
08.02.02	Fanghi acquosi contenenti materiali ceramici	10,1289-11,8171
08.02.03	Sospensioni acquose contenenti materiali ceramici	0,3284-0,3832
10.01.19	Rifiuti prodotti dalla depurazione dei forni	0,0169-0,0197
10.12.10	Rifiuti solidi prodotti dal trattamento dei fumi	0,7663-0,8940
15.01.01	Imballaggi di carta e cartone	0,6982-0,8146
15.01.02	Imballaggi di plastica	0,7461 - 0,8704
15.01.03	Imballaggi in legno	0,8683-1,0130
15.01.04	Imballaggi in metallo	0,0979-0,1142
15.01.06	Imballaggi in materiali misti	3,6914-4,3066

15.02.02	Assorbenti, materiali filtranti (inclusi filtri dell'olio non specificati altrimenti) contaminati da sostanze pericolose	0,0069-0,0080
16.11.06	Rivestimenti e materiali refrattari provenienti da lavorazioni non metallurgiche	4,0310-4,7028
17.04.05	Ferro e acciaio	0,3961 -0,4621

Le migliori tecniche disponibili (BAT) analizzate nel documento di riferimento europeo BREF rappresentano le soluzioni che le aziende del settore hanno a disposizione per il controllo e la riduzione degli inquinanti. Tuttavia, tali tecnologie solo in parte possono essere applicate alle aziende produttrici di fritte, in quanto la loro dimensione e la capacità produttiva sono particolarmente ridotte.

F.1 BAT per la riduzione delle polveri totali

L'identificazione della filtrazione quale BAT per il settore è giustificata.

I livelli di prestazione dei sistemi di filtrazione variano in funzione del tipo di filtro impiegato.

Filtro a maniche

I valori di concentrazione raggiungibili con l'applicazione dei filtri a maniche sono generalmente compresi tra 5 e 30 mg/Nm³.

Filtro elettrostatico

I valori di concentrazione raggiungibili con l'applicazione dei filtri elettrostatici variano in funzione del numero di campi che compongono il filtro e sono, generalmente, compresi tra 20 e 50 mg/Nm³. Normalmente questa tecnologia non viene applicata al settore in quanto i volumi dei fumi da trattare sono molto ridotti rispetto alla soglia minima di validità tecnico-economica di questa tecnologia.

F.2 BAT per la riduzione delle emissioni di Ossidi di Azoto (NOx)

Le BAT individuate dal documento di riferimento europeo BREF rappresentano tutte le possibili azioni per limitare la formazione o ridurre le emissioni degli NOx dai forni per la produzione di vetro. Tuttavia, la loro applicazione al ciclo di produzione delle fritte presenta notevoli limitazioni a causa delle dimensioni molto ridotte delle aziende produttrici e, conseguentemente, dei volumi di fumi da trattare.

Va inoltre considerato che, per certi tipi di frittura, è spesso necessario utilizzare nitrati di sodio e/o potassio, con conseguente emissione di NO_x dovuta alla decomposizione delle materie prime e concentrazioni nei fumi significativamente più elevate.

La soluzione tecnologica di possibile utilizzo da parte delle aziende produttrici di fritte consiste nell'ossicombustione, già applicata a circa l'80% della produzione nazionale.

F.3 BAT per la riduzione delle emissioni di fluoruri (espressi come HF)

Interventi

Gli interventi primari per la riduzione degli inquinanti gassosi possono portare a riduzioni sostanziali delle concentrazioni di HF.

Tuttavia, la necessità di impiegare determinate sostanze nella formulazione della miscela vetrificabile, rende spesso necessario un trattamento fumi con reagente alcalino per la rimozione degli inquinanti gassosi.

Tale trattamento, in particolare mediante l'impiego di idrossido di calcio è normalmente adottato dal settore per la riduzione degli inquinanti gassosi.

La scelta del tipo di reagente richiede una valutazione attenta dei seguenti aspetti:

- Concentrazione dell'inquinante gassoso da rimuovere (fluoruri, espressi come HF);
- Rapporto stechiometrico necessario per una buona efficienza di rimozione, con conseguente produzione di quantità significative di polveri da filtrare;
- Possibili reazioni di «passivazione» del reagente alcalino da parte di sostanze presenti nei fumi (es. composti del boro);
- Possibilità di riutilizzare le polveri filtrate nella miscela vetrificabile. Necessità di ottimizzare la quantità di polvere prodotta dal sistema, da destinare al riciclo al forno fusorio, con la quantità di inquinanti gassosi da rimuovere. Infatti, una sovrapproduzione di polvere comporterebbe la necessità di conferirne in discarica grandi quantità.

I reagenti più utilizzati sono il carbonato di calcio CaCO₃, l'idrossido di calcio Ca(OH)₂ e il bicarbonato di sodio NaHCO₃. Ciascun reagente presenta un'efficienza di rimozione diversa nei confronti degli inquinanti gassosi; ad esempio, il bicarbonato di sodio ha una scarsa capacità di rimozione dei fluoruri gassosi.

Un riassunto delle prestazioni di ciascun reagente è riportato nella seguente tabella:

Reagente/condizione di impiego

HF

Ca(OH) ₂ a 400°C	95%
Ca(OH) ₂ a 200-280 °C	95%
Ca(OH) ₂ a 130-240 °C	95%
CaCO ₃ a secco 100-400 °C	95%

Si evidenzia che il raggiungimento di tali livelli di efficienza comporta, in molti casi, l'aumento del quantitativo di prodotti di reazione, superiore alle possibilità di riutilizzo, con conseguente necessità di conferimento in discarica.

Come sopra riportato, il settore può essere a tutti gli effetti considerato maturo, non esistono pertanto tecniche alternative.

La maggior parte dei processi produttivi del settore è stata sviluppata da lungo tempo ed, ovviamente adattata nel corso degli anni, con particolare attenzione agli aspetti ambientali e di salvaguardia della salute dei lavoratori. Alcune delle soluzioni tecniche presentate dal BREF implicherebbero variazioni sostanziali nella qualità del prodotto finito. Ogni azienda possiede uno specifico know-how che viene adattato alla necessità produttive. La modifica delle tecnologie di fabbricazione porterebbe all'ottenimento di prodotti con qualità sostanzialmente differenti.

Il problema principale osservato dal settore riguarda le emissioni di NOx. Infatti, le concentrazioni riscontrate sugli impianti produttivi nazionali presentano valori mediamente superiori a quelli indicati nel BREF, sia in termini di concentrazione che come fattore di emissione. Si ritiene che ciò sia dovuto principalmente al fatto che, diversamente dall'industria del vetro, per il settore di produzione della frittura non è stato considerato il contributo alle emissioni dovuto alla presenza di nitrati nella miscela vetrificabile che, nel caso delle aziende italiane può rappresentare un'aliquota non trascurabile del totale. D'altra parte, le tecnologie di tipo secondario disponibili per l'industria vetraria non sono applicabili al settore delle fritte in quanto tecnicamente ed economicamente non sostenibili. Come già illustrato, l'ossicombustione rappresenta allo stato attuale la migliore tecnologia applicabile al settore per la riduzione delle emissioni di NOx.

Con riferimento alle principali tecniche disponibili, nella seguente tabella vengono elencati i principali vantaggi e svantaggi del loro utilizzo:

Abbattimento delle polveri

Abbattimento delle polveri

Tecnologia	Applicabilità	Vantaggi	Svantaggi
<i>Interventi primari</i>			
Modifica materie prime	Praticamente non applicabile al settore fritte		- Efficienza di riduzione limitata.
Forno elettrico	Non è più utilizzato		- Può comportare notevoli variazioni nella qualità del prodotto finito Ridotta flessibilità del forno e durata limitata. Consumo di energia elettrica con emissioni indirette.
<i>Interventi secondari</i>			
Filtro elettrostatico	Adatto per volumi fumi elevati e pertanto difficilmente applicabile al settore	Basse perdite di carico. Può operare a temperature relativamente elevate.	Bassa efficienza Produzione rifiuti solidi
Filtro a maniche	Abitualmente applicato	Elevata efficienza di abbattimento	Necessità di raffreddare i fumi. Alte perdite di carico, con consumo di energia elettrica. Emissioni indirette. Produzione di rifiuti solidi.

Fluoruri gassosi (espressi come HF)

Tecnologia	Applicabilità	Vantaggi	Svantaggi
<i>Interventi secondari</i>			
Trattamento fumi con reagente alcalino	Solo accoppiato ad un sistema di filtrazione delle polveri	In alcuni casi è possibile il riutilizzo delle polveri in sostituzione di una materia prima	Elevata produzione di polveri (rifiuti solidi).

Ossidi di azoto (NOx)

Tecnologia	Applicabilità	Vantaggi	Svantaggi
<i>Interventi primari</i>			
Ossicombustione	Applicabile ai forni per fritte	Risparmio energetico e riduzione dell'impatto ambientale	Non agisce su NOx da nitrati. Costo dell'ossigeno

Applicazione delle BAT agli impianti esistenti

In Italia tutti gli impianti per la produzione di fritte hanno già adottato sistemi di controllo delle emissioni, rispondenti alle definizioni di BAT secondo la direttiva europea 96/61/CE. In particolare, hanno già applicato le migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di polveri totali, e, contemporaneamente hanno provveduto ad utilizzare sistemi per la riduzione delle emissioni di fluoruri.

Fluoruri gassosi (espressi come HF)

Normalmente, l'applicazione delle migliori tecniche per la riduzione delle emissioni di HF viene effettuata congiuntamente alla scelta ed all'installazione del filtro per la riduzione delle emissioni di polveri. Infatti, l'aggiunta di reagenti alcalini per la rimozione degli inquinanti gassosi comporta un sensibile aumento delle concentrazioni di polveri totali nei fumi, con conseguente necessità di utilizzare un sistema di filtrazione per la loro rimozione.

Ossidi di azoto (NOx)

Un numero consistente di aziende ha adottato l'ossicombustione quale tecnica per la riduzione delle emissioni di NOx da combustione.

Altre tecnologie per la riduzione delle emissioni di NOx dai forni per la produzione di fritte vetrose, in particolari i sistemi di tipo secondario, sono ritenute non applicabili dal punto di vista tecnico-economico, a causa del limitato volume fumi.

Le seguenti tabelle riassumono i dati economici delle diverse tecnologie descritte

Polveri totali

Tecnologia	Costi di investimento	Costi di esercizio	Osservazioni
<i>Interventi secondari</i>			
Filtro a maniche	Fino a 1.5 milioni	Da 0.1 a 0.5 milioni euro/anno.	

Fluoruri gassosi (espressi come HF)

Tecnologia	Costi di investimento	Costi di esercizio	Osservazioni
<i>Interventi secondari</i>			

Trattamento fumi con reagente alcalino	Vedi Polveri totali	Fino a 0.15 milioni e/anno + costi relativi al sistema di filtrazione ed all'eventuale smaltimento delle polveri	Il costo del bicarbonato di sodio è significativamente superiore a quello dell'idrossido di calcio L'NaHCO_3 presenta una scarsa efficienza di rimozione dei fluoruri gassosi.
--	---------------------	--	---

La verifica dei livelli di emissione, associati al ciclo di produzione delle fritte, e delle prestazioni dei sistemi installati per il contenimento delle emissioni, può essere effettuata utilizzando diversi metodi, che possono essere impiegati singolarmente o in combinazione:

- Controllo dei parametri critici del sistema di filtrazione e trattamento fumi, al fine di verificarne il buon funzionamento:
- Perdita di carico del filtro a maniche
- Controllo periodico delle emissioni mediante misure discontinue, compresa la misura dei parametri accessori:
- Velocità e volume fumi
- Temperatura fumi
- Umidità
- Ossigeno
- Anidride carbonica
- Monossido di carbonio
- Polveri totali
- Ossidi azoto (NO_x)
- Fluoruri gassosi (espressi come HF).

L.1. Controllo dei parametri critici del sistema di trattamento fumi.

Le aziende dotate di impianti di filtrazione e trattamento fumi predispongono un piano di controllo dei parametri critici del sistema, programmando la manutenzione ordinaria dell'impianto pulizia, verifica degli elementi maggiormente deteriorabili, ecc.).

I parametri individuati quali indicatori del possibile cattivo funzionamento del sistema vengono riportati con la frequenza ritenuta necessaria su apposito registro.

Dall'osservazione dei dati, potrà essere evidenziato il progressivo decadimento del sistema oppure un suo cattivo funzionamento, predisponendo di conseguenza una manutenzione straordinaria.

L.2. Controllo periodico delle emissioni mediante misure discontinue.

Le aziende programmano una serie di misure ai diversi punti di emissione, nel rispetto della frequenza richiesta dalla propria autorizzazione ambientale, e/o in base ad un piano aziendale di controllo.

I metodi consigliati per il prelievo e le analisi dei campioni necessari alla misura delle emissioni solide e gassose sono i seguenti:

L.2.1 Metodi consigliati per la misura delle emissioni solide e gassose

Parametro	Principio di misura	Metodo di riferimento
Velocità e portata fumi	Tubo di Pitot o Darcy e micromanometro differenziale	UNI 10169-2001
Ossigeno	Cella all'ossido di zirconio, paramagnetismo, celle elettrochimiche	US-EPA 3A - ALT 004
Anidride carbonica	Spettrofotometria IR	ASTM D 6522 - 00 US-EPA 3A - ALT 004
Monossido di carbonio	Spettrofotometria IR, celle elettrochimiche	US-EPA 3A - ALT 004
Polveri totali	Filtrazione e determinazione gravimetrica	ASTM D 6522 - 00 UNI 10263 - 1998 UNI-EN 13284-1,2003 Metodo Unichim 494 Uso di sonda e filtro riscaldati per i camini di apprettatura ed essiccazione lana e filato di vetro
Ossidi di azoto (NO + NO ₂)	Spettrofotometria IR, chemiluminescenza	<u>D.M. 25/08/2000</u> , G.U. n. 233 del 23/09/2000 UNI 10878 - 2000 ASTM D 6522 - 00
Fluoruri gassosi (HF)	Filtrazione ed assorbimento in soluzione alcalina, determinazione con cromatografia ionica, elettrodo specifico allo ione fluoro	<u>D.M. 25/08/2000</u> , G.U. n. 233 del 23/09/2000
Metalli	Filtrazione e/o assorbimento in soluzione acquosa; determinazione con AAS, ICP	Metodo Unichim n. 723 - 1986