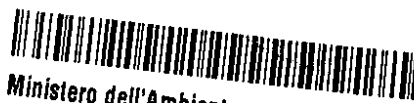




enipower mantova

Plazza Vanoni, 1
20097 San Donato Milanese (MI)
Tel. centralino: +39 02520.1
www.enipower.it



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e
del Mare - Direzione Generale Valutazioni Ambientali
E.prot DVA - 2012 - 0004901 del 27/02/2012

Prot. 055/2012

Mantova, 17/02/2012

Spett.le
**Ministero dell'Ambiente e della
Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale Valutazioni
Ambientali - Div. VI RIS**
Via Colombo, 44
00144 Roma

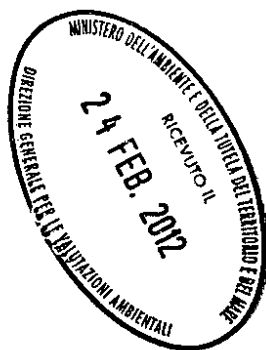
**Istituto Superiore per la
Protezione e la Ricerca
Ambientale**
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 Roma

**Regione Lombardia
Direzione Generale Ambiente,
Energia e Reti**
Piazza Città di Lombardia, 1
20124 Milano

**Provincia di Mantova
Settore Ambiente**
Via Don Maraglio, 4
46100 Mantova

**Comune di Mantova
Ufficio del Sindaco**
Via Roma, 39
46100 Mantova

ARPA Mantova
Via Risorgimento 43
46100 Mantova



enipower mantova spa

Sede legale in San Donato Milanese (MI), Piazza Vanoni 1
Capitale sociale euro 144.000.000 i.v.
Registro Imprese di Milano / R.E.A. Milano n. 1625148
Codice Fiscale e Partita IVA 13193030155,
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento
dell'Eni S.p.A.



enipower mantova

ASL Mantova
Dipartimento di Prevenzione
Medica
Via dei Toscani, 1
46100 Mantova

Oggetto: Centrale Termoelettrica Enipower Mantova.
Decreto AIA n° DVA-DEC-2011-0000437 del 01/08/2011.
Prescrizioni di cui al paragrafo 9.3 del Parere Istruttorio
Conclusivo - Adeguamenti Caldaia B6.

In ottemperanza a quanto previsto dalla prescrizione di cui al paragrafo 9.3 del Parere Istruttorio Conclusivo del decreto in oggetto, con la presente trasmettiamo il "Progetto di massima per la riduzione degli inquinanti e adeguamento ai limiti AIA" della caldaia B6 redatto dalla società Alstom Power Italia S.p.A.

Come meglio specificato nella documentazione allegata al paragrafo 6 "Piano degli interventi di adeguamento ambientale", l'intervento complessivo sulla caldaia sarà realizzato in due distinte fasi:

- la prima, relativa all'esecuzione delle necessarie modifiche in caldaia ed all'installazione della debita componentistica aggiuntiva, verrà realizzata entro 2 anni da oggi.
- la seconda, inerente il tuning dei parametri operativi e l'installazione del catalizzatore, verrà finalizzata immediatamente a valle della prima e comunque entro 4 anni dal rilascio dell'AIA così come previsto dal decreto.

Si informano pertanto gli spettabili Enti in indirizzo che, stanti i ridotti termini di adeguamento temporale previsti dal suddetto decreto AIA, procederemo tempestivamente in accordo.

Cordiali saluti

enipower
mantova spa
Stabilimento di Mantova
Il Responsabile
Ing. Maurizio Dessi

All.: Progetto di massima Alstom Power Italia SpA "Enipower Mantova. Impianto: Caldaia B6 - Tosi Stabilimento di Mantova. Riduzione emissioni inquinanti ed adeguamento ai limiti AIA. Rapporto tecnico" doc. n° 4007 BTV 16110 Rev. 00 del 14/02/2012 e relativi allegati tecnici

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**
Stabilimento di Mantova
Caldaia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 1 di 42

Cliente :**power mantova****Impianto :****Caldaia B6 - Tosi**
Stabilimento di Mantova**Progetto di massima****Riduzione emissioni inquinanti ed adeguamento ai**
Limiti AIA**RAPPORTO TECNICO**

| Rev. | Data | Descrizione | Preparato | Controllato | Approvato |
|------|------------|-----------------|--------------------------------|-------------|--------------|
| 00 | 14/02/2012 | Prima Emissione | L. Messanelli / L. Spagnolo | B. Monopoli | G. Brazzetti |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 2 di 42 |
|---|---|---|

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. Obiettivo dello studio | 3 |
| 2. Cenni sulla formazione degli inquinanti | 5 |
| 2.1 Formazione del CO | 5 |
| 2.2 Formazione degli NOx | 6 |
| 3. Tecniche a disposizione per la riduzione delle emissioni | 8 |
| 3.1 Tecnologie di riduzione NOx "In-Furnace" | 8 |
| 3.2 Tecnologie di riduzione NOx "Out of Furnace" | 16 |
| 4. Interventi "In & Out of Furnace" proposti sulla Caldaia B6 di Mantova | 27 |
| 5. Descrizione degli interventi da effettuare sulla Caldaia B6 | 28 |
| 5.1 Installazione delle porte SOFA | 28 |
| 5.2 Installazione del Sistema Denitrificazione Catalitico – SCR | 29 |
| 6. Piano degli interventi di adeguamento ambientale | 31 |
| 7. Allegati: | 32 |

| | | |
|---|---|---|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV I6110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 3 di 42 |
|---|---|---|

1. Obiettivo dello studio

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ha emesso (decreto DVA-DEC-2011-0000437) in data 01-08-2011 l'Autorizzazione Ambientale Integrata (AIA) per l'esercizio della Centrale termoelettrica Enipower Mantova sita nel comune di Mantova, all'interno della quale sono definiti i limiti di emissione e le prescrizioni di esercizio per le unità termiche CC1, CC2 (cicli combinati) e B6 (ciclo termico Rankine con turbina a vapore in assetto cogenerativo a contropressione).

In particolare per il caso trattato in questo studio, si farà specifico riferimento alla caldaia identificata come "B6".

In accordo a quanto richiesto dal suddetto decreto, Enipower Mantova S.p.A. ha commissionato ad Alstom Power Italia S.p.A. un progetto di adeguamento della caldaia atto a definire le modifiche e le migliorie da apportare al sistema di combustione per adeguarlo alle BAT (Best Available Techniques) utilizzando le possibili tecniche di riduzione delle emissioni atmosferiche al fine di ottemperare alle prescrizioni previste dall'A.I.A.

La caldaia B6 (datata 1972 e costruita da F. Tosi, oggi Ansaldo Caldaie) è del tipo a bruciatori "tangenziali"; attualmente installati su 4 piani, distribuiti ai 4 angoli della camera di combustione avente forma di parallelepipedo. I bruciatori possono essere brandeggiati (tilting) in modo da regolare la posizione del ciclone dove avviene la combustione (fire ball) e controllare la temperatura del vapore surriscaldato e ridurre, entro certi limiti, la formazione di specie inquinanti (CO per combustione incompleta, NOx per elevate temperature di fiamma)

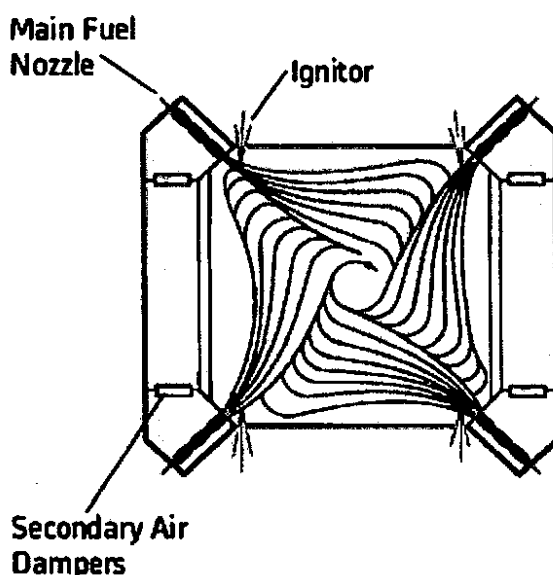


Fig. 1 - Posizione bruciatori, casse aria comburente e posizione della fiamma (fire-ball)

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova
Caldaja B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 4 di 42

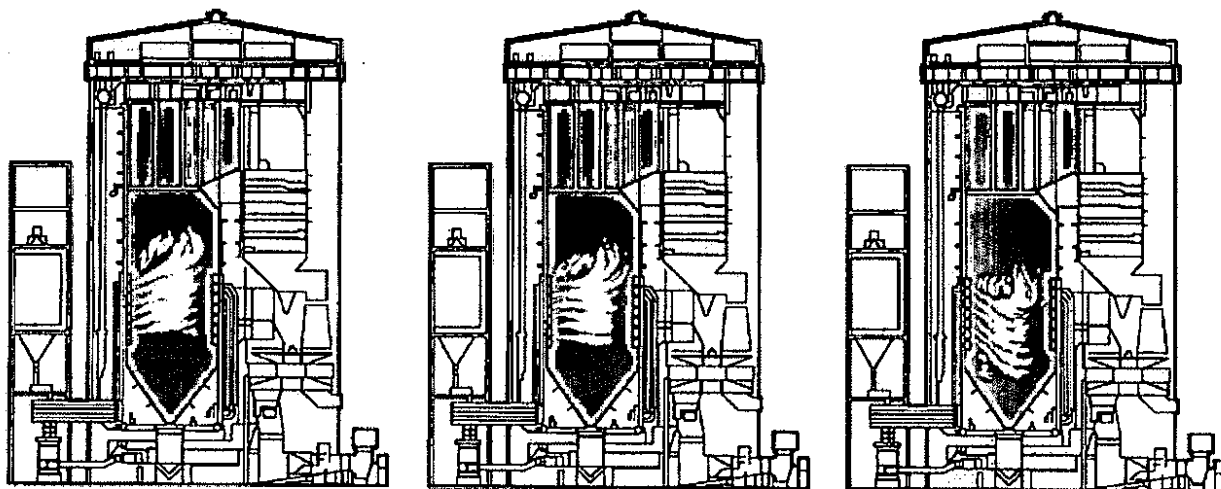


Fig. 2 - Sistema di brandeggio bruciatori - Tilting
(da Clean Combustion Technologies 5th ed., edito da Alstom)

La particolarità del sistema di combustione attuale ha suggerito la ricerca di soluzioni, a diverso e crescente grado di complessità impiantistica, presso il detentore (oggi Alstom Power) del know-how e della tecnologia di combustione del licenziante originario (ex Combustion Engineering, C-E, con sede a Windsor, Connecticut).

L'assegnazione dello studio di adeguamento ad Alstom Power ha consentito quindi ad Enipower Mantova l'accesso ai più recenti sviluppi tecnologici per questo tipo di bruciatori e camere di combustione.

Lo studio si è sviluppato in fasi successive per verificare la sostenibilità di singoli interventi sia per quel che riguarda l'efficienza energetica del sistema, sia per stimarne gli impatti sulla riduzione delle emissioni inquinanti, tenendo presente, tra l'altro, i vincoli legati all'attività dello stabilimento per il quale è necessario garantire elevati standard di affidabilità e disponibilità nella fornitura di vapore da questa unità.

I limiti che devono essere raggiunti al termine dei lavori di adeguamento della caldaia B6 di Mantova sono indicati nella tabella seguente :

| Inquinanti | Limiti BAT ed AIA |
|-----------------------|--------------------------|
| NO _x eq. ≤ | 100 mg / Nm ³ |
| CO ≤ | 100 mg / Nm ³ |

Tabella 1 – Limiti di emissioni ambientali previsti dalle BAT, riferiti al 3% O₂ nei fumi andri, calcolati su base oraria

Il valore esposto per i NO_x include anche l'eventuale emissione di NH₃ (detto in gergo "ammonia slip"), espresso in NO_x equivalente, nel caso di impiego di sistemi di abbattimento catalitico (SCR).

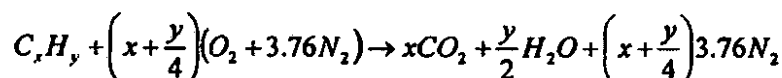
| | | |
|---|---|---|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 5 di 42 |
|---|---|---|

Nell'assetto impiantistico attuale la caldaia B6 rispetta i limiti di emissioni previsti dalla normativa regionale (allegato C DGR 65/01, $\text{NO}_x < 200 \text{ mg/Nm}^3$) scontando una penalizzazione sul carico massimo producibile.

Gli ultimi dati di esercizio, prima dell'entrata in vigore dei limiti della normativa suddetta, relativi ad un funzionamento a pieno carico della caldaia B6, alimentata solamente a gas naturale, riportano emissioni intorno a $380 - 400 \text{ mg/Nm}^3$ di NO_x (il limite era a 650 mg/Nm^3) e CO trascurabile.

2. Cenni sulla formazione degli inquinanti

L'equazione seguente descrive la combustione completa in condizioni stechiometriche di un generico idrocarburo:



Nella trasformazione chimica, si ottengono solamente CO_2 e H_2O .

Nella realtà il processo di combustione genera una serie di altri inquinanti la cui formazione deriva da due cause principali:

- Il processo di combustione è in varia misura incompleto e ciò porta alla presenza, nei fumi di scarico a valle del processo di combustione, di CO, idrocarburi incombusti o parzialmente ossidati, particelle carboniose ed agglomerati di esse.
- Le condizioni del processo innescano reazioni secondarie indesiderate che coinvolgono l'azoto atmosferico e che portano alla formazione di ossidi di azoto (NO_x).

2.1 Formazione del CO

L'equazione che regola il processo di formazione del monossido di carbonio è la seguente:

$$X_{CO} = 3 \times 10^4 \times \exp\left(\frac{-67000}{1.98 \times T}\right) \times \frac{X_{CO_2}}{\sqrt{X_{O_2}}}$$

dove X_{CO} , X_{CO_2} ed X_{O_2} sono le frazioni molari (o concentrazioni volumetriche) delle specie partecipanti alla reazione e T la temperatura.

Nella formazione di CO i parametri più importanti sono la temperatura di reazione e il tenore di ossigeno nell'ambiente di reazione.

La formazione di CO è imputabile principalmente a tre fattori:

- Temperature di reazione eccessivamente basse;
- Carenza di ossigeno, ad esempio in miscele riducenti o zone della camera riducenti per cattiva distribuzione dell'aria comburente.
- Tempo di permanenza inadeguato

| | | |
|---|---|---|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 6 di 42 |
|---|---|---|

Il CO è il principale prodotto della combustione incompleta e può essere utilizzato per stimare l'efficienza del processo chimico.

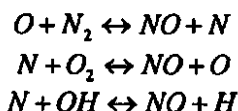
2.2 Formazione degli NOx

Gli ossidi di azoto vengono generalmente indicati con NOx che rappresenta l'insieme di NO ed NO₂ anche se comprendono una miscela più complessa comprendente altri composti quali N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅, N₂O.

La formazione degli NOx, intrinseca al fenomeno della combustione, è dovuta in generale ai seguenti tre meccanismi:

Ossidazione dell'azoto presente nell'aria:

Un meccanismo di formazione dell'ossido nitrico nei processi di combustione è stato introdotto per la prima volta da Zel'dovich ed è noto appunto come "Zel'dovich mechanism" costituito dalle seguenti equazioni:



Questo processo è noto anche con il nome di "*Thermal NOx*". La formazione degli NOx deriva dalla ossidazione dell'azoto presente nell'aria quando la temperatura di fiamma è molto elevata ($T > 1850$ °K).

La formazione degli NOx di origine termica è funzione dei seguenti parametri di combustione:

- temperatura di fiamma
- eccesso d'aria
- tempo di residenza della miscela

Ossidazione dell'azoto organico:

Un altro meccanismo di formazione dell'ossido nitrico è la trasformazione dell'azoto organico presente nel combustibile in NOx durante il processo di combustione (noto anche come "*Fuel NOx*").

L'entità di NOx prodotti dipende da quanto N è contenuto nel combustibile. Tutto l'azoto presente nel combustibile viene trasformato in NOx in un processo di combustione.

La scelta di combustibili che non contengano impurezze azotate, come ad esempio il gas naturale, contribuisce a evitare una delle possibili fonti di NOx.

Prompt NOx:

Un terzo meccanismo di formazione degli ossidi di azoto è quello conosciuto come "*Prompt NOx*". Gli NOx dovuti a questo meccanismo si formano nella parte iniziale della combustione dove si è in forte presenza di sostanze intermedie molto aggressive e che quindi attaccano i radicali derivanti dagli idrocarburi. Questi radicali possono rompere il triplo legame della

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV I6110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 7 di 42

molecola di azoto dando origine ad un azoto molecolare che viene successivamente ossidato ad NO.

Fenimore ha chiamato l'ossido nitroso formatosi in questo modo "Prompt NO".

A differenza del meccanismo "Thermal NOx" questo processo è molto veloce e non necessita di temperature elevate.

La quantità di produzione di Prompt NOx è nettamente inferiore rispetto agli NOx di origine "Thermal" o "Fuel".

La sottostante Fig. 2 illustra la concentrazione degli NOx in funzione della temperatura di fiamma.

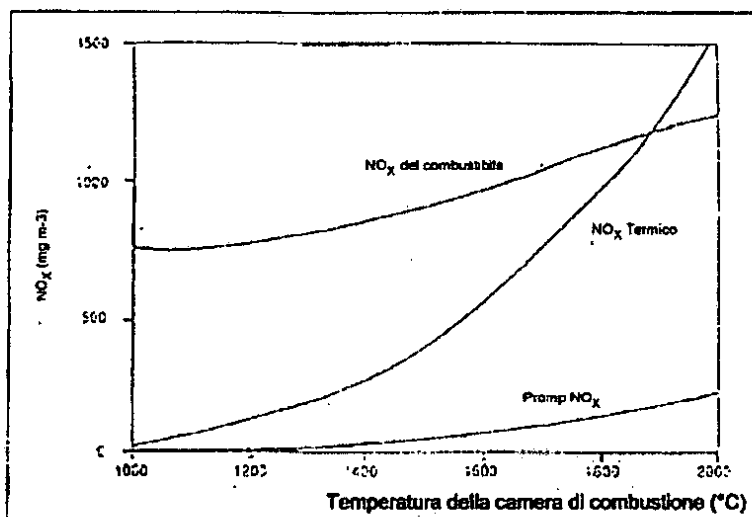


Fig. 3 - Concentrazioni di NOx in funzione della temperatura

In particolare utilizzando combustibili gassosi, quale ad esempio il gas naturale, i meccanismi di formazione degli NOx tipo "Fuel NOx" e "Prompt NOx" sono del tutto trascurabili e gli NOx vengono quasi esclusivamente formati per via termica ("Thermal NOx").

| | | |
|--|--|---|
| <p>ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler</p> | <p>enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale</p> | <p>Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 8 di 42</p> |
|--|--|---|

3. Tecniche a disposizione per la riduzione delle emissioni

Per ricondizionare ed adeguare alle Best Available Techniques la caldaia B6, si possono utilizzare tecniche caratterizzate da gradi di complessità ed impatto crescenti.

I metodi di riduzione degli inquinanti, in particolare degli NOx, possono essere suddivisi schematicamente in :

- o Metodi "In-Furnace", ovvero riduzione degli NOx direttamente nel processo di combustione
- o Metodi "Out-of Furnace", ovvero abbattimento degli NOx a valle della loro formazione

Naturalmente è possibile, in base al risultato che si vuole ottenere, ricorrere ad un'opportuna combinazione di essi.

3.1 Tecnologie di riduzione NOx "In-Furnace"

Le tecniche usate per diminuire la formazione di NOx durante il processo di combustione sono basate sui seguenti principi:

Controllo dell'eccesso d'aria. Nei processi di combustione la condizione di eccesso d'aria permette di assicurare un'ossidazione completa del combustibile. La presenza di ossigeno in rapporto superiore a quello necessario a legarsi con il combustibile comporta una disponibilità residua che può combinarsi con l'azoto. Minimizzando tale eccesso si limita la porzione di comburente di aria destinata alla produzione degli NOx.

Combustione a stadi. L'immissione di aria in momenti differenziati all'interno del bruciatore comporta un contenimento della temperatura della fiamma, che influisce positivamente nel limitare la produzione di ossidi di azoto e garantisce nel contempo un'ossidazione completa dei componenti nel passaggio da uno stadio primario di combustione allo stadio successivo.

Ricircolo dei gas di combustione. L'addizione dei gas in uscita dal bruciatore, che contengono prodotti non più reattivi, all'aria entrante nel bruciatore riduce la temperatura di fiamma ed abbassa la concentrazione relativa di ossigeno limitando la formazione degli NOx.

Le modifiche e/o sostituzioni delle parti di impianto che sono state valutate per ridurre le emissioni della Caldaia B6 di Mantova con metodi "In Furnace" sono le seguenti:

- o modifica della ripartizione dell'aria comburente mediante l'introduzione di porte **SOFA**, (**Separated Over Fire Air**) sui quattro angoli della caldaia, al di sopra dei bruciatori. La portata di aria comburente viene ridotta ai bruciatori di circa il 25% (dove si ha una combustione parziale sottostechiometrica) e poi questa portata di aria viene immessa in camera di combustione ad un livello (elevazione) più elevato (Fig. 4).
- o diversa ripartizione del numero di bruciatori dagli attuali N° 16 su 4 piani disposti agli angoli della camera di combustione a N° 12 bruciatori su 3 piani (compressed firing). L'eliminazione del livello più alto dei bruciatori permette la sostituzione degli iniettori gas con altre porte di ingresso aria **COFA** (**Coupled Over Fire Air** per differenziarle dalle SOFA che sono posizionate ad un livello superiore della camera di combustione). La quantità di combustibile che alimentava il livello più alto dei bruciatori viene inviato ai bruciatori posti sui restanti 3 livelli.

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boilerenipower mantova s.p.a.
Stabilimento di Mantova
Caldia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 9 di 42

- o introduzione di un sistema di ricircolo fumi (FGR, Flue Gas Recirculation) per la riduzione della temperatura di fiamma, parametro responsabile della formazione di ossidi di azoto di tipo "termico".

Porte SOFA

Il metodo piú promettente, caratterizzato anche dai minori impatti sulle prestazioni della caldaia (rendimento termico), è senza dubbio la ripartizione dell'aria di combustione, con introduzione di porte SOFA addizionali.

La tecnologia SOFA (o eventualmente SOFA abbinata a COFA) è finalizzata all'ottenimento di due differenti zone in cui avviene e si completa la combustione all'interno della caldaia:

- o Una prima zona riducente (1) (si veda la figura sottostante) dove i bruciatori lavorano in condizioni sotto stechiometriche.
- o Una zona ossidante (2) in cui viene iniettata l'aria necessaria al completamento della combustione, controllando la formazione di CO o il permanere di idrocarburi incombusti.

In questo modo si ottiene una combustione dilazionata in grado di limitare le temperature in camera di combustione contenendo la formazione di NOx.

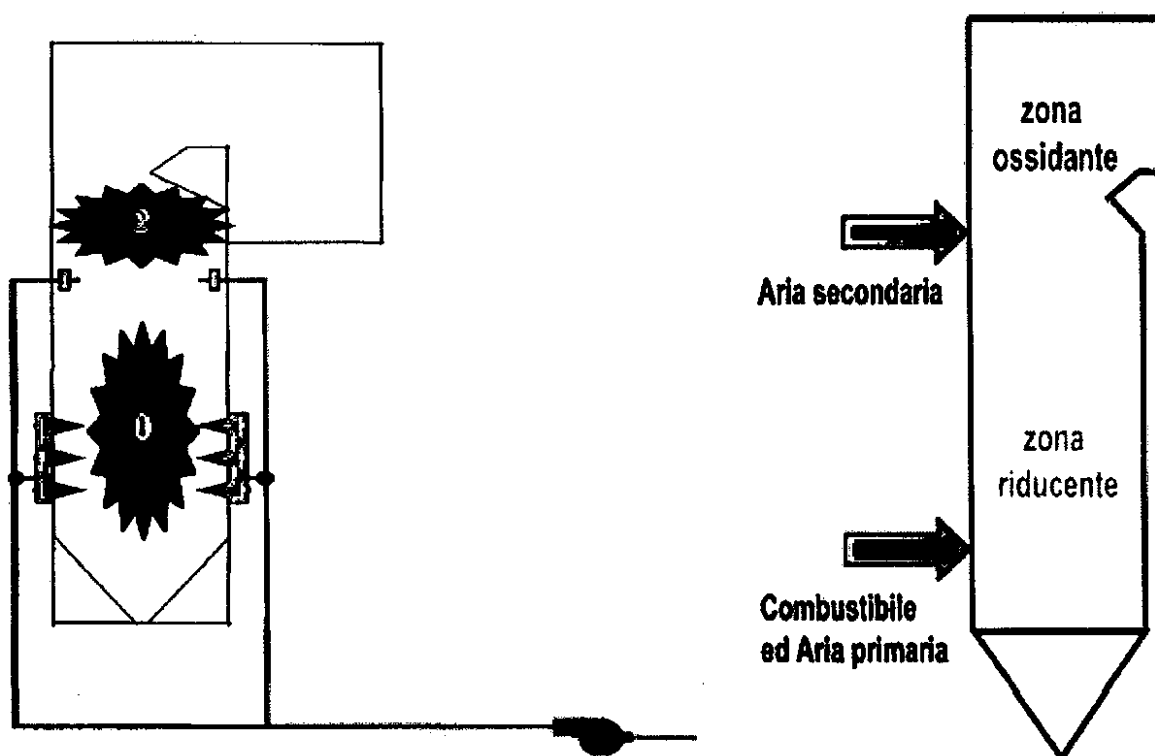


Fig. 4 - Schema di funzionamento del sistema SOFA

Come si può notare dallo schema in figura 4, per adottare la tecnologia SOFA, sono necessarie modifiche ai condotti aria ed alle parti in pressione per l'inserimento degli iniettori

| | | |
|--|--|--|
| <p>ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler</p> | <p>enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale</p> | <p>Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 10 di 42</p> |
|--|--|--|

SOFA stessi. Inoltre per ottenere l'effetto desiderato occorre iniettare l'aria al di sopra dei bruciatori.

La tecnologia SOFA risulta essere più efficiente della sola tecnologia COFA in termini di riduzione delle emissioni di NOx, per via del maggior tempo di residenza della miscela in condizioni sotto-stechiometriche.

Con l'implementazione della tecnologia SOFA si possono ottenere riduzioni degli NOx dell'ordine di 40 – 60 %. avendo inoltre un impatto trascurabile sulle prestazioni e sulla efficienza della caldaia.

Abbassamento del Baricentro della Fiamma (Compressed Firing)

L'abbassamento del centro della fiamma comporta un aumento del tempo di residenza della combustione in condizioni sub-stechiometriche, cioè a temperature più basse.

L'implementazione del sistema "Compressed Firing" per ridurre gli NOx è efficace solo quando adottato congiuntamente con la tecnologia OFA (Fig. 5, tipico lay-out angolo bruciatori).

L'abbassamento del baricentro dei fuochi permette un'ulteriore riduzione rispetto ai valori di NOx che si ottengono con le sole SOFA, dell'ordine di 15 / 20 %.

La tecnologia di combustione "OFA + Compressed Firing" ha un'influenza del tutto trascurabile sulle performance della camera di combustione e sul carico termico in zona bruciatori.

Purtroppo in tali condizioni non risulta possibile limitare la formazione di incombusti e quindi l'emissione di CO.

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boilerenipower mantova s.p.a.
Stabilimento di Mantova
Caldia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 11 di 42

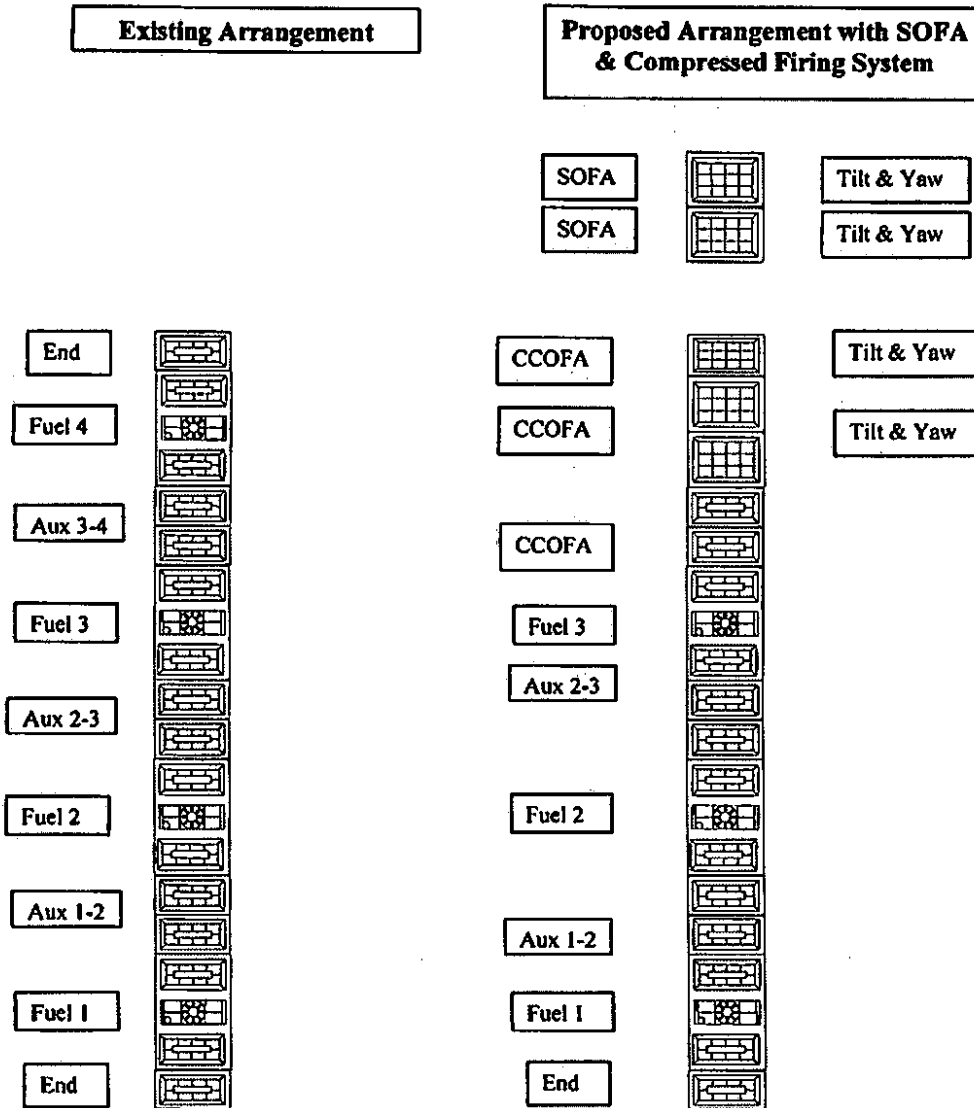


Fig. 5 – Lay out “angolo bruciatori” attuale (a sinistra) o con eventuale sistema di combustione “Compressed Firing, COFA + SOFA” (a destra)

Ricircolo dei Gas di Combustione (Flue Gas Recirculation - FGR)

L'aggiunta dei gas in uscita dal bruciatore, che contengono prodotti non più reattivi in un nuovo stadio di combustione, all'aria entrante nel bruciatore, riduce la temperatura di fiamma, abbassa la concentrazione relativa di ossigeno e contiene la formazione degli NOx.

Il gas di ricircolo viene prelevato all'uscita della caldaia, prima di giungere al Ljungstrom, ed attraverso un sistema di condotti viene inviato in cassa d'aria. Per vincere le perdite di carico

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boilerenipower mantova s.p.a.
Stabilimento di Mantova
Caldaia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

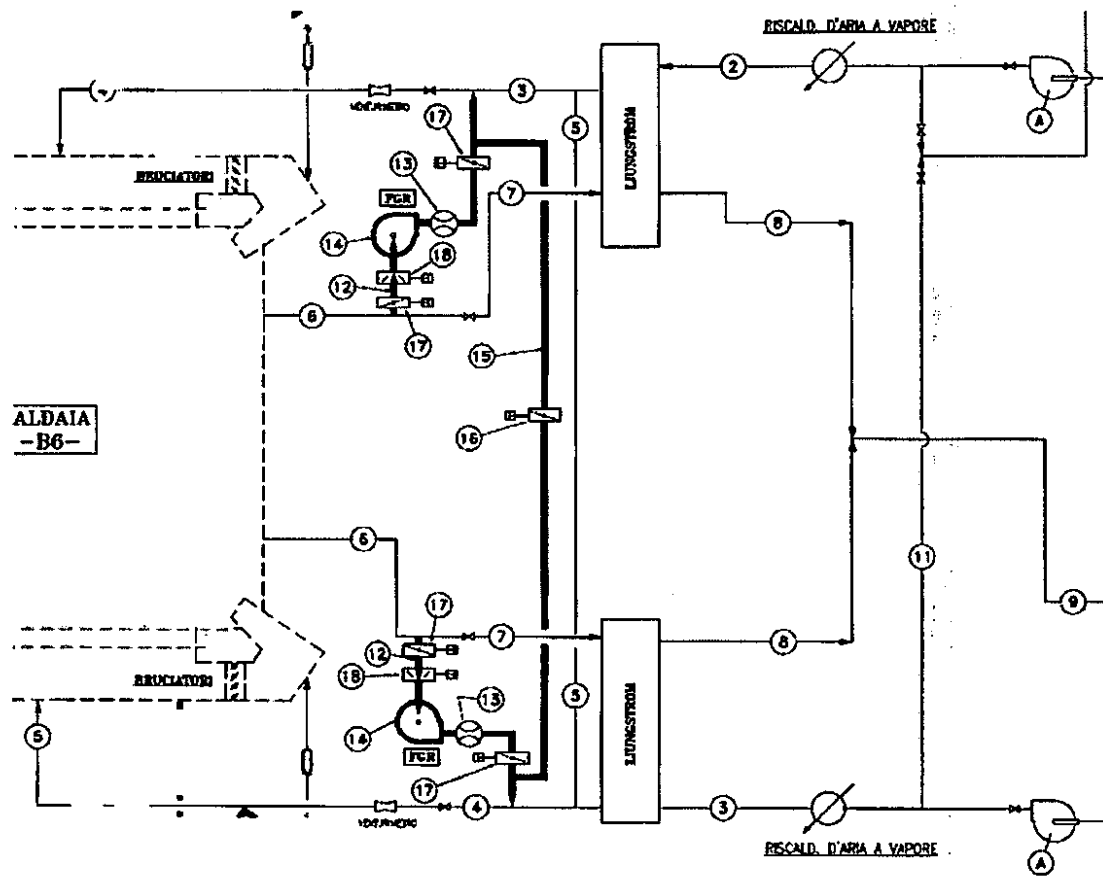
Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 12 di 42

nei condotti e la differenza di pressione tra zona di prelievo dei fumi e l'immissione in cassa d'aria, è necessario installare un ventilatore di ricircolo "GRF - Gas Recirculation Fan" (Fig. 6).



- Pos. 6 & 7 - Condotto fumi da uscita ECO a Ljungstrom
 Pos. 4 - Condotto aria da Ljungstrom a cassa d'aria
 Pos. 14 - Ventilatore di ricircolo fumi
 Pos. 13 - Misuratore di portata fumi di ricircolo
 Pos. 17 & 18 - Serrande di regolazione portata fumi

Fig. 6 - Schema ricircolo gas

L'inserimento del ricircolo fumi in caldaia comporta lo spostamento dell'assorbimento termico dalla camera di combustione a valle nel passaggio convettivo aumentando l'assorbimento del surriscaldatore a bassa temperatura e dell'economizzatore. Questo comporta un aumento della temperatura dei fumi all'uscita della caldaia e quindi un peggioramento dell'efficienza della caldaia e la necessità di eseguire una serie di modifiche importanti delle parti in pressione.

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 13 di 42 |
|---|---|--|

Limiti emissivi raggiungibili con le sole tecnologie "In-Furnace"

Alstom ha eseguito una serie di valutazioni sui valori limiti di NOx e CO raggiungibili considerando l'applicazione di ciascuno dei metodi di riduzione "In Furnace" sopra descritti e la loro combinazione a due differenti carichi di Caldaia (80-85% Maximum Continuous Rated, MCR, & 100% MCR):

- o Porte SOFA
- o Abbassamento del Livello dei Fuochi
- o Ricircolo Gas

La Tabella 2 riporta i risultati degli studi di processo ed i limiti attesi e garantiti degli inquinanti NOx e CO (valori a secco @ 3% O₂), utilizzando gas naturale:

| CARICO CALDAIA | METODO DI RIDUZIONE "IN FURNACE" | NOx ATTESO mg/Nm ³ | NOx GARANTITO mg/Nm ³ | CO ATTESO mg/Nm ³ | CO GARANTITO mg/Nm ³ |
|----------------|--|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 100 % MCR | Situazione attuale "Nessun intervento" | 380 - 400 (misurato) | - | Trasc. (misurato) | - |
| 100% MCR | SOFA | 150 - 175 | < 200 | 50 - 80 | < 188 |
| | SOFA + COMPR. FIRING | 125 - 150 | < 175 | 60 - 100 | < 188 |
| | SOFA + 10% FGR | 125 - 150 | < 175 | 60 - 100 | < 188 |
| | SOFA + 20% FGR | 100 - 120 | < 175 | 60 - 100 | < 188 |
| | SOFA + 10% FGR + COMPR. FIRING | 125 - 150 | < 175 | 60 - 100 | < 188 |
| 80 - 85% MCR | SOFA + COMPR. FIRING | 119 - 142 | < 165 | 50 - 80 | < 140 |
| | SOFA + 10% FGR + COMPR. FIRING | 94 - 113 | < 125 | 50 - 80 | < 140 |

Tabella 2 – Emissioni in atmosfera con installazione di soli metodi primari ai carichi 80% MCR e 100% MCR

| | | |
|--|--|--|
| <p>ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler</p> | <p>enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale</p> | <p>Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 14 di 42</p> |
|--|--|--|

Relazione tra valori di CO ed NOx nei processi di combustione

Dalla tabella si nota che la stima dei CO è compresa nell'intervallo 50-188 mg/Nm³ e dipende dai valori di NOx raggiunti.

In particolare si può notare che i valori di CO sono inversamente proporzionali ai valori di NOx. Più bassi sono gli NOx e più alti sono i valori di CO. Inoltre la quantità di CO che si sviluppa nella combustione del gas naturale segue una legge esponenziale, pertanto quando si esercisce la caldaia per ottenere un valore minimo di emissioni di NOx è sufficiente un piccolo cambio delle condizioni di combustione e/o una perturbazione del carico di caldaia per avere un significativo aumento delle emissioni di CO.

Questo vuol dire che ottimizzando il processo di combustione per ottenere le minime emissioni di NOx, non si possono ottenere nel contempo valori di CO ugualmente bassi.

Le emissioni di CO possono essere limitate solo nel processo di combustione, mentre l'abbassamento dei valori di NOx può essere ottenuto anche con tecnologie esterne alla camera di combustione.

Valutazione dell'impatto dei sistemi "In-Furnace" sulle prestazioni della caldaia

L'installazione di porte di post-combustione "SOFA" e l'implementazione di un sistema "Compressed Firing" hanno, come già anticipato, un'influenza del tutto trascurabile sulle prestazioni della caldaia e sulla sua efficienza.

Infatti l'installazione di questi due sistemi non comporta variazioni apprezzabili dei parametri termici di dimensionamento della camera di combustione e dell'assorbimento di calore delle pareti in zona bruciatori.

Questo non è altrettanto vero per l'installazione del ricircolo fumi che comporta lo spostamento dell'assorbimento di calore dalla camera di combustione a valle di questa, nel passaggio convettivo della caldaia.

Allo scopo di valutare l'impatto effettivo del ricircolo gas sui vari componenti della caldaia B6 di Mantova, Alstom ha eseguito un accurato calcolo termodinamico utilizzando un software di calcolo specifico (RHBP program) sviluppato da Alstom stessa.

Il programma RHBP calcola le performance di caldaia, le performance dei vari componenti del circuito acqua/vapore ed aria/gas, l'efficienza del boiler.

Il modello di calcolo della caldaia B6, costruito con detto programma, è stato quindi messo a punto con gli effettivi parametri rilevati in esercizio allo scopo di rappresentare il modo di funzionamento proprio della Caldaia B6.

L'analisi ha confermato che l'inserimento di un ricircolo gas del 20% della portata dei fumi ha significativi impatti sull'efficienza della caldaia stessa ed è necessario apportare modifiche sostanziali delle parti in pressione, in particolare:

- o aumento della superficie del surriscaldatore di bassa temperatura (BT) posizionato nel secondo passaggio fumi. E' risultato necessario aggiungere due loop di tubi in modo da evitare la riduzione della superficie dell'economizzatore.
- o sostituzione dei tubi del surriscaldatore BT, situato nel primo passo della caldaia, con tubi di materiali più resistenti alle alte temperature in quanto è stato calcolato che le temperature di metallo superano quelle originarie di progetto.

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 16 di 42 |
|---|---|--|

- o nel caso i valori di carico della caldaia individuati durante il test non siano compatibili con le esigenze di Enipower Mantova, si ottimizzerà il processo di combustione per ottenere i valori di CO $\leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ richiesti dal decreto "AIA" e si procederà alla implementazione delle metodologie "Out of Furnace" per abbattere ulteriormente gli NOx fino a raggiungere i valori richiesti dal medesimo decreto a valle del processo di combustione.

3.2 Tecnologie di riduzione NOx "Out of Furnace"

Non sempre le tecniche "In-Furnace" sortiscono gli effetti desiderati, ovvero il raggiungimento del target fissato in termini di riduzione NOx.

Per l'abbattimento degli NOx a valle del processo di combustione vengono utilizzate principalmente le due seguenti consolidate tecnologie:

- o **"Selective Non-Catalytic Reduction - SNCR"**: Il processo "SNCR" riduce gli ossidi di azoto (NOx) subito a valle della zona di combustione in caldaia attraverso l'iniezione di una soluzione acquosa di urea nei gas combusti. Il parametro chiave che governa il processo è la temperatura dei fumi (900 – 1200 °C) e la distribuzione del reagente nella zona di iniezione nei fumi.
- o **"Selective Catalytic Reduction - SCR"**: il processo "SCR" riduce gli ossidi di azoto (NOx) mediante l'iniezione di una soluzione acquosa di ammoniaca in un reattore catalitico. Prima di accedere al catalizzatore propriamente detto i fumi vengono addizionati della quantità di ammoniaca necessaria allo svolgimento, sulla superficie del catalizzatore, delle reazioni chimiche di riduzione.

La tecnologia "SNCR" si applica con difficoltà alla Caldaia B6 di Mantova in quanto il lay-out dei banchi di scambio termico di questa caldaia non permette un'iniezione della soluzione di urea in una zona in cui le temperature dei fumi siano ottimali per la reazione chimica.

Questa metodologia ha una potenzialità di riduzione degli NOx limitata ad un massimo del 15 – 20% degli NOx provenienti dal processo di combustione ed inoltre un certo residuo di NH₃ può essere trascinato nei fumi a valle e può provocare sporcamenti delle superfici dei banchi di scambio e del Ljungstrom in alcuni casi specifici di funzionamento dell'impianto.

La tecnologia "SCR" è invece molto più flessibile. Il reattore catalitico può essere installato in qualunque punto del condotto che convoglia i fumi dall'uscita della Caldaia al preriscaldatore d'aria Ljungstrom. Inoltre il sistema SCR ha una capacità di riduzione degli NOx presenti nei fumi più efficiente e permette un controllo più accurato dello slipage di ammoniaca a valle.

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boilerenipower mantova s.p.a.
Stabilimento di Mantova
Caldia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

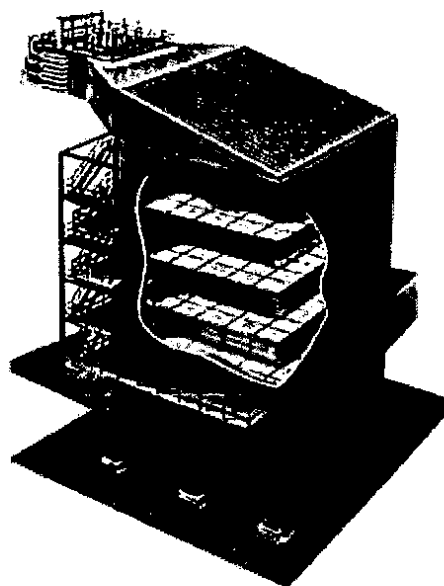
Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 17 di 42

Descrizione del Processo di Riduzione Catalitica - SCR

La Riduzione Catalitica Selettiva (Selective Catalytic Reduction, anche detta SCR) è un metodo per ridurre la quantità di ossidi d'azoto (NOx, soprattutto NO e NO₂) negli scarichi in atmosfera a valle, principalmente, di utilizzatori di combustibili fossili.



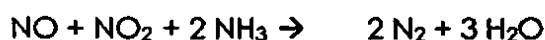
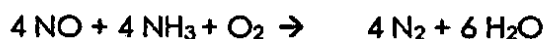
Tipico reattore SCR

L'agente riducente utilizzato per convertire gli ossidi di azoto in azoto gas (N₂) è l'ammoniaca (NH₃).

Il sistema SCR è formato da vari componenti, ma il componente chiave è sicuramente il reattore catalitico. Nel reattore è inserito un catalizzatore, suddiviso in strati, dove avviene la reazione chimica.

Il catalizzatore è composto tipicamente da pentossido di vanadio su un substrato di diossido di titanio, al substrato viene conferita una forma tale da avere un'ampia superficie di reazione e da instaurare flussi di gas paralleli. Gli elementi del catalizzatore vengono realizzati in due forme: a piastre (plate) oppure a nido d'ape (honeycomb).

Prima di accedere al reattore propriamente detto i fumi vengono addizionati della quantità di ammoniaca necessaria allo svolgimento sulla superficie del catalizzatore delle seguenti reazioni chimiche:



Tali reazioni avvengono con proporzione stechiometrica solo al passaggio dei fumi sul catalizzatore. Altre reazioni tra NOx e ammoniaca possono avvenire, ma meno rilevanti. I principali composti prodotti sono quindi azoto e acqua, entrambi innocui. L'ammoniaca

| | | |
|--|--|--|
| <p>ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler</p> | <p>enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale</p> | <p>Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 18 di 42</p> |
|--|--|--|

iniettata non reagisce completamente nei fumi, e questa quantità non reagita prende il nome di slip di ammoniacca.

La presenza di catalizzatore permette anche di far avvenire le reazioni ad una temperatura più bassa di quella necessaria per attivare la reazione non catalizzata.

L'intervallo di temperatura ottimale di lavoro per un catalizzatore è fra i 250 e 450 °C. Questo intervallo però può essere ristretto a seconda della composizione dei gas esausti.

L'ammoniaca necessaria alla reazione è iniettata nel condotto d'ingresso al reattore, miscelata con aria in modo da garantirne la distribuzione nel condotto.

I gas di combustione miscelati con ammoniacca, dopo aver raggiunto una composizione omogenea, passano successivamente attraverso gli strati di catalizzatore, per poi confluire all'esistente Ljungstrom.

Per ottimizzare la pulizia del catalizzatore si può prevedere un sistema di pulizia a onda d'urto tramite corni acustici al momento non previsti, per i quali vengono già predisposti i bocchelli nel cassone del reattore.

Stoccaggio e dosaggio ammoniacca (rif. allegato 4)

L'ammoniaca necessaria per il processo SCR è stoccata in forma acquosa (NH₄OH), diluita al 20%.

Il serbatoio di stoccaggio ammoniacca (capacità circa 30 m³) è dimensionato per resistere al vuoto ed alla massima pressione positiva che si potrà manifestare a seguito di operazioni di carico/scarico del liquido oppure a causa della variazione della temperatura atmosferica (tra 0 e +40 °C) e lavorerà ad una pressione compresa tra 1 e 1.5 bar (a). Lo stesso sarà equipaggiato con valvola di sicurezza. Il serbatoio sarà dimensionato per 2.5 bar (a).

L'ammoniaca necessaria al processo verrà alimentata al serbatoio di stoccaggio mediante autocisterna connessa alla stazione di scarico tramite tubi flessibili e al sistema di stoccaggio tramite pompa (1x100%).

Due pompe di dosaggio (2x100%, una operativa ed una in stand-by), estrarranno dal serbatoio e invieranno la soluzione ammoniacale alla stazione di preparazione ed iniezione.

La soluzione di ammoniacca sarà dosata mediante valvole di controllo in base all'emissione di NOx richiesta, atomizzata con l'ausilio di aria compressa, e contemporaneamente vaporizzata dall'aria calda.

Le concentrazioni della miscela gassosa aria/ammoniaca saranno mantenute ampiamente fuori dai limiti di esplosività. L'aria calda di vaporizzazione sarà trasportata per mezzo di 2x100% ventilatori, e riscaldata da scambiatore elettrico dedicato. A questo punto l'ammoniaca, vaporizzata e diluita, viene miscelata ai gas esausti mediante una griglia di iniezione / mixer.

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldaia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV I6110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 19 di 42

Sistema di controllo emissioni

Il sistema di controllo, da aggiungere al DCS esistente, del processo proposto da Alstom è basato su una concentrazione di NOx costante in uscita dal reattore.

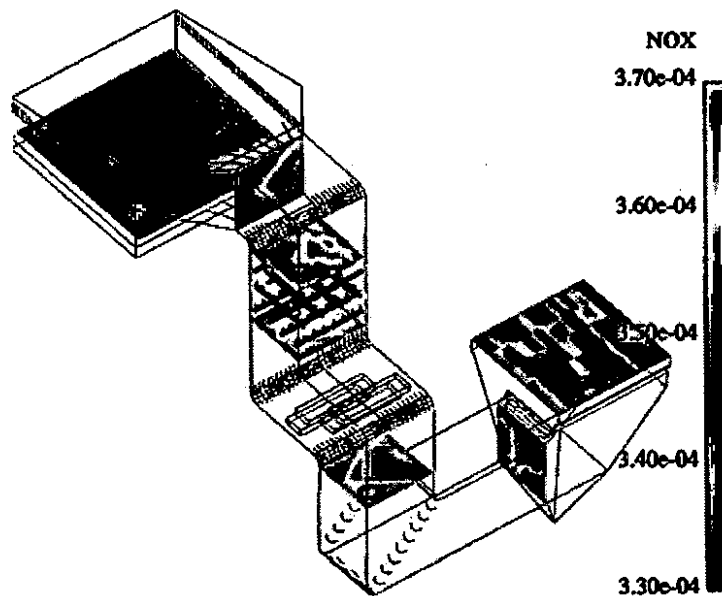
Due analizzatori uno in entrata, a monte del DeNOx ed uno in uscita a valle DeNOx, monitoreranno la concentrazione di NOx.

Ottimizzazione fluidodinamica del sistema SCR

Il design fluidodinamico si ottimizza attraverso un modello di flusso e calcoli computazionali. Per il sistema SCR il sistema di Computerized Fluid Dynamics (CFD) è stato applicato con successo da Alstom in numerosi progetti in tutto il mondo.

Il CFD è uno strumento veloce e potente utilizzato per indagare diversi fenomeni connessi alla dinamica dei fluidi.

La tecnologia CFD-software e hardware offre la possibilità di esaminare rapidamente e facilmente la maggior parte dei problemi legati al flusso nei sistemi SCR, identificando i punti cruciali e le possibili soluzioni progettuali (ad esempio problemi di miscelazione).



Esempio di modello CFD

Il Reattore SCR

Il sistema SCR "high-dust" è posizionato tra l'uscita dell'economizzatore e l'ingresso del preriscaldatore aria/fumi.

Il reattore SCR riceve gas ad alta temperatura al limite di batteria posizionati dopo la sezione dell'economizzatore. I moduli del catalizzatore sono situati in un reattore verticale.

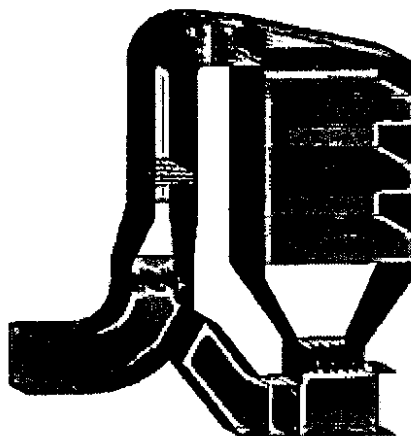
ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldaia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 20 di 42

**Tipica configurazione SCR**

L'ingresso del reattore verrà progettato con un sistema di deviazione del flusso, raddrizzatura, miscelazione e deflettori al fine di ottimizzare i profili di velocità, temperatura, concentrazione di NOx e il rapporto fra ammoniaca e NOx, pur mantenendo un minimo di perdita di pressione dei gas di combustione. L'ingresso del reattore è stato inoltre studiato per ottenere un flusso parallelo ai canali degli elementi del catalizzatore al fine di evitare l'erosione o l'intasamento del catalizzatore. L'ottimizzazione dei profili è un prerequisito per le prestazioni e per la progettazione del catalizzatore.

Il reattore e i suoi grigliati interni sono progettati per garantire la facilità di carico e scarico del catalizzatore. L'accesso sarà fornito al livello di catalizzatore, compresi i passi d'uomo per controllo interno e grandi porte per la rimozione e la sostituzione del catalizzatore.

Descrizione del catalizzatore

Il reattore deNOx sarà equipaggiato dei moduli di catalizzatore necessari completamente assemblati. Commercialmente gli elementi del catalizzatore sono di due tipologie: "a piastre" (plate) oppure "a nido d'ape" (honeycomb).

Entrambe le tipologie possono essere utilizzate in posizione high dust per caldaie a combustione di carbone o a gas naturale. La differenza è legata alle caratteristiche fisiche e meccaniche, mentre la composizione chimica dei siti attivi è analoga.

Il materiale catalitico utilizzato per i catalizzatori di questo tipo è il biossido di titanio (TiO₂), pentossido di vanadio (V₂O₅) e tungsteno o molibdeno. L'ossido di vanadio è il componente più attivo, usato originariamente per convertire l'SO₂ in SO₃ nell'industria dell'acido solforico. La maggior parte del materiale catalitico consiste in ossido di titanio.

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldala B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 21 di 42 |
|---|---|--|

La scelta fra le due forme costruttive dipende dalle condizioni operative della reazione e dalla composizione dei gas reagenti.

Il reattore è dunque stato progettato per poter alloggiare indistintamente sia catalizzatori a "nido d'ape" che "a piastre".

L'esperienza Alstom con i principali produttori di catalizzatori nel mondo permette di selezionare e fornire il catalizzatore più adatto ad ogni installazione considerando le sue peculiarità.

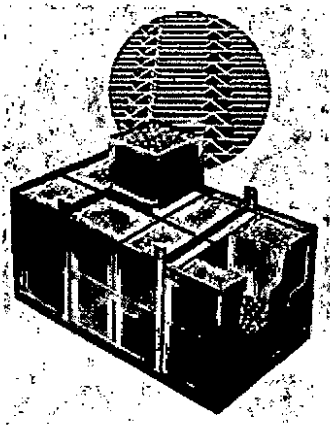
Nella maggior parte dei casi più di un catalizzatore è adatto all'applicazione, ma, a causa delle differenze nella selezione dei materiali e della composizione tra i vari fornitori, le dimensioni dei moduli possono avere taglie differenti.

Per questo progetto sono stati considerati moduli di catalizzatore di dimensioni standard, ovvero approssimativamente lunghi 2 metri, larghi 1 m ed alti 0.65 m minimo.

Inoltre il reattore è progettato per supportare i pesi differenti e le altezze differenti dai vari fornitori, in modo tale che, in caso di sostituzione di uno strato, Enipower Mantova non sia costretta a ricorrere ad un solo fornitore.

Il catalizzatore "a piastre" ha una matrice metallica rivestita di materiale attivo.

La configurazione a piastre consente al catalizzatore di essere poco suscettibile all'occlusione dovuta al carico delle ceneri, e alle ceneri di grandi dimensioni. Tuttavia la superficie attiva per unità di volume è bassa.



Catalizzatore a piastre

Il catalizzatore di tipo 'honeycomb' è costituito interamente da materiale catalitico estruso a forma di nido d'ape, come illustrato nella successiva figura.

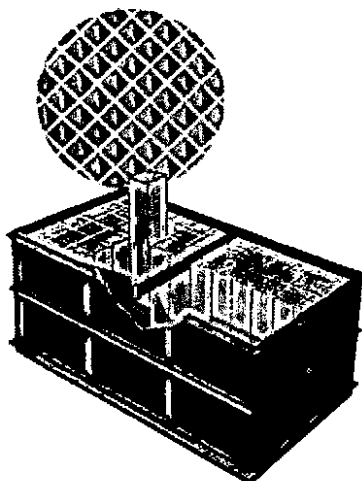
ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldaja B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 22 di 42

**Catalizzatore honeycomb**

La caratteristica principale di questo tipo di catalizzatore è una alta superficie attiva per unità di volume.

Selezione del tipo di catalizzatore per la caldaia B6 di Mantova

Per l'impianto di Mantova, Alstom prevede l'utilizzo di un catalizzatore honeycomb, installato su un livello.

La minore superficie attiva del catalizzatore plate rispetto al catalizzatore honeycomb, per unità di volume (circa il 30% in meno), comporta una sensibile differenza in termini di volume di catalizzatore installato e quindi un maggior costo iniziale. Inoltre ha un impatto sensibile sulle perdite di carico.

Il catalizzatore honeycomb è universalmente reperibile sul mercato da vari fornitori.

La matrice ceramica del catalizzatore honeycomb consente la sua rigenerazione praticamente fino a fine vita meccanica dello stesso, riducendo l'impatto ambientale per lo smaltimento.

Sistema di movimentazione

Il livello di catalizzatore sarà dotato di passerella di servizio, porta d'accesso per l'installazione dei moduli, passo d'uomo e monorotaia interna fissa/rimovibile per la movimentazione dei moduli.

Il sistema di movimentazione dei moduli è composto da un paranco elettrico per il sollevamento dei moduli da piano terra al piano di servizio ed da uno meccanico rimovibile, utilizzato in ogni livello per la movimentazione dall'esterno all'interno del catalizzatore (vedi schema seguente).

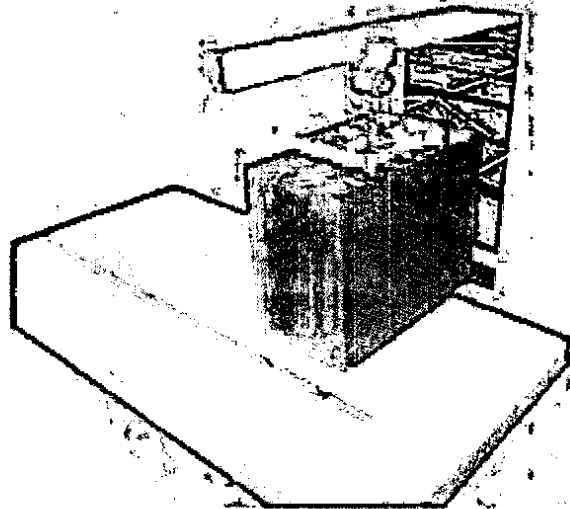
ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 23 di 42

**Sistema di movimentazione moduli Catalizzatore**

Strategia di gestione e monitoraggio del catalizzatore

All'invecchiare della prima carica di catalizzatore, la sua attività diminuisce con un conseguente aumento dello slip di ammoniaca e delle emissioni di NOx. Raggiunto questo stadio è necessario sostituire lo strato installato per riportare le prestazioni al di sotto dei limiti garantiti.

Per stabilire quando è necessaria la sostituzione dello strato di catalizzatore e per ridurre al minimo i costi del catalizzatore, deve esserne monitorata l'attività.

La vita attesa di uno strato di catalizzatore è di ca. 16000 ore.

Un certo numero di campioni di prova rimovibili vengono installati sin dall'inizio con il catalizzatore nel reattore. Questi campioni sono periodicamente rimossi e testati in un laboratorio per verificare la loro attività.

Alstom suggerisce di effettuare annualmente i test mediante la rimozione di diversi campioni di prova dal reattore SCR.

Le analisi di laboratorio dei campioni di catalizzatore, in aggiunta al monitoraggio operativo dati, sono utilizzati per determinare i meccanismi di disattivazione e prevedere l'andamento futuro del catalizzatore.

A fine vita, il catalizzatore esausto può essere o smaltito come rifiuto o sottoposto a trattamento di pulizia e rigenerazione.

Lo smaltimento del catalizzatore esausto comporta la separazione dei supporti dal materiale catalitico, che può essere smaltito come rifiuto non pericoloso (codice CER 160803).

Per quanto riguarda la rigenerazione e il riutilizzo del catalizzatore, il mercato presenta vari possibili processi. La pulizia può essere eseguita 'in situ', con cicli di pulizia ad aria

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

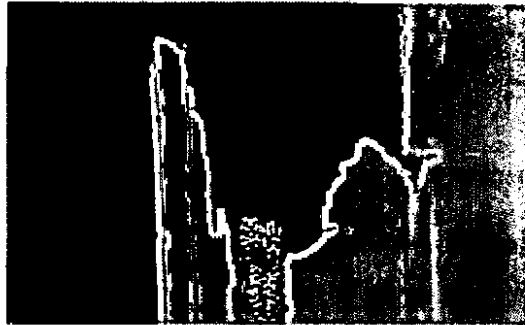
Rev. : 0

Data : 14/02/2012

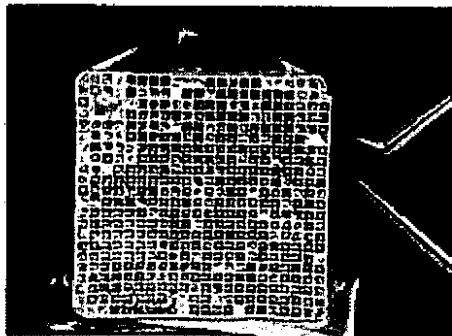
Pag. 24 di 42

compressa e acqua demineralizzata. Questo metodo è utilizzato specialmente se la causa di disattivazione è l'occlusione del catalizzatore, cioè di natura meccanica. Per migliorare l'attività chimica si può anche procedere disinstallando i moduli (processo off-site) e sottoponendoli a un processo di pulizia chimica e rigenerazione dei siti attivi con bagno in soluzione di pentossido di vanadio. Con questi processi l'attività del catalizzatore esausto può incrementare fino al 90% del valore iniziale.

Il catalizzatore honeycomb è più adatto ad essere rigenerato, perché è totalmente composto da materiale catalitico. Al contrario la matrice metallica del catalizzatore a piastre non consente sempre la rigenerazione una volta danneggiato meccanicamente il substrato catalitico, come mostrato in figura.



Catalizzatore a piastre danneggiato



Catalizzatore honeycomb da rigenerare

La possibilità di rigenerare il catalizzatore migliora l'impatto ambientale riducendo la quantità di catalizzatore da smaltire come rifiuto.

Dimensionamento del sistema SCR

Il sistema SCR è stato progettato da Alstom in conformità alle condizioni operative ed ambientali elencate di seguito, in modo da garantire i valori limiti di $\text{NO}_x \leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ richiesti dalle "AIA".

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldala B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 25 di 42 |
| | | |

Le caratteristiche dei fumi di combustione assunte come base di progetto per il sistema SCR sono riportate nella tabella sottostante :

| | | Carico di Design 100% MCR | 50% MCR |
|-------------------------------|--------------------|------------------------------|---------|
| - Portata vapore | t/h | 385 | 192 |
| - Portata fumi uscita ECO | Kg/h | 370.000 | 205.000 |
| - Temperatura fumi uscita ECO | °C | 395 | 345 |
| - Pressione fumi uscita ECO | mmH ₂ O | +170 | + 70 |
| - Densità fumi | kg/Nm ³ | 1,228 | 1,229 |
| - Contenuto umidità nei fumi | % peso | 12,66 | 12,34 |
| - Densità fumi secchi | kg/Nm ³ | 1,33 | 1,31 |
| - Composizione fumi secchi: | | | |
| O ₂ | Vol% | 1,4 | 2,1 |
| CO ₂ | Vol% | 10,95 | 10,55 |
| N ₂ | Vol% | 87,64 | 87,35 |

Le perdite di carico attese del sistema SCR saranno pari a circa 5 mbar.

Il volume di catalizzatore previsto è di ca. 10 m³, distribuito su uno strato costituito da 25 moduli.

Il catalizzatore deNOx è stato dimensionato per le condizioni di carico di design, le altre condizioni di carico risultano sempre verificate.

Utilities e Reagenti richiesti

| Servizi | Pres. (bar) | Temp. (°C) | Consumi attesi | Note |
|----------------|----------------|---------------|-----------------------|--|
| Aria Strumenti | 6 -7 | Amb. | 25 Nm ³ /h | L'aria strumenti è utilizzata per l'alimentazione della lancia di atomizzazione NH ₃ e per la relativa valvola di regolazione. Non disponendo di informazioni di dettaglio sui tempi di indisponibilità dell'attuale rete aria strumenti si propone di installare un polmone di alimentazione dell'aria compressa per la valvola di regolazione ed eventualmente per la lancia di |

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldaia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 26 di 42

| | | | | atomizzazione. |
|--|-----|------|-----------------------------|---|
| Acqua industriale per sprinkler | 2-3 | Amb. | 3200 l/min uso saltuario | |
| Acqua potabile (per doccia emergenza) | 2-3 | Amb. | 35 l/min uso saltuario | |
| Ammoniaca acquosa 20% | | | 55 kg/h | Consumi da verificare a valle dell'installazione porte SOFA - Connessioni autobotte |
| Energia elettrica | | | 170 kWe | |

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 27 di 42 |
|---|---|--|

4. Interventi "In & Out of Furnace" proposti sulla Caldaia B6 di Mantova

Le valutazioni di processo degli interventi "In-Furnace" sono state eseguite dall'Unità "Alstom Power Inc.'s - Thermal Service di Windsor, CT U.S.A" (ex Combustion Engineering), mentre lo studio di processo delle metodologie "Out of Furnace" applicabili alla Caldaia in oggetto, è stato sviluppato dall'Unità "Alstom - Environmental Control System" di Milano.

Le valutazioni effettuate, supportate anche dai dati di funzionamento attuali, confermano che la soluzione tecnica più appropriata e nel contempo economicamente sostenibile prevede l'installazione di porte SOFA e l'installazione di un sistema di abbattimento degli NOx residui con metodologie secondarie del tipo "SCR".

Con l'installazione delle sole porte "SOFA", ottimizzando il grado di ripartizione dell'aria comburente tra zona riducente e zona ossidante, si possono rispettare i limiti di CO richiesti dal decreto "AIA" e si riducono nel contempo i valori di concentrazione degli NOx a valori sufficientemente bassi senza penalizzare le performance e l'efficienza della Caldaia come si avrebbe nel caso di installazione di un sistema FGR.

L'abbattimento degli NOx ai valori richiesti dall' "AIA" viene perfezionato con l'installazione di un sistema "SCR".

La combinazione delle tecnologie "SOFA + SCR" consente quindi di ottenere e mantenere nel tempo i limiti di concentrazione di inquinanti richiesti :

| Inquinanti nei Fumi al Camino | Limiti di Emissioni Garantiti (*) @ 3% O ₂ media oraria |
|-------------------------------|---|
| NOx eq. ≤ | 100 mg/Nm ³ |
| CO ≤ | 100 mg/Nm ³ |

NOTE:

(*) Tali valori sono garantiti durante l'esercizio della caldaia ai vari carichi escludendo la fase di avviamento e spegnimento della stessa.

Il valore riportato degli NOx include anche l'eventuale emissione di NH₃ ("ammonia slip"), espresso in NOx equivalente, nel caso di impiego di sistemi di abbattimento catalitico.

| | | |
|--|--|--|
| <p>ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler</p> | <p>enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale</p> | <p>Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 28 di 42</p> |
|--|--|--|

5. Descrizione degli interventi da effettuare sulla Caldaia B6

Nei seguenti paragrafi sono descritti concretamente gli interventi da effettuare sulla Caldaia B6 di Mantova per implementare la soluzione tecnologica descritta in precedenza.

5.1 Installazione delle porte SOFA

Dalle analisi di processo è risultato che la portata di aria necessaria per completare la combustione è circa il 25-30% dell'aria comburente e la posizione ottimale dove inserire le porte SOFA è ai quattro angoli della caldaia sopra i bruciatori alla elevazione di 14.0 mt.

Le dimensioni delle porte selezionate sono 400 mm x 1830 mm circa.

Ogni porta SOFA è costituita da due compartimenti, ciascuno dei quali comprende :

- o Serranda di regolazione della portata aria
- o Ugelli aria orientabili verticalmente ed orizzontalmente

Il disegno di riferimento è riportato in Allegato 3.

Occorre inoltre eseguire una serie di interventi di modifica sui bruciatori e sulle windbox esistenti (casce convogliamento aria comburente) per limitare la quantità d'aria da inviare ai bruciatori allo scopo di limitare il rapporto tra aria comburente e combustibile. In tale modo si ha una combustione parziale in difetto di aria (sub-stechiometrica) a livello dei bruciatori che poi verrà completata più in alto all'altezza delle porte "SOFA" dove si hanno temperature minori e quindi di zone più sfavorevoli alla formazione degli NOx .

Le porte SOFA verranno installate al "Piano C" di caldaia dove ora sono posizionate le portine di ispezione che dovranno quindi essere spostate (Fig. 8).



Fig. 8 – Posizione delle attuali portine di ispezione al posto delle quali saranno installate le porte SOFA

ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**
Stabilimento di Mantova
Caldaia B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 29 di 42

5.2 Installazione del Sistema Denitrificazione Catalitico – SCR

Alstom ha previsto di posizionare il cassone di contenimento del Catalizzatore al di sopra dei Ljungstrom, appoggiato alla stessa struttura dei Riscaldatori d'Aria che sarà opportunamente rinforzata.

Inoltre Alstom ha previsto la sostituzione degli attuali condotti gas ai Ljungstroem con nuovo lay out dei condotti gas tra la caldaia ed il cassone di contenimento del futuro Catalizzatore e tra questo ed i Riscaldatori Aria.

I condotti saranno prefabbricati in acciaio di tipo, spessore e rinforzi adeguati alle condizioni di esercizio della Caldaia.

Inoltre saranno inclusi supporti, giunti di espansioni, portine di ispezione, bocchelli di misura e quant'altro necessario per l'esercizio della Caldaia e la manutenzione ordinaria del sistema.

Il cassone di contenimento del futuro Catalizzatore sarà dotato di flange di accoppiamento ai condotti gas per una rapida manutenzione, di apertura laterale flangiata per l'inserimento dei moduli del Catalizzatore ed eventuali portine di ispezione.

Il lay out preliminare dei condotti gas di collegamento tra caldaia e cassone di contenimento catalizzatore e Riscaldatori Aria Ljungstroem è indicato in Fig. 9, mentre in Fig. 10 sono mostrate le fotografie dell'impianto dove sarà installato il cassone in oggetto.

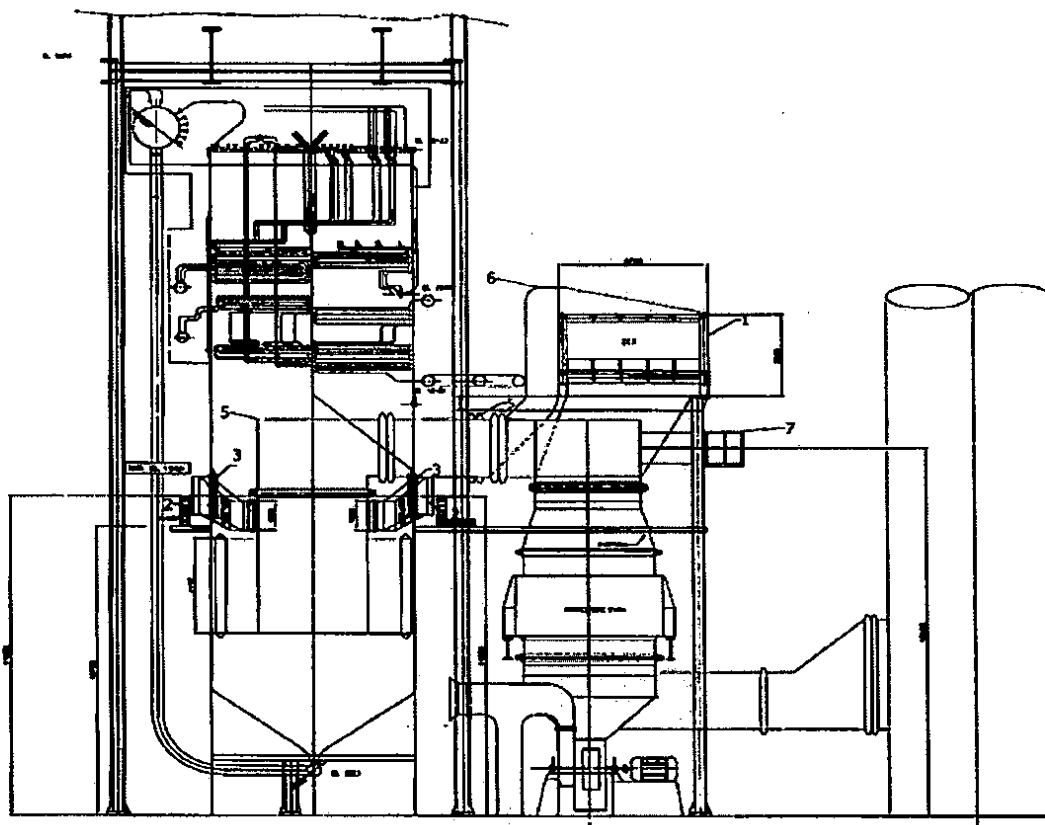


Fig. 9 – Porte SOFA e Catalizzatore SCR

ALSTOM

Alstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova
Caldaja B6

Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 30 di 42

Posizione SCR



Condotto di bilanciamento aria
da spostare

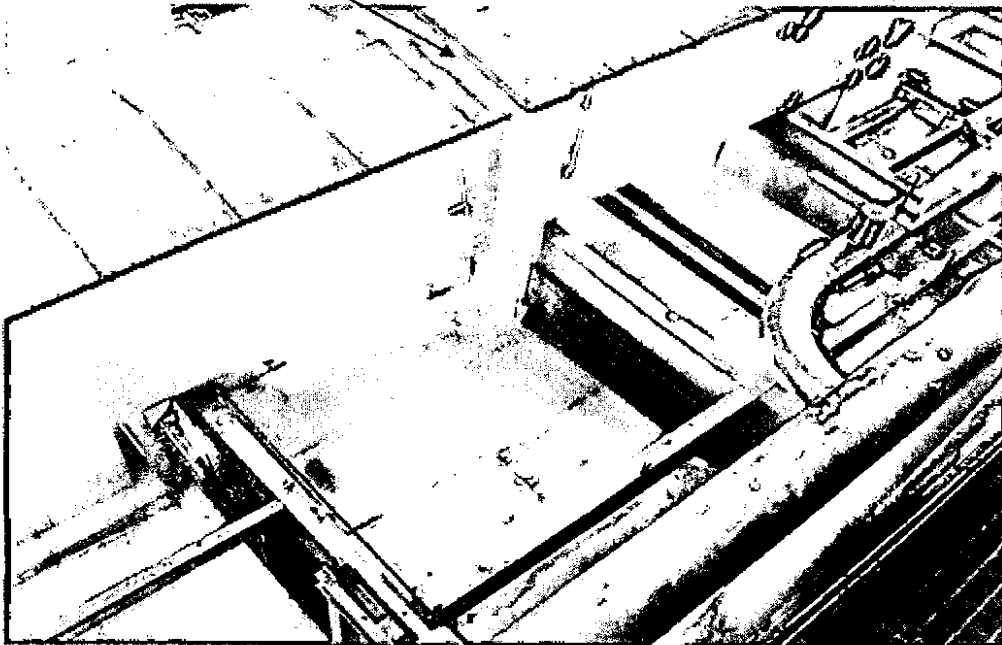


Fig. 10 - Foto dell'impianto dove verrà installato il cassone del "SCR"

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 31 di 42 |
|---|---|--|

6. Piano degli interventi di adeguamento ambientale

L'intervento complessivo sulla caldaia B6 sarà realizzato in due step.

Nella prima fase si procederà :

- o all'introduzione delle nuove porte SOFA ed alla modifica delle parti in pressione interessate dalle nuove aperture nelle pareti membranate,
- o alla modifica del sistema bruciatori per adattarli alle nuove portate di aria comburente
- o alla modifica dei condotti aria comburente per alimentare le porte SOFA
- o alla predisposizione del condotto fumi per l'alloggiamento del catalizzatore (strutture di servizio ed accesso al cassone di contenimento del layer catalitico incluse)
- o all'installazione del serbatoio di stoccaggio ed al sistema di dosaggio ed iniezione della soluzione ammoniacale

Questi interventi saranno realizzati entro 2 anni dalla presentazione di questo rapporto tecnico come previsto dall'autorizzazione AIA.

Nella seconda fase si procederà invece:

- al tuning dei parametri operativi
- all'installazione del catalizzatore.

Questi interventi saranno da realizzare nel periodo compreso tra i 30 e i 48 mesi dal rilascio dell'AIA, entro quindi il termine ultimo per l'adeguamento dei livelli emissivi alle BAT.

Gli interventi della prima fase consentiranno di valutare il massimo carico al quale la Caldaia (% MCR) è in grado di rispettare i limiti imposti dal decreto AIA ($\text{NO}_x \leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ e $\text{CO} \leq 100 \text{ mg/Nm}^3$) con la sola installazione delle porte "SOFA".

Successivamente si ottimizzerà il processo mediante un tuning dei parametri di combustione per ottenere dapprima valori di $\text{CO} \leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ anche a pieno carico ed in seguito, installando il catalizzatore all'interno del cassone, già predisposto in prima fase, abbattere ulteriormente gli NO_x sino al valore di 100 mg/Nm^3 .

La scelta di operare secondo lo schema suddetto (due fasi di implementazione dei sistemi per ridurre gli inquinanti nei fumi) scaturisce dalla necessità di bilanciare la massima produzione di vapore dell'impianto senza penalizzare inutilmente l'efficienza del sistema ed evitare sovradosaggi di soluzione ammoniacale e conseguenti rilasci di NH_3 in atmosfera.

| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 32 di 42 |
|---|---|--|

7. Allegati:

1. Disegno BUP - 4007 BTD 03410: SOFA - Schema di flusso
2. Disegno BUP - 4007 BTD 03411: Disegno di Lay Out condotti - SOFA ed SCR
3. Disegno BUP-4007 BTD 03402: Disegno di Assieme Porte SOFA
4. Schema di Processo SCR : SCR Flow Diagram

| | | |
|---|--|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 33 di 42 |
|---|--|--|

ALLEGATO 1

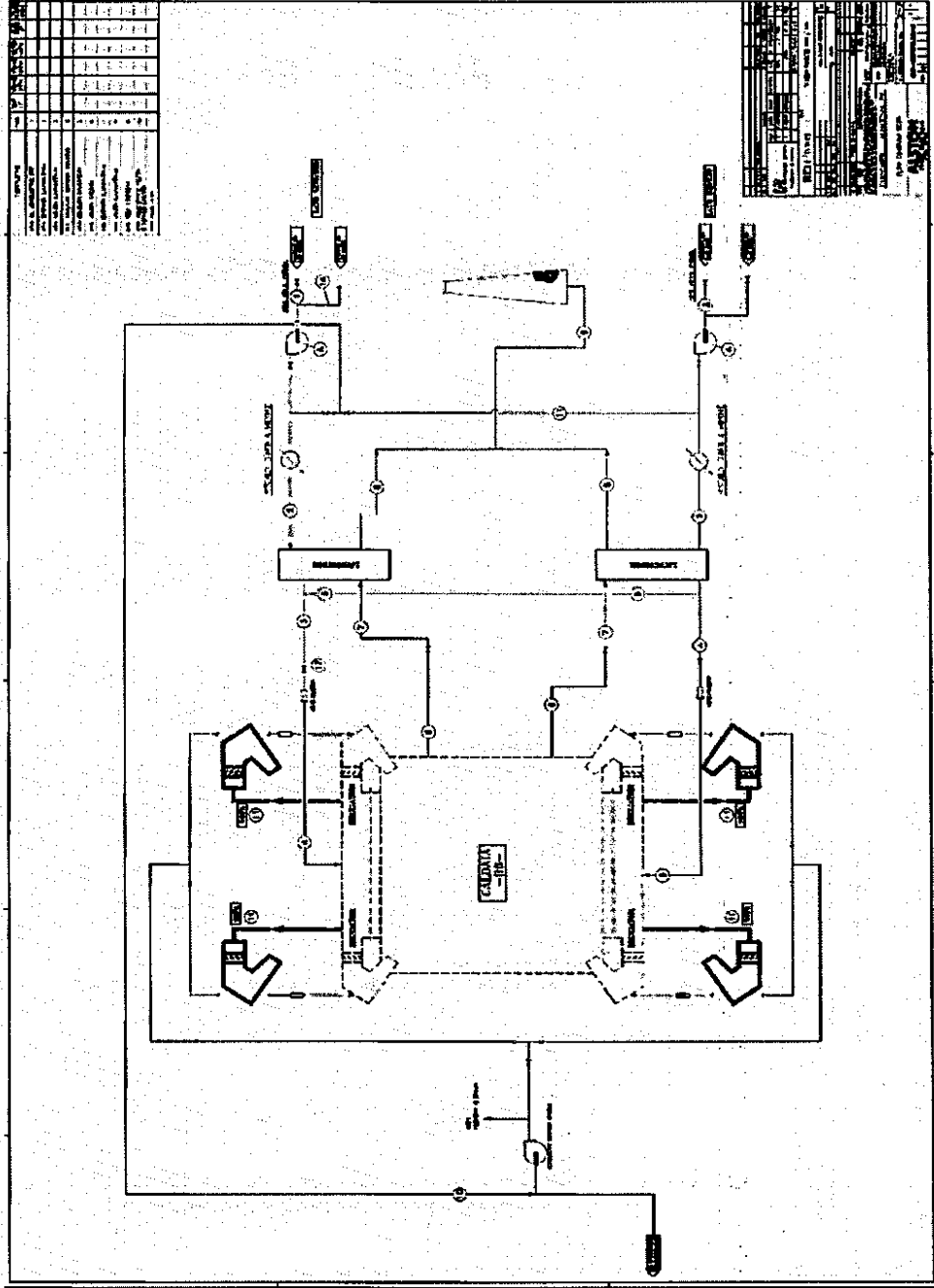
Disegno BUP - 4007 BTD 03410: SOFA - Schema di flusso

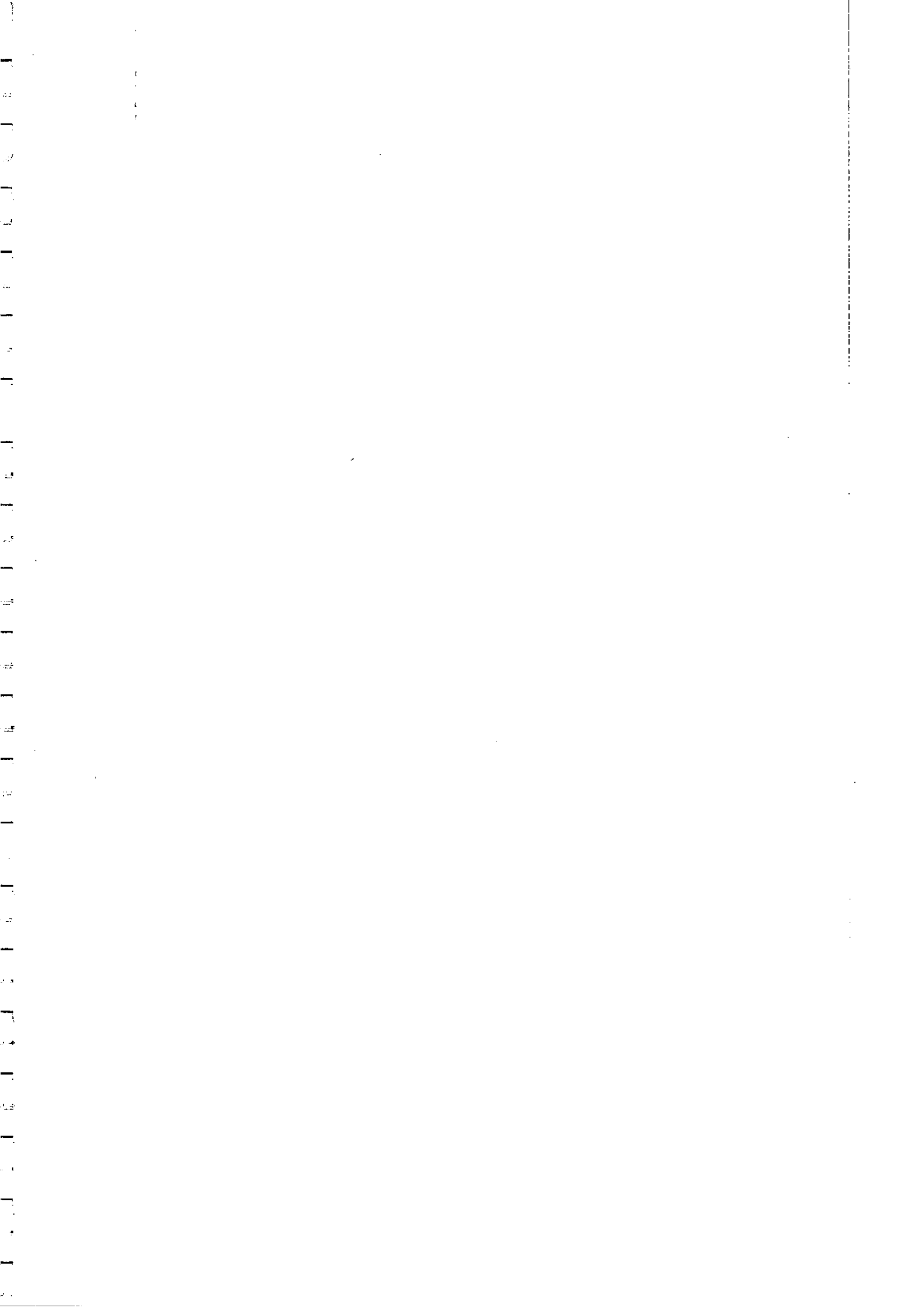
ALSTOM

Alstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.
Stabilimento di Mantova
Caldaja B6
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110
Rev. : 0
Data : 14/02/2012
Pag. 34 di 42





| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 36 di 42 |
|---|---|--|

ALLEGATO 2

Disegno BUP - 4007 BTD 03411: Disegno di Lay Out Condotti – SOFA ed SCR

ALSTOM

Alstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova

Caldia B6

Progetto di massima

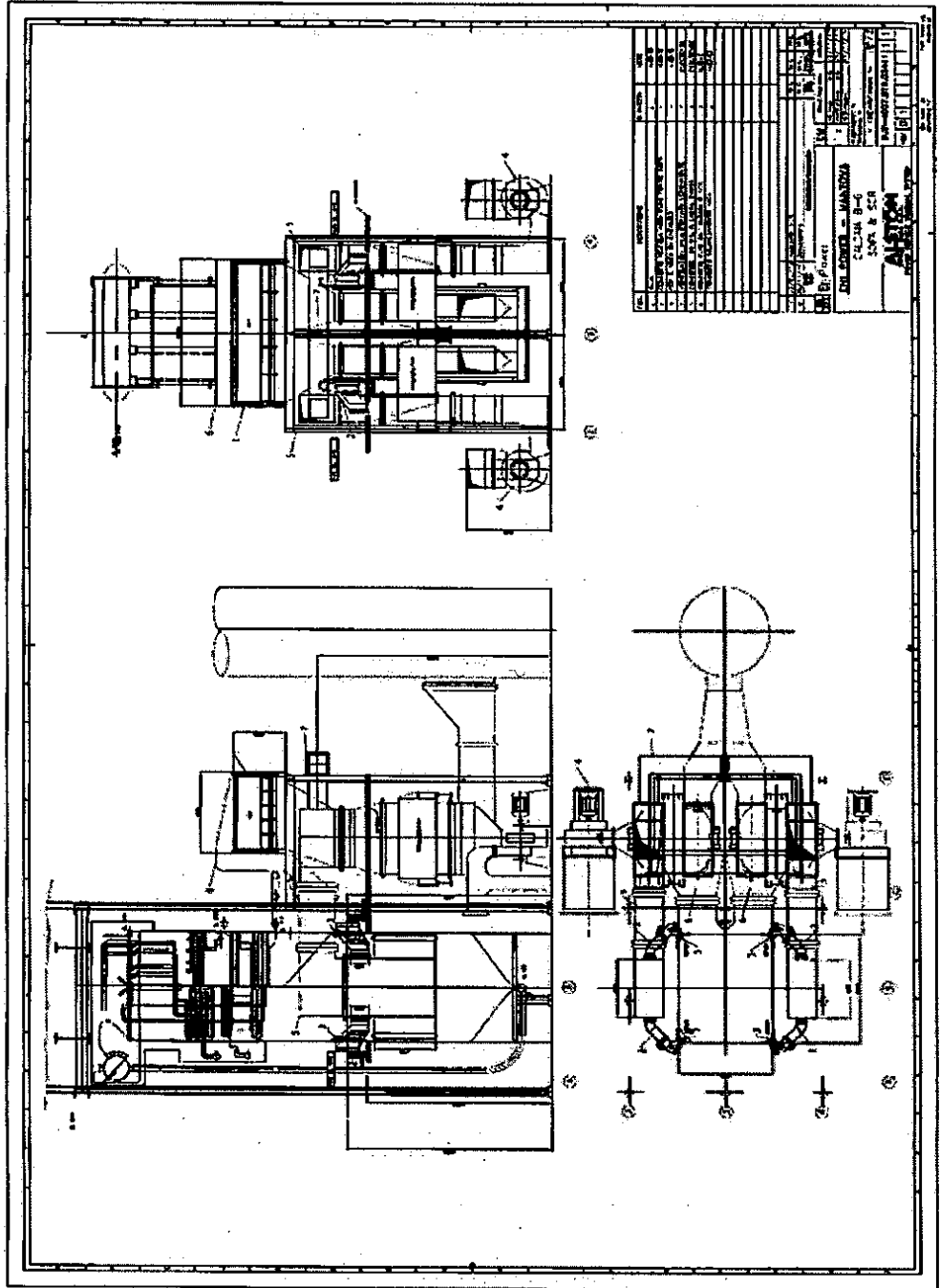
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 37 di 42



ALSTOM

Alstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova
Caldaia B6

Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 38 di 42



| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaja B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 39 di 42 |
|---|---|--|

ALLEGATO 3

Disegno BUP - 4007 BTD 03402: Disegno di Assieme Porte SOFA

ALSTOM

Alstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova
Caldaia B6

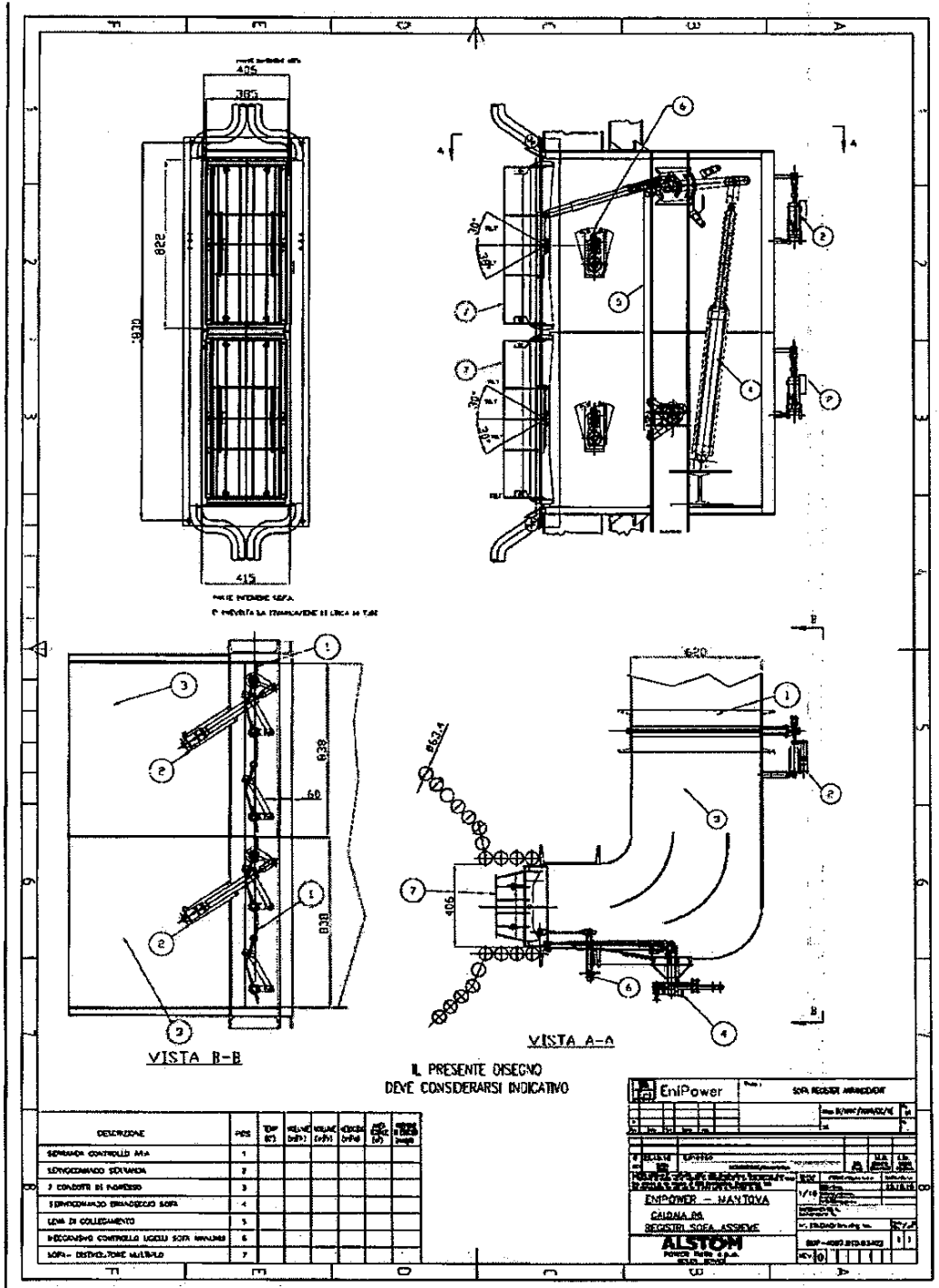
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV 16110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 40 di 42



| | | |
|---|---|--|
| ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler | enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale | Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 41 di 42 |
|---|---|--|

ALLEGATO 4

Schema di Processo SCR : SCR Flow Diagram

ALSTOM

Alstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova
Caldiaia B6

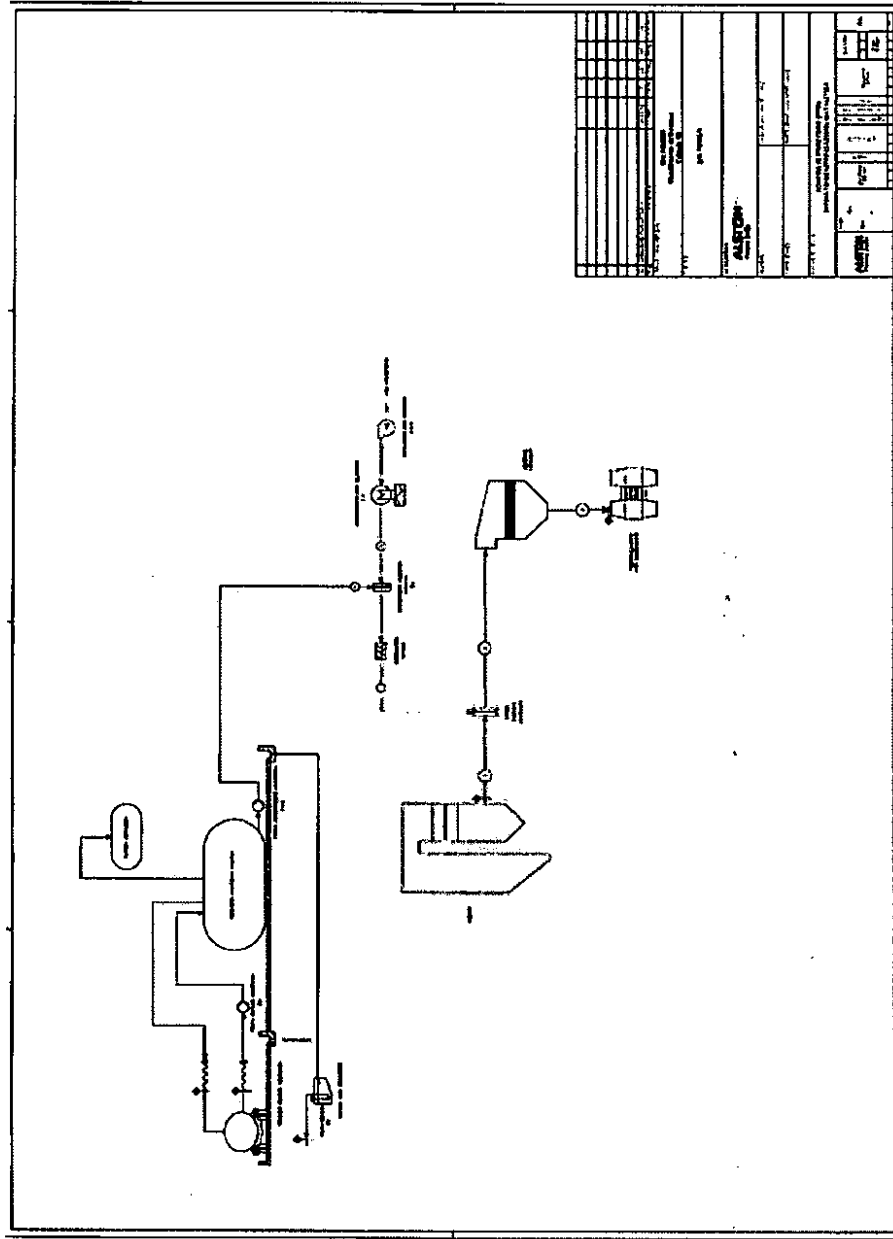
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

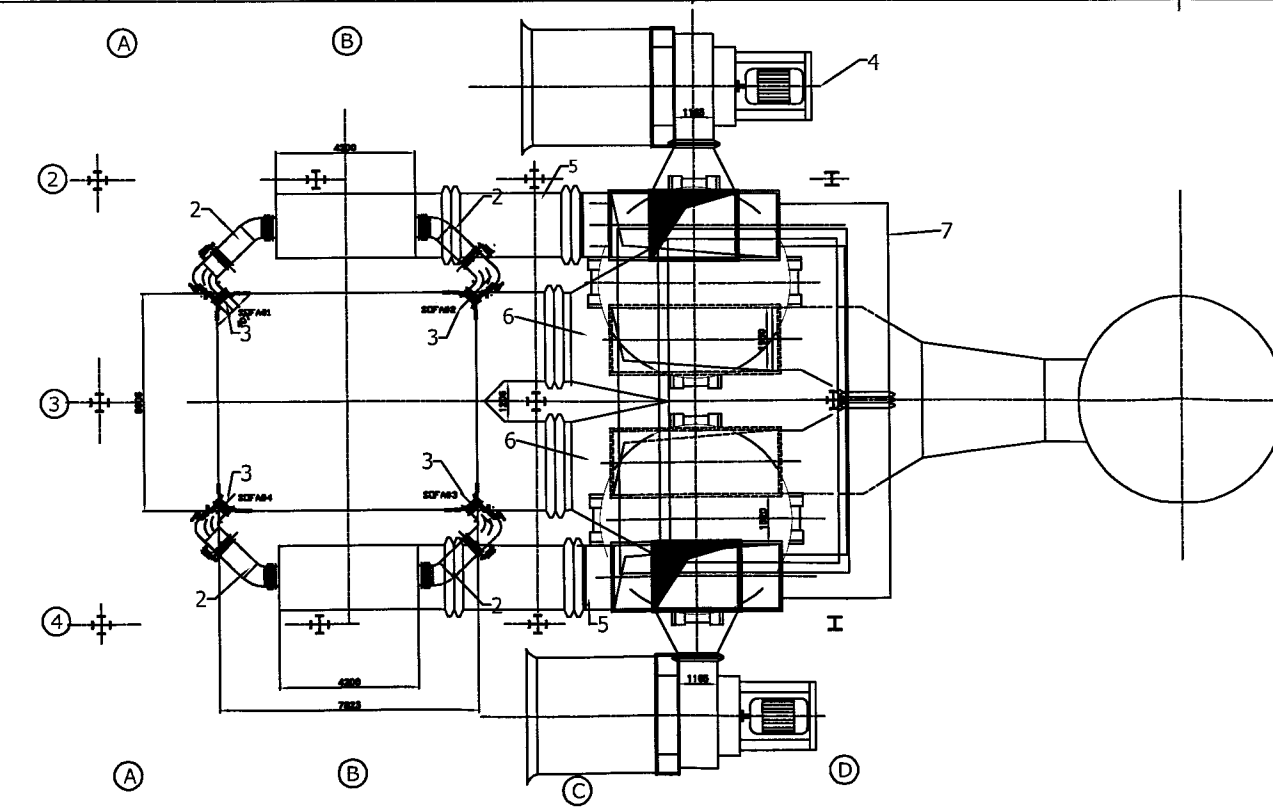
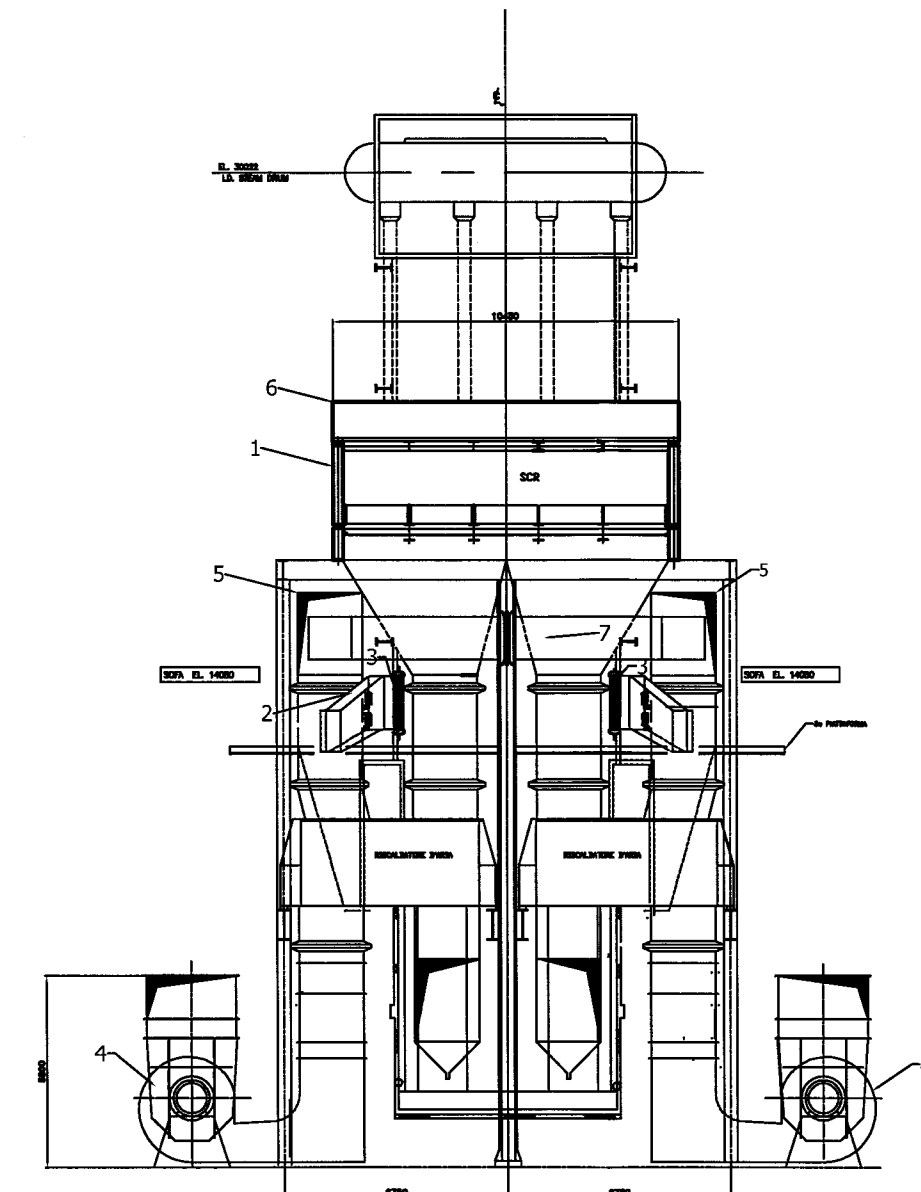
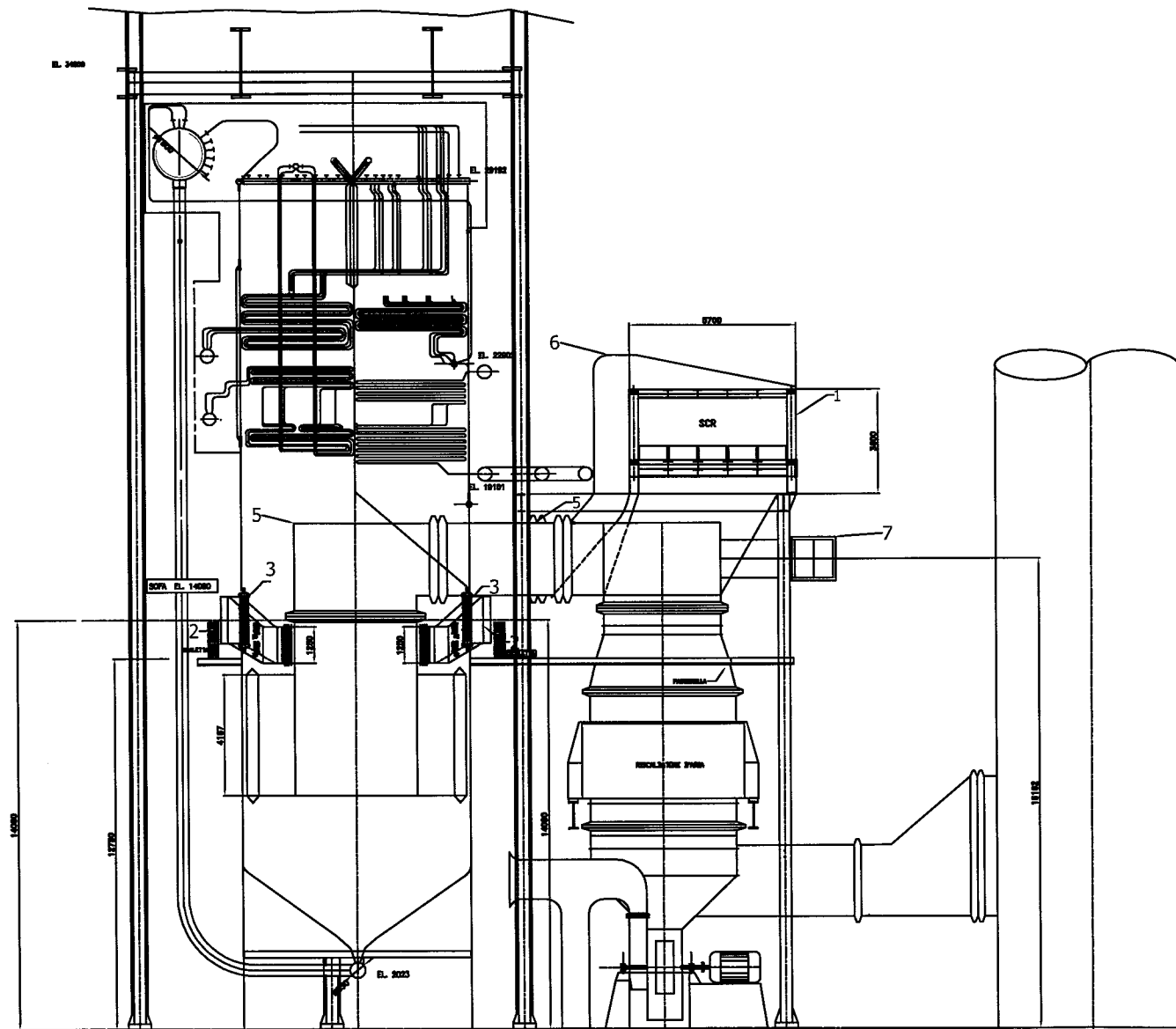
Doc. n. : 4007 BTV I6110

Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 42 di 42





| PDS. | DESCRIZIONE | QUANTITA' | NOTE |
|------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| 1 | S.C.R. | 1 | NUOVO |
| 2 | CONDOTTI MISCELA ARIA FUMI PORTE SOFA | 4 | NUOVO |
| 3 | PORTE SOFA ORIENTABILI | 4 | NUOVO |
| 4 | VENTILATORI ARIA FORZATA COMBURENTE | 2 | ESISTENTI |
| 5 | CONDOTTI DA R.A. A CASSA D'ARIA | 2 | ESISTENTI |
| 6 | CONDOTTI FUMI DA CALDAIA A SCR. | 2 | NUOVI |
| 7 | CONDOTTO BILANCIAMENTO ARIA | 1 | NUOVO |

| DATA | DESCRIZIONE/Description | DIS. Des. | CONTR. Checked | VISTO/Approv. | M.G. | M.G. | M.L. |
|----------|-------------------------|-----------|----------------|---------------|------|------|------|
| 03/02/12 | Aggiunto SCR | | | | M.G. | M.G. | M.L. |
| 26/11/10 | Descrizione | | | | M.G. | M.G. | M.L. |

| SCALE | FIRME/Signature | DATA/Date |
|-------|--------------------|-----------|
| 1:X | DIS./Des. M.G. | 26/11/10 |
| | CONTR./Check. M.G. | 26/11/10 |
| | VISTO/Approv. | 26/11/10 |

| REFERIMENTO N. Reference N. | N. DISEGNO/Drawing No. | Tot. / of |
|-----------------------------|------------------------|-----------|
| | BUP-4007.BTD.03411 | 1 / 1 |

| REV. | 1 |
|------|---|
| 1 | |

