



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

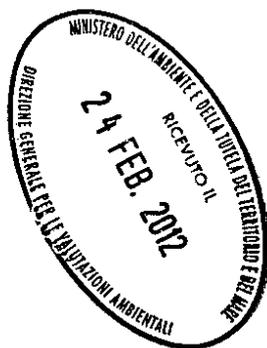
**Istituto Superiore per la
Protezione e la Ricerca
Ambientale**
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 Roma

**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)

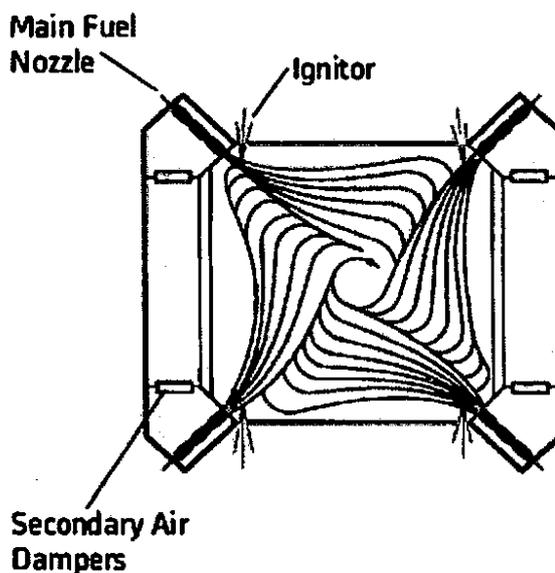


Fig. 1 - Posizione bruciatori, casse aria comburente e posizione della fiamma (fire-ball)

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

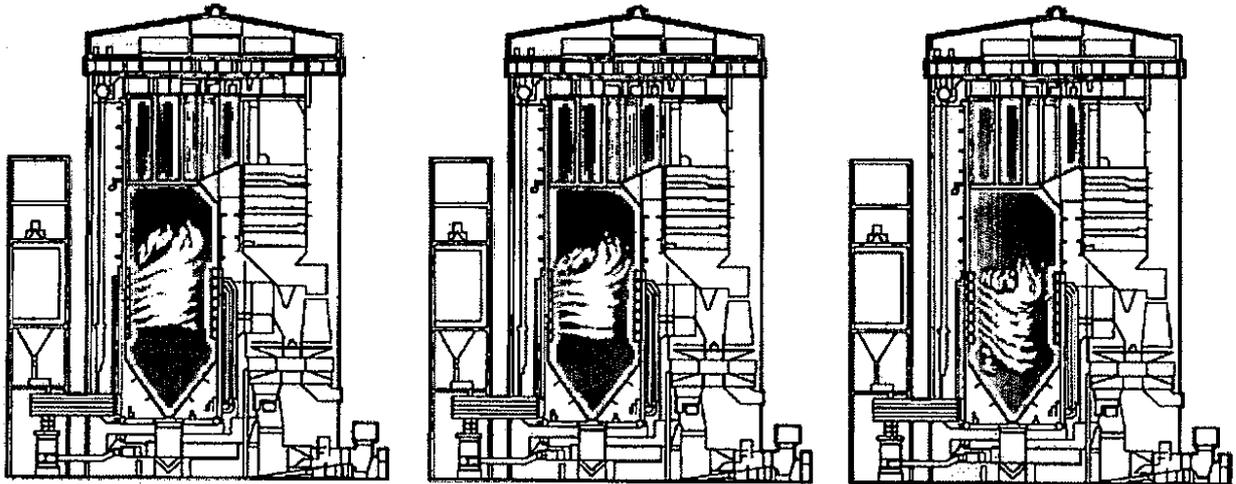


Fig. 2 - Sistema di brandeggio bruciatori - Tilting
(da Clean Combustion Technologies 5th ed., edito da Alstom)

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).

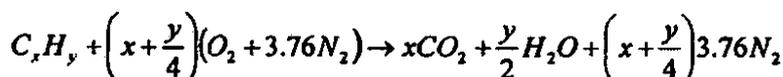
ALSTOM Alstom Power Italia S.p.A Thermal Services SEE - Boiler	enipower mantova s.p.a. Stabilimento di Mantova Caldaia B6 Progetto di massima Riduzione Impatto Ambientale	Doc. n. : 4007 BTV 16110 Rev. : 0 Data : 14/02/2012 Pag. 5 di 42
---	---	---

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.

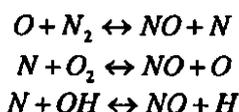
2.2 Formazione degli NOx

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.

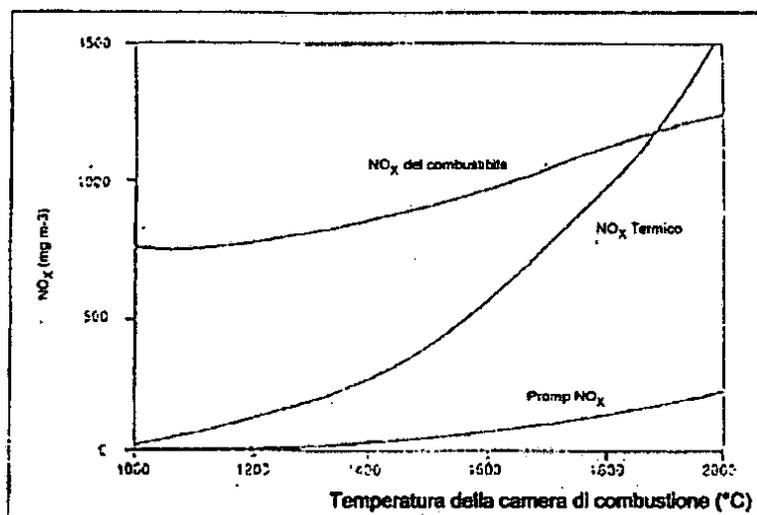


Fig. 3 - Concentrazioni di NOx in funzione della temperatura

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.

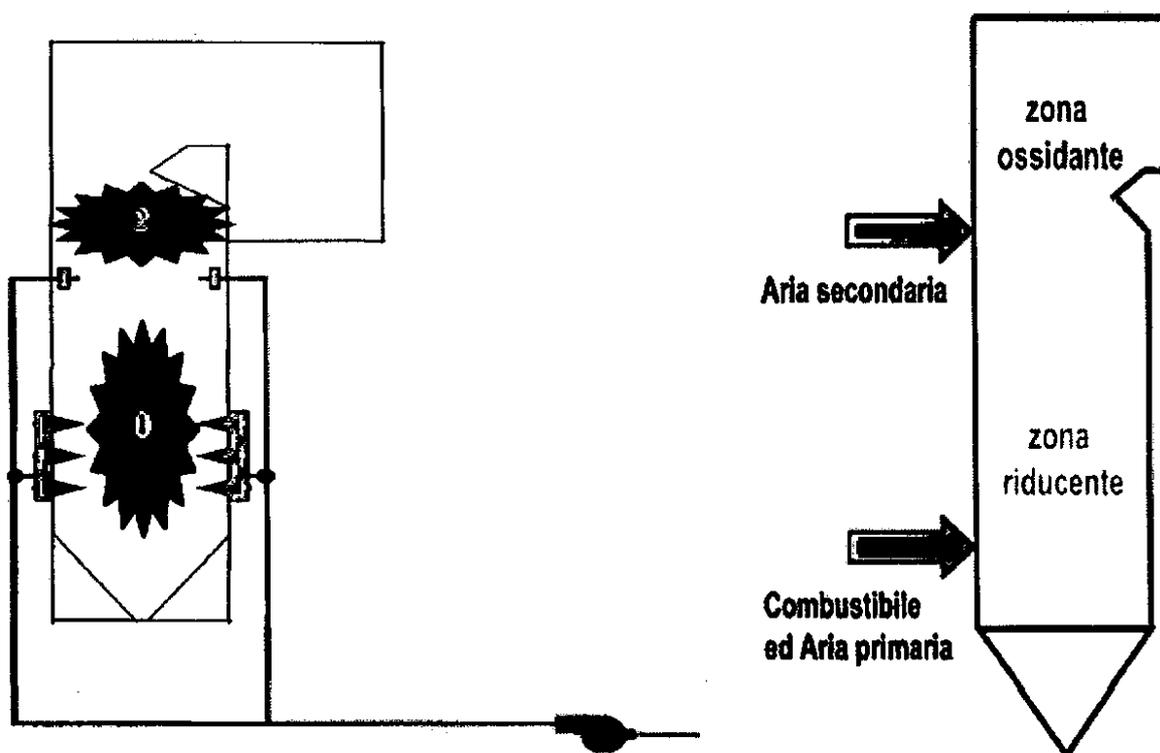


Fig. 4 - Schema di funzionamento del sistema SOFA

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

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. 10 di 42
---	---	--

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

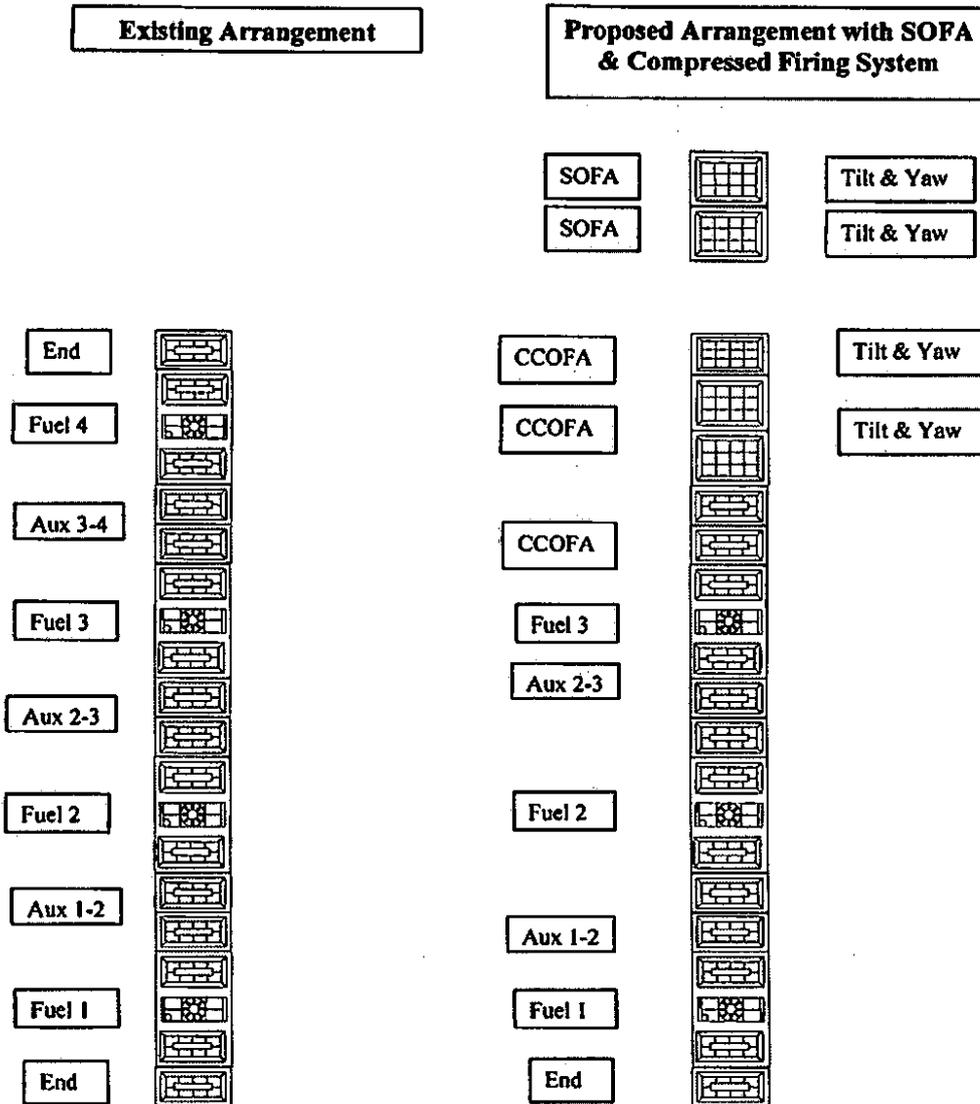


Fig. 5 – Lay out “angolo bruciatori” attuale (a sinistra) o con eventuale sistema di combustione “Compressed Firing, COFA + SOFA” (a destra)

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

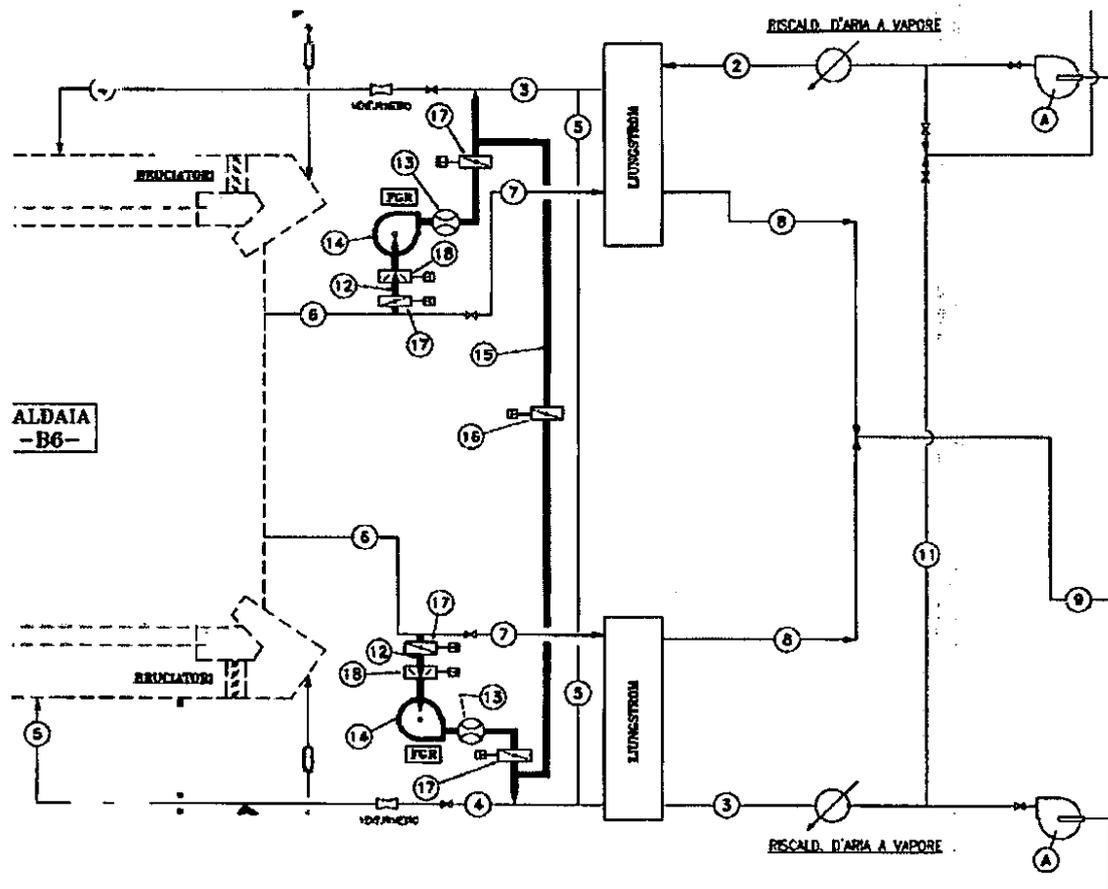
Doc. n. : 4007 BTV 16110

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 valutazione 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
---	---	--

- 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:

- **"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.
- **"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

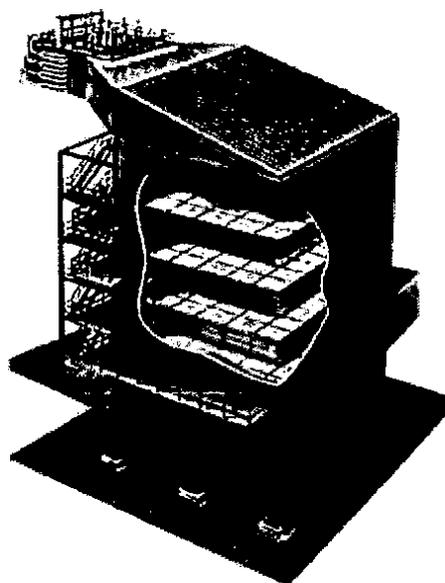
Rev. : 0

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.



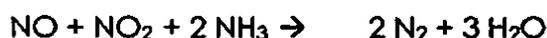
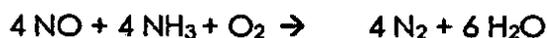
Tipico reattore SCR

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.

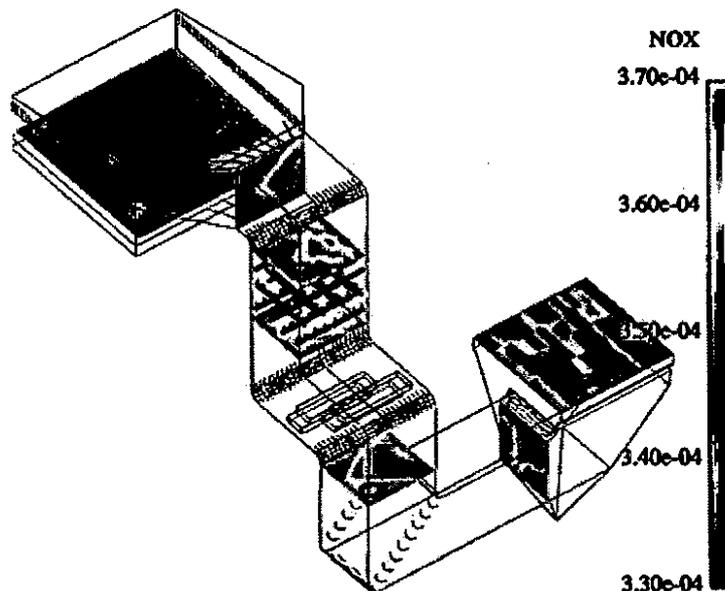
Due analizzatori uno in entrata, a monte del DeNOx ed uno in uscita a valle DeNOx, monitoreranno la concentrazione di NOx.

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.

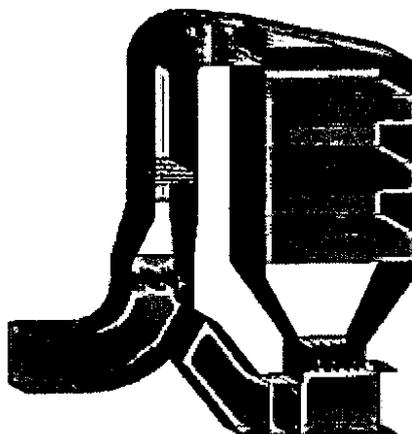
ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldaia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

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.

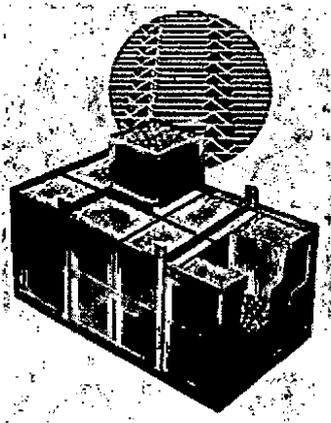
Nella maggior parte dei casi più di un catalizzatore è adatto all'applicazione, ma, a causa delle differenze nella selezione dei materiali e della composizione tra i vari fornitori, le dimensioni dei moduli possono avere taglie differenti.

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.

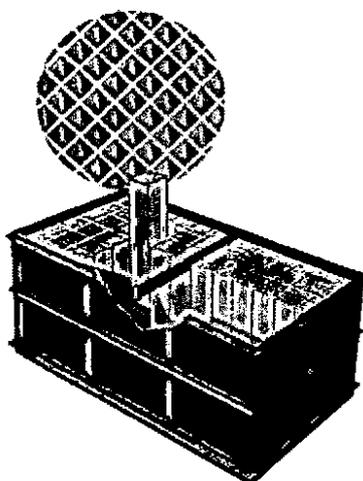
ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldaia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

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).

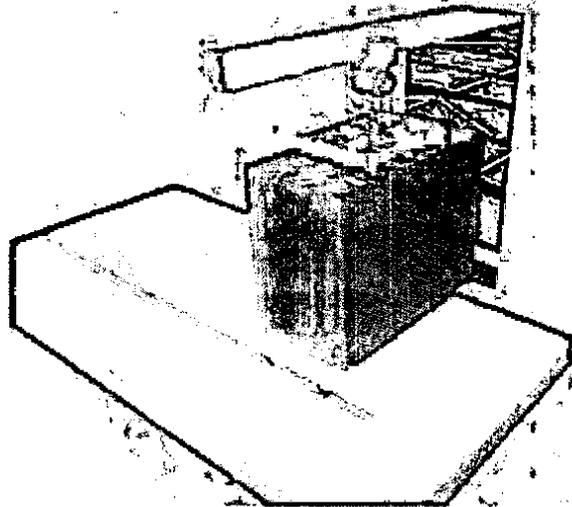
ALSTOMAlstom Power Italia S.p.A
Thermal Services SEE - Boiler**enipower mantova s.p.a.**Stabilimento di Mantova
Caldia B6Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

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

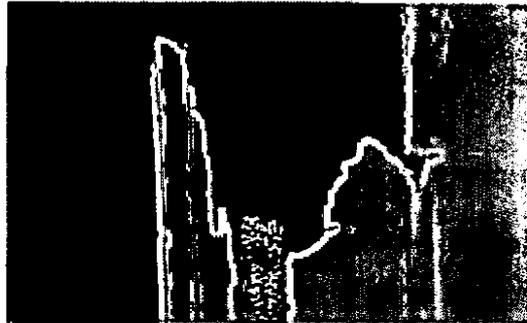
Rev. : 0

Data : 14/02/2012

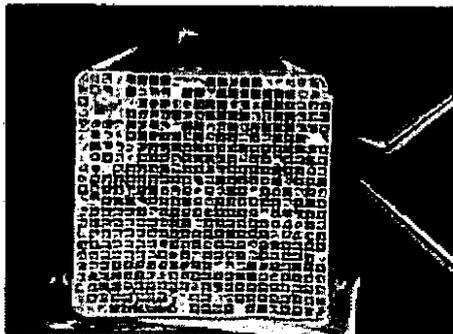
Pag. 24 di 42

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 - 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. 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.

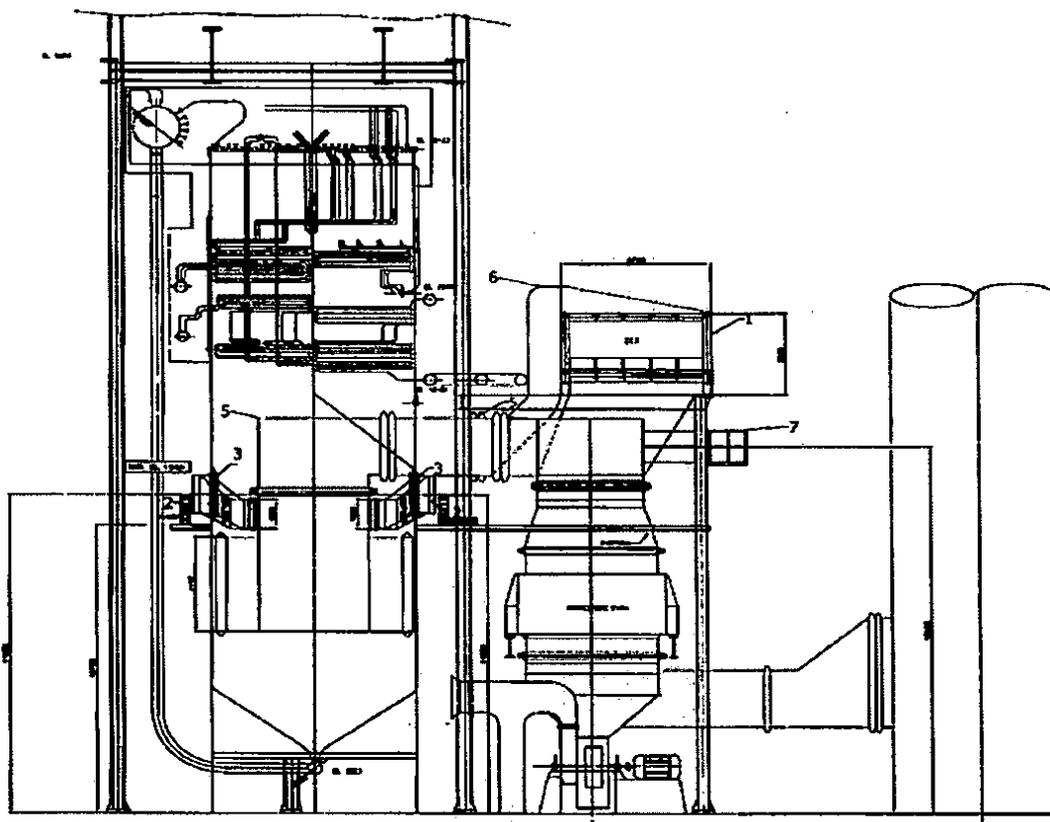


Fig. 9 – Porte SOFA e Catalizzatore SCR

ALSTOM

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

enipower mantova s.p.a.

Stabilimento di Mantova
Caldala 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

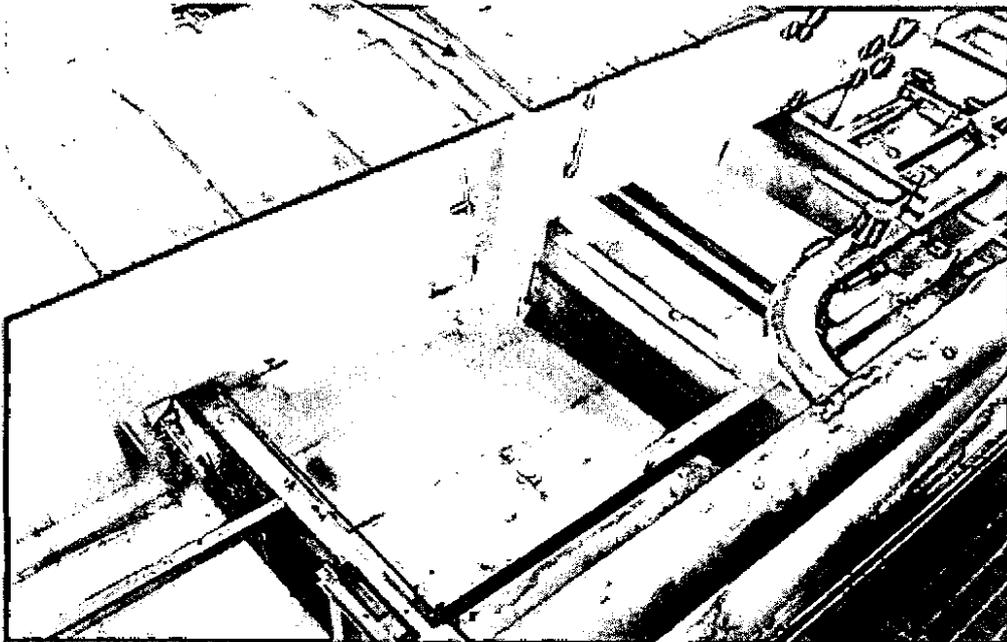


Fig. 10 - Foto dell'impianto dove verrà installato il cassone del "SCR"

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

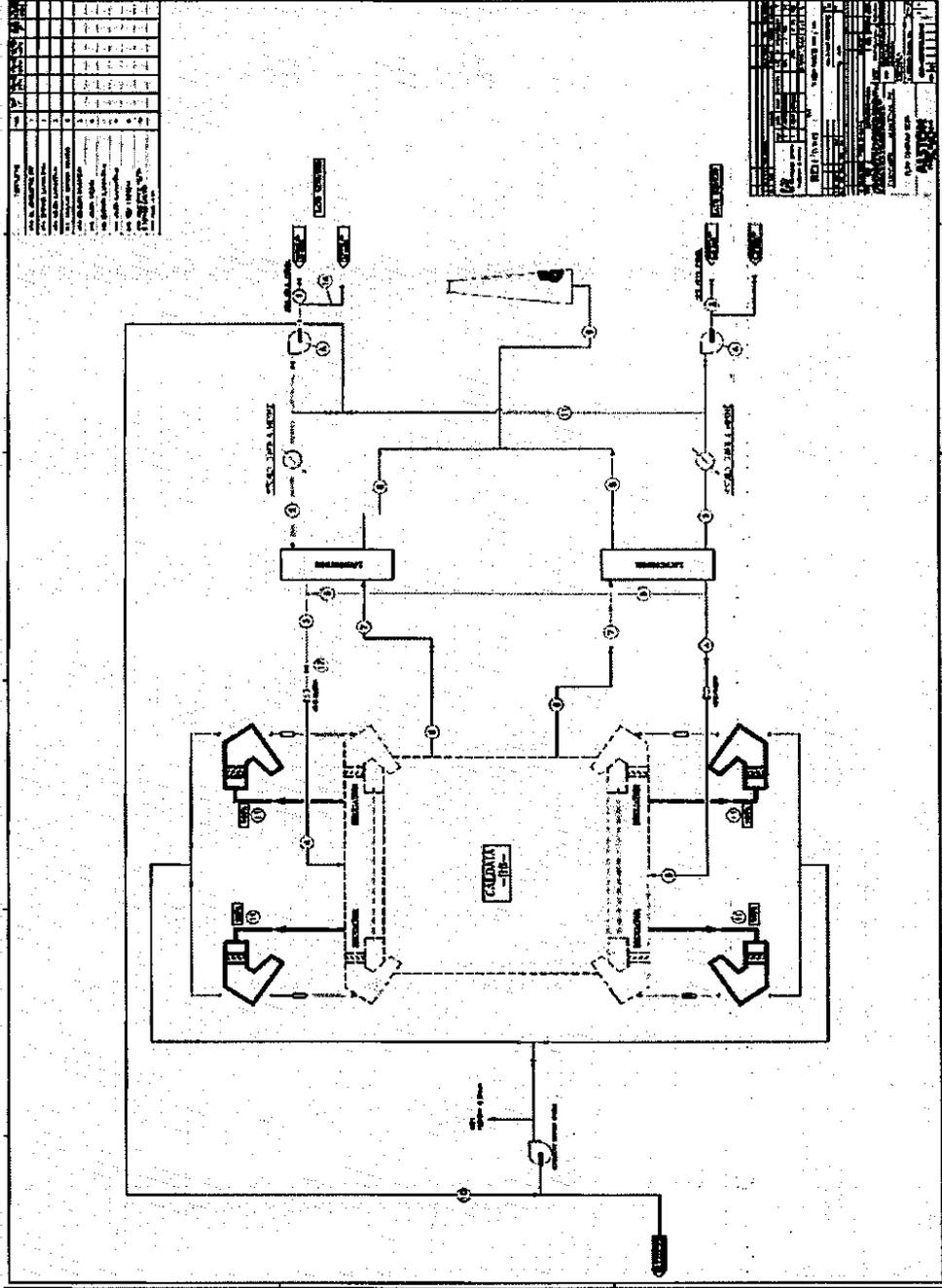
Disegno BUP - 4007 BTD 03410: SOFA - Schema di flusso

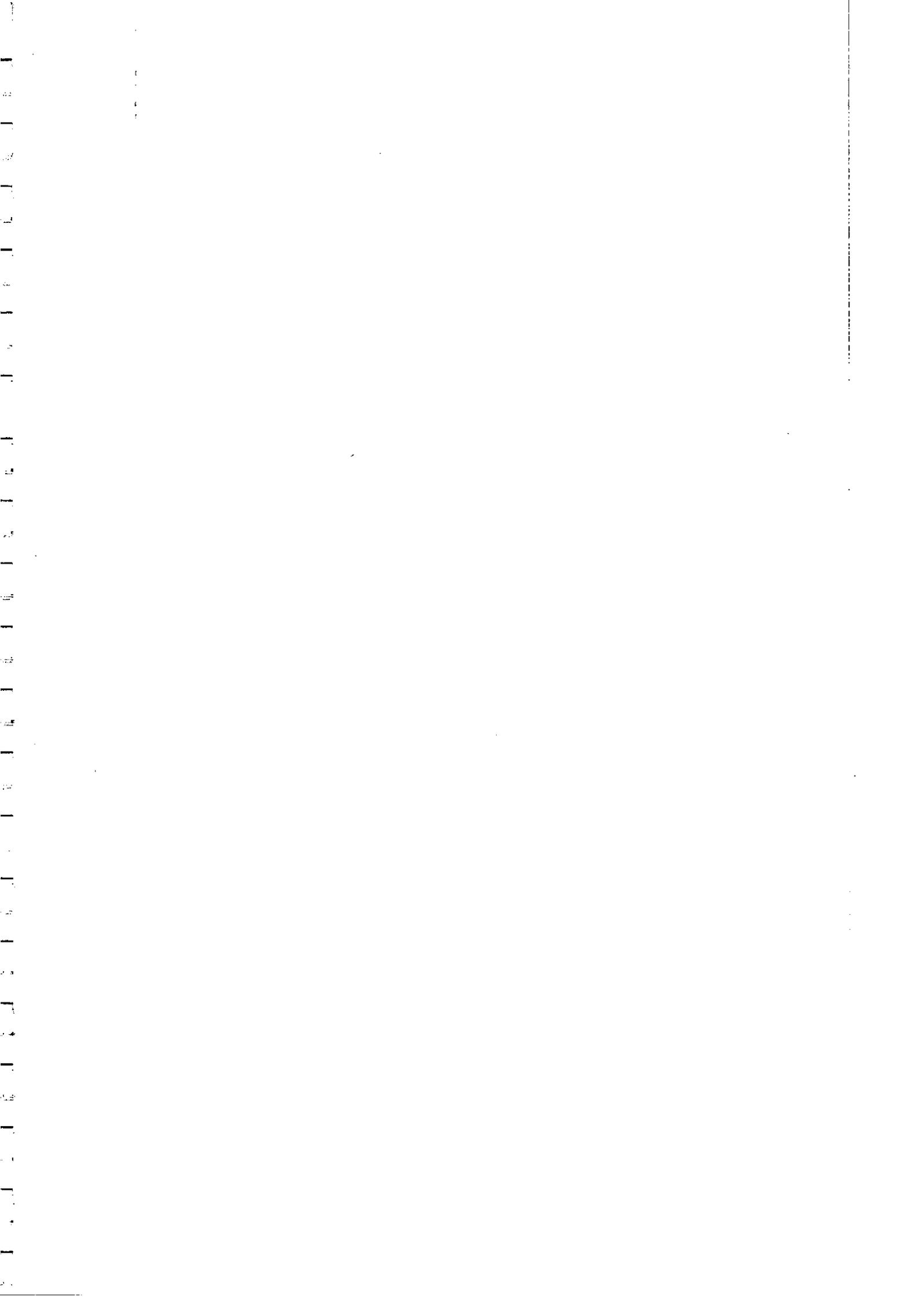
ALSTOM

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

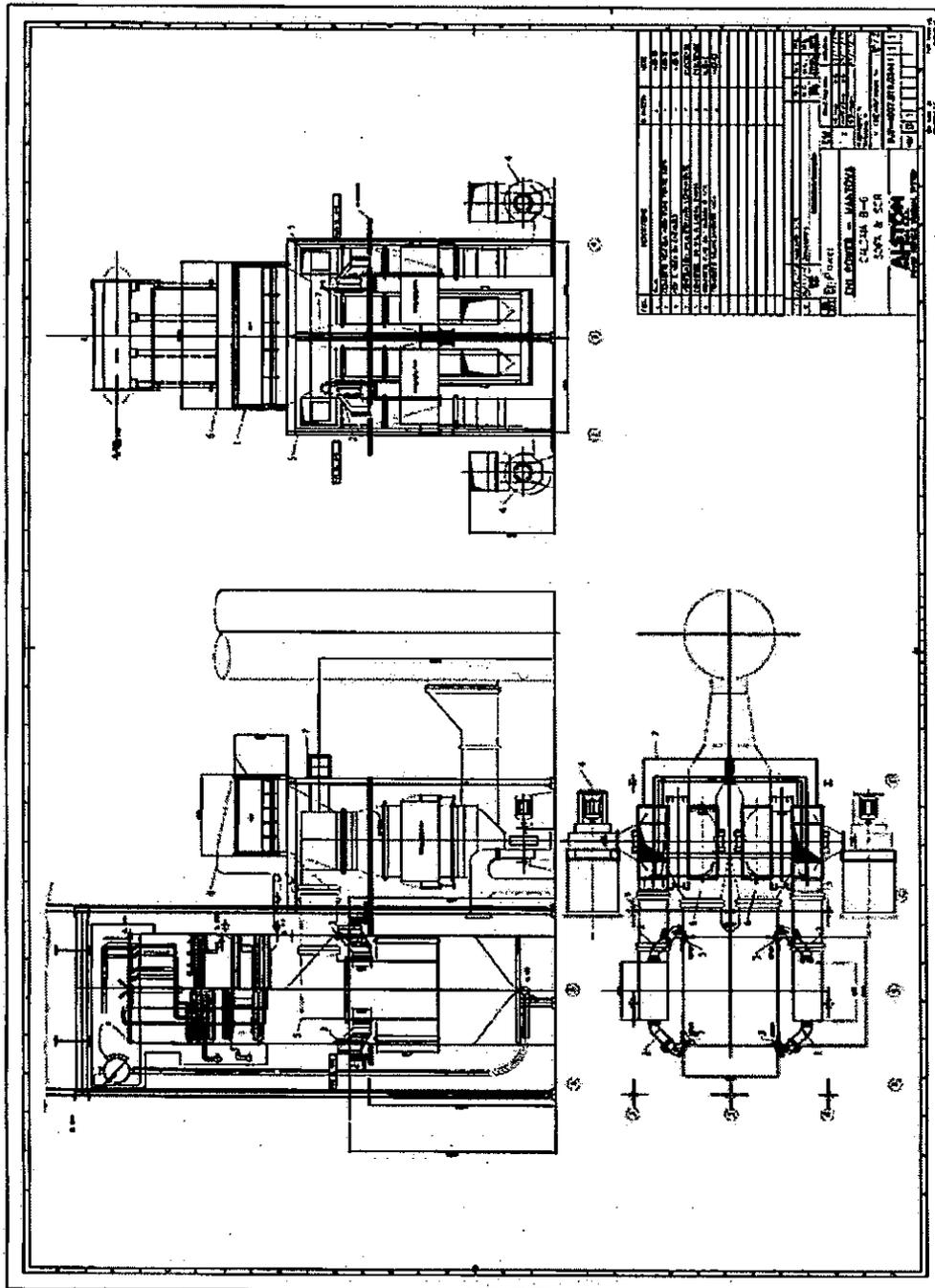
Riduzione Impatto Ambientale

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
Caldia B6

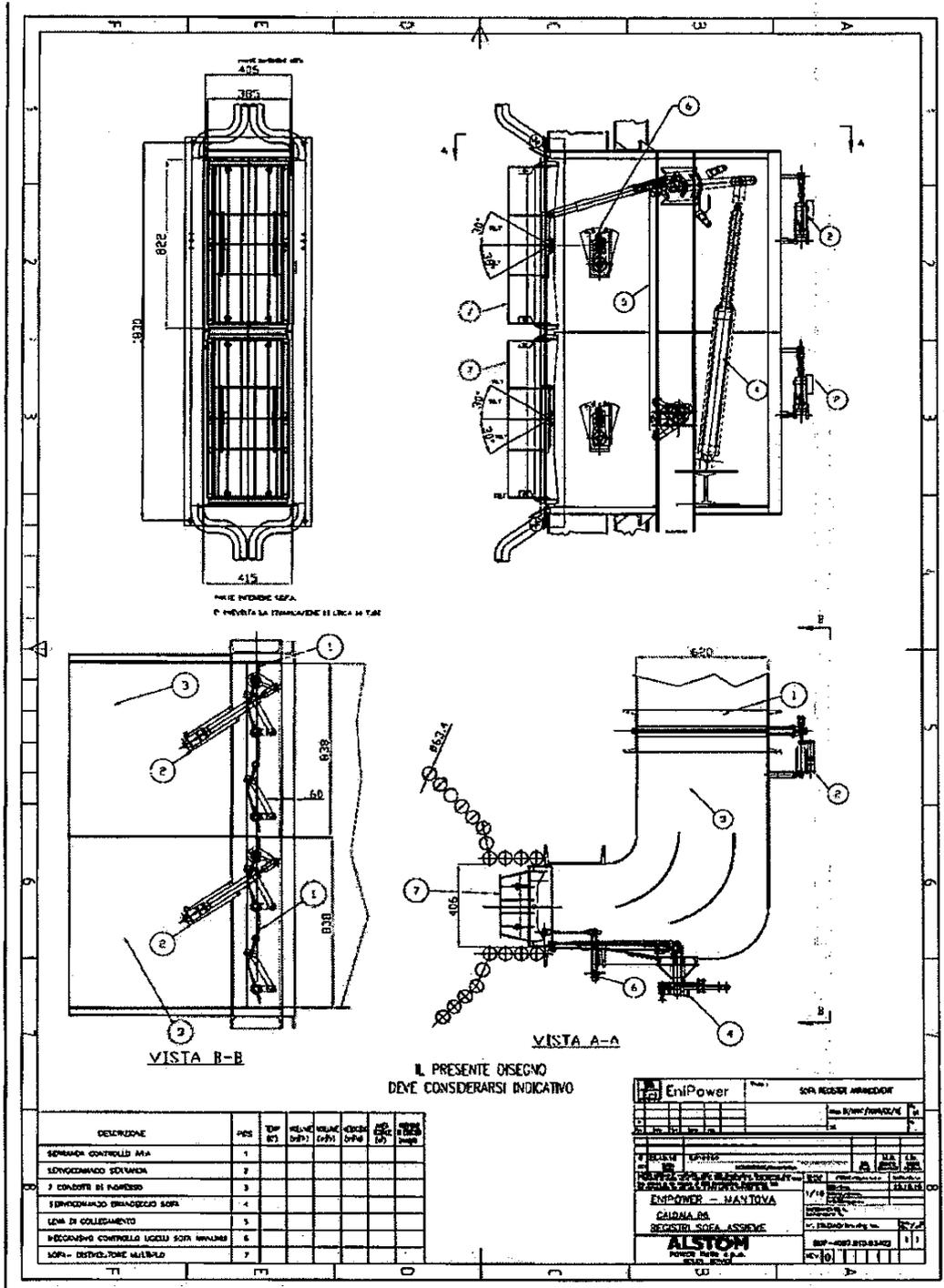
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

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

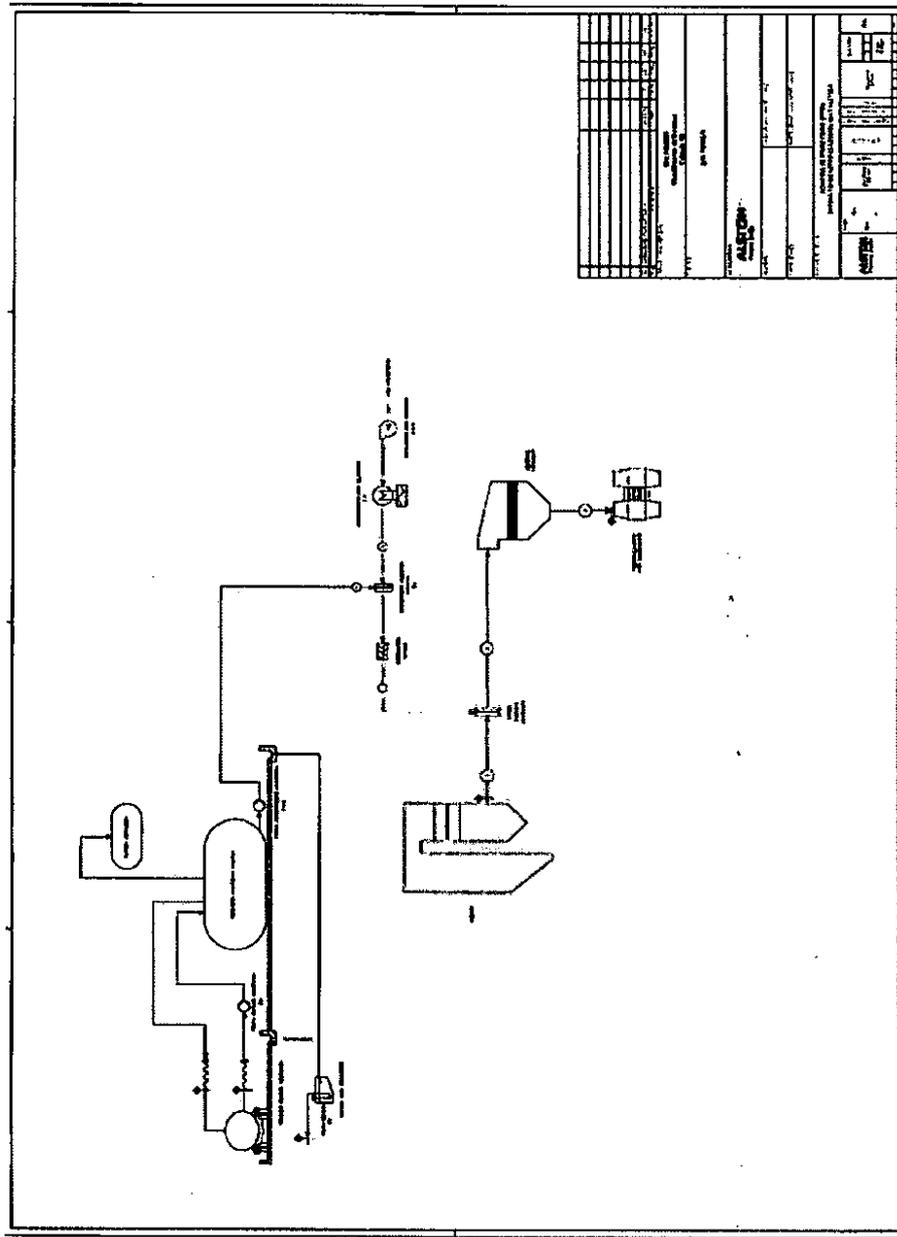
Progetto di massima
Riduzione Impatto Ambientale

Doc. n. : 4007 BTV I6110

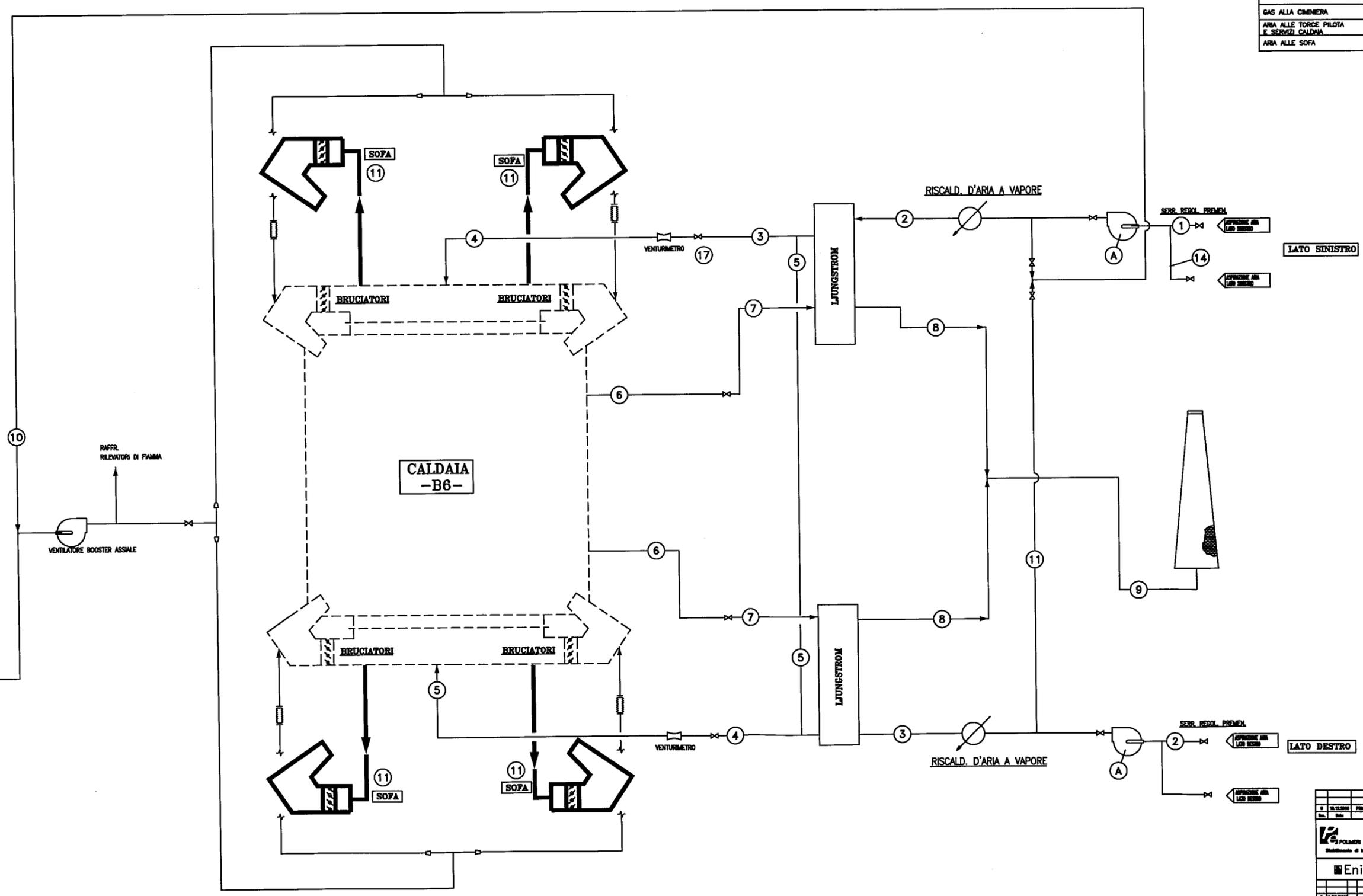
Rev. : 0

Data : 14/02/2012

Pag. 42 di 42

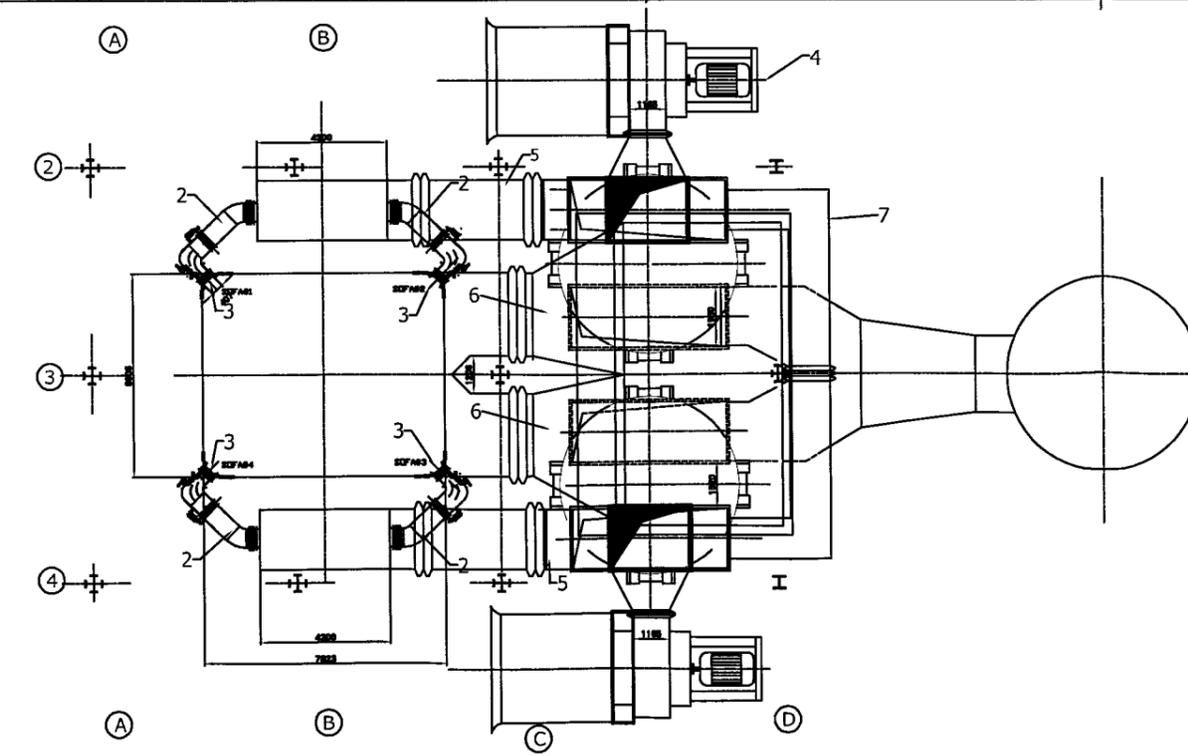
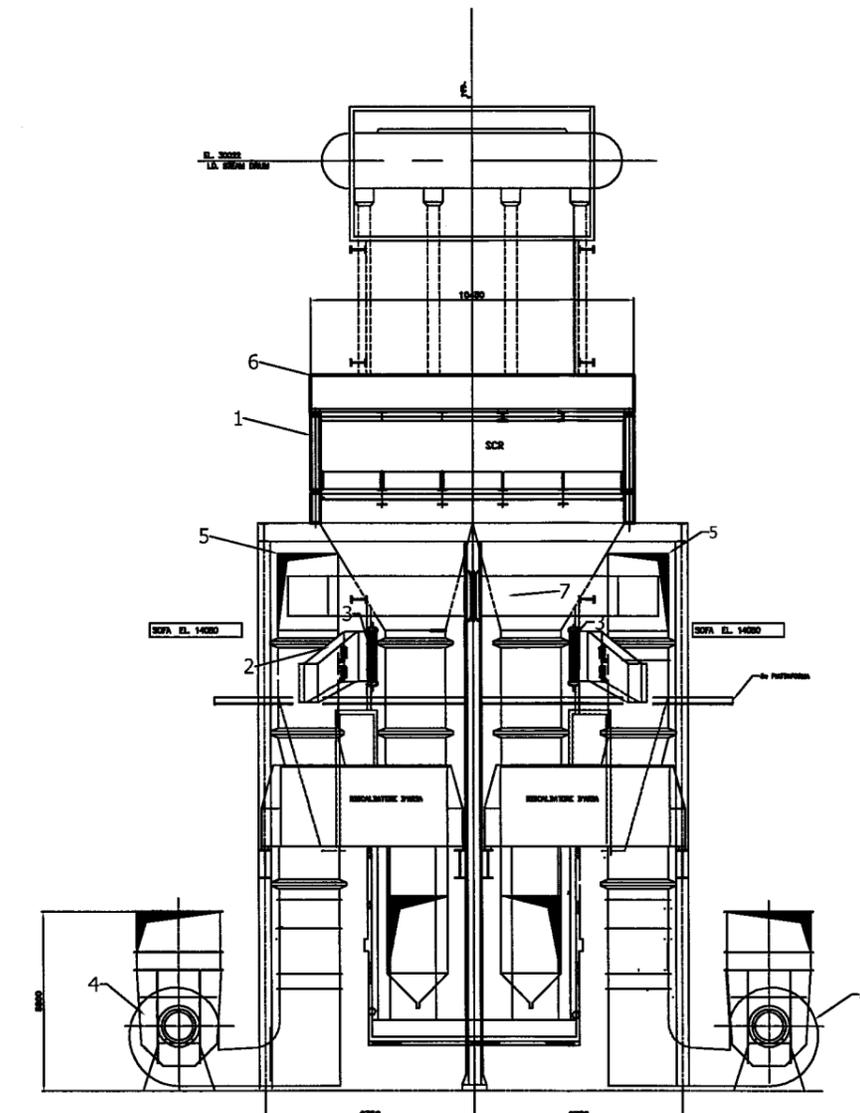
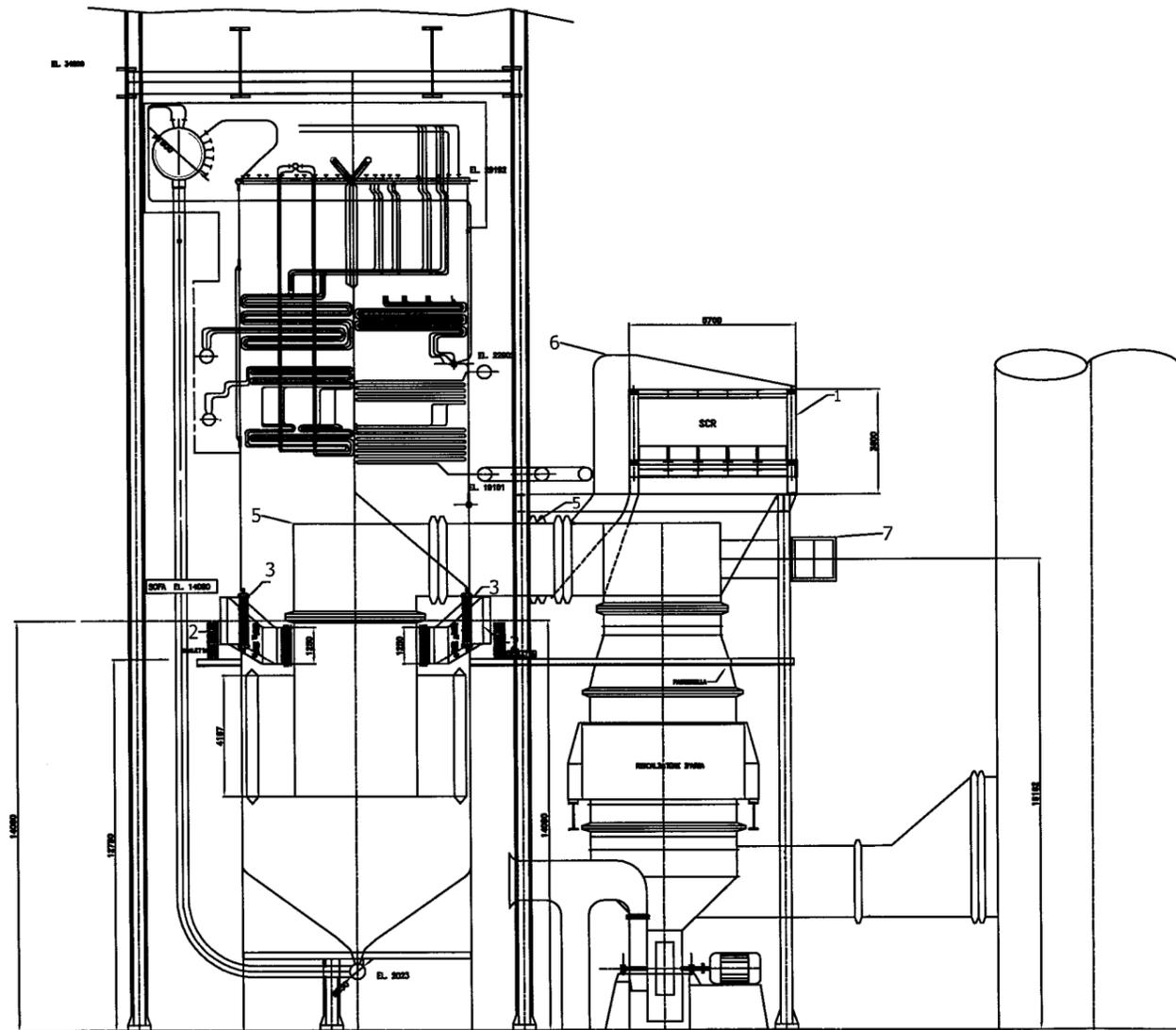


DESCRIZIONE	POS.	TEMP. (°C)	VOLUME (m³/h)	VELOCITÀ (m/s)	AREA (m²)	PERIMETRO (m)
ARIA AL VENTILATORE FDF	1					
ARIA ENTRATA LUNGSTROM	2					
ARIA USCITA LUNGSTROM	3					
MIX. ARIA/GAS ENTRATA WINDBOX	4					
ARIA EQUILIBR. BRUCIATORI	5					
GAS USCITA CALDAIA	6					
GAS ENTRATA LUNGSTROM	7					
GAS USCITA LUNGSTROM	8					
GAS ALLA CMINERA	9					
ARIA ALLE TORCE PILOTA E SERVIZI CALDAIA	10					
ARIA ALLE SOFA						



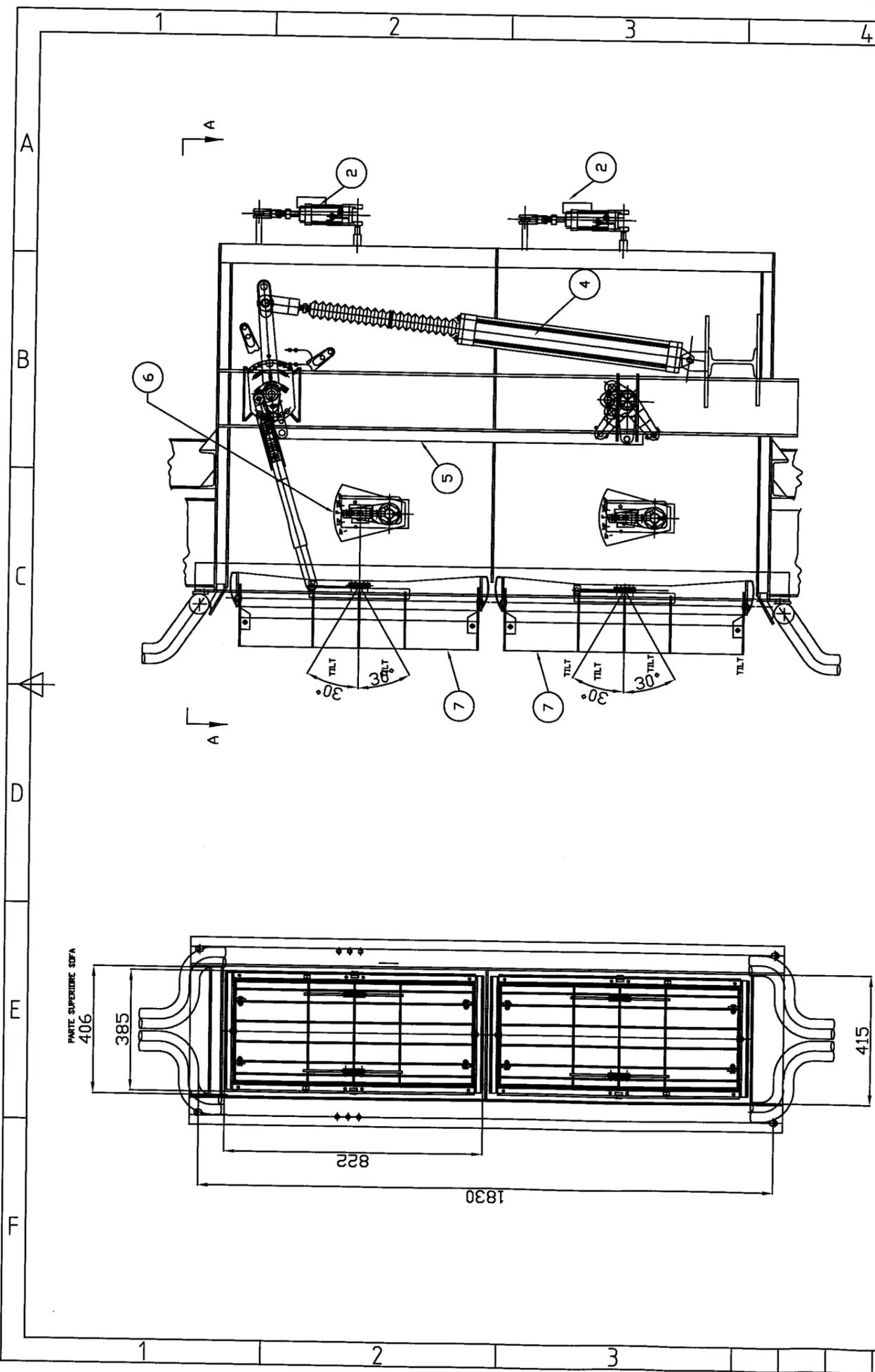
0	18/12/2010	Primo Emisione							
1	18/12/2010	Primo Emisione							
2	18/12/2010	Primo Emisione							
3	18/12/2010	Primo Emisione							
4	18/12/2010	Primo Emisione							
5	18/12/2010	Primo Emisione							
6	18/12/2010	Primo Emisione							
7	18/12/2010	Primo Emisione							
8	18/12/2010	Primo Emisione							
9	18/12/2010	Primo Emisione							
10	18/12/2010	Primo Emisione							
11	18/12/2010	Primo Emisione							
12	18/12/2010	Primo Emisione							
13	18/12/2010	Primo Emisione							
14	18/12/2010	Primo Emisione							
15	18/12/2010	Primo Emisione							
16	18/12/2010	Primo Emisione							
17	18/12/2010	Primo Emisione							
18	18/12/2010	Primo Emisione							
19	18/12/2010	Primo Emisione							
20	18/12/2010	Primo Emisione							

EniPower
 SCHEMA CONDOTTI ARIA / GAS
 FLOW DIAGRAM SOFA
 ALSTOM
 POWER Italia s.p.a.
 REV. 0

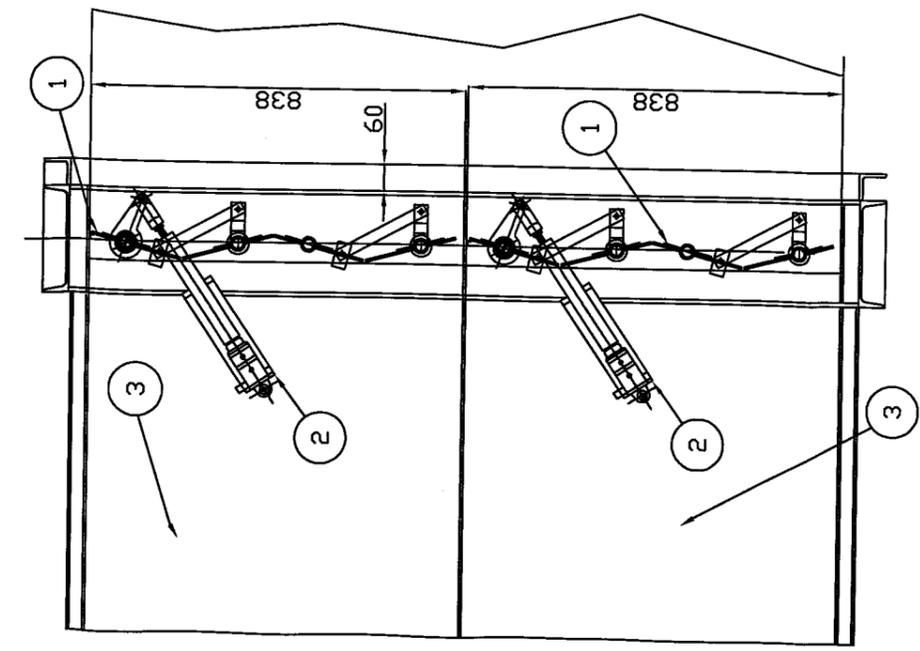


PDS.	DESCRIZIONE	QUANTITA'	NOTE
1	S.C.R.	1	NUOVO
2	CONDOTTI MISCELA ARIA FUMI PORTE SOFA	4	NUOVO
3	PORTE SOFA ORIENTABILI	4	NUOVO
4	VENTILATORI ARIA FORZATA COMBURENTE	2	ESISTENTI
5	CONDOTTI DA R.A. A CASSA D'ARIA	2	ESISTENTI
6	CONDOTTI FUMI DA CALDAIA A SCR.	2	NUOVI
7	CONDOTTO BILANCIAMENTO ARIA	1	NUOVO

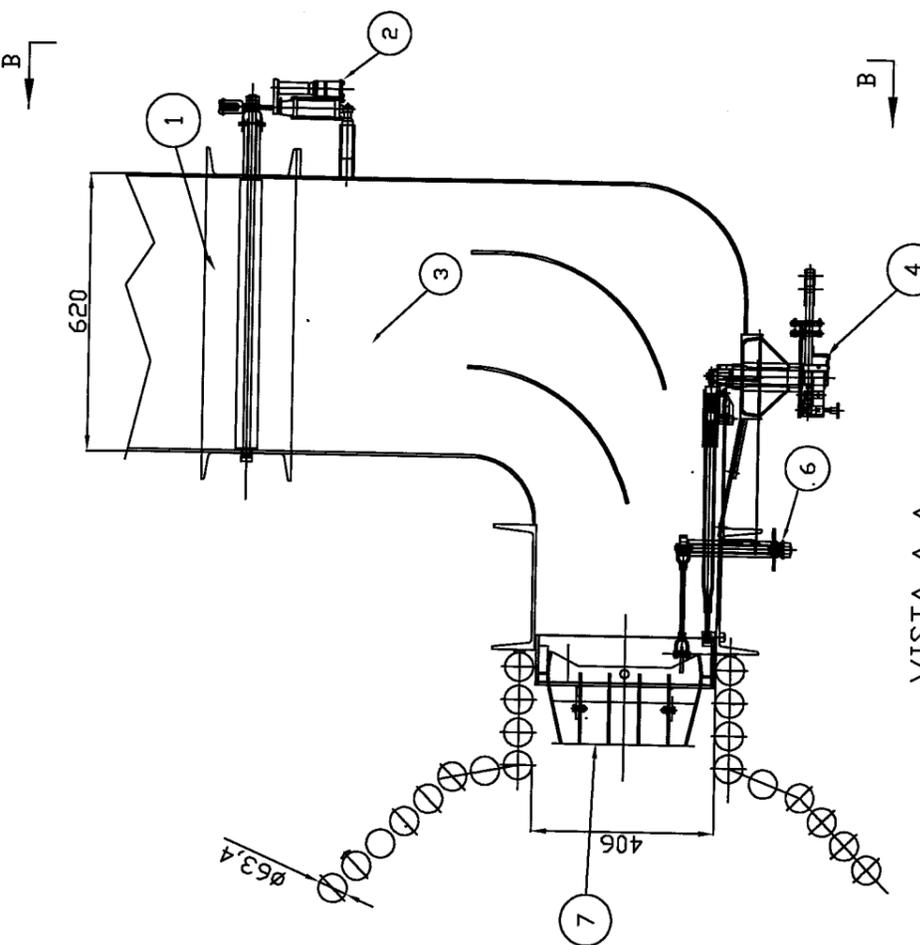
1	03/02/12	Aggiunto SCR	M.G.	M.G.	M.L.
0	26/11/10	Descrizione	M.G.	M.G.	M.L.
DESCRIZIONE/Description			DIS. Des.	CONTR. Checked	VISTO/Approv.
EniPower ENI POWER - MANTOVA CALDAIA B-6 SOFA & SCR			SCALA Scale	1:X	FIRME/Signature DATA/Date 26/11/10 M.G. 25/11/10 M.G. 25/11/10 M.L. 25/11/10 M.L.
RIFERIMENTO N. Reference N. N. DISEGNO/Drawing No.			11 11 11		
ALSTOM POWER Italia S.p.A. POWER SERVICE THERMAL SYSTEM			REV. 01		



PARTE INFERIORE SOFA.
E' PREVISTA LA DIVARICAZIONE DI CIRCA 14 TUBI



VISTA B-B



VISTA A-A

IL PRESENTE DISEGNO
DEVE CONSIDERARSI INDICATIVO

DESCRIZIONE	POS.	TEMP. (°C)	VOLUME (m³/h)	VOLUME VELOCITA' (m³/s)	AREA TOTALE (m²)	PRESSIONE IN ESERIZIO (mmHg)
SERRANDA CONTROLLO ARIA	1					
SERVOCOMANDO SERRANDA	2					
2 CONDOTTI DI INGRESSO	3					
SERVOCOMANDO BRANDEGGIO SOFA	4					
LEVA DI COLLEGAMENTO	5					
MECCANISMO CONTROLLO UGELLI SOFA MANUALI	6					
SOFA- DISTRIBUTORE MULTIPLO	7					

EniPower

SOFA REGISTER ARRANGEMENT

0 22.10.10 Emesso

REVISIONI

DATA

DESCRIZIONE/Quantifica

CAUSA N°/AUT/9999/CG/RE

REV. 0

REV. 1

REV. 2

REV. 3

REV. 4

REV. 5

REV. 6

REV. 7

REV. 8

REV. 9

REV. 10

REV. 11

REV. 12

REV. 13

REV. 14

REV. 15

REV. 16

REV. 17

REV. 18

REV. 19

REV. 20

REV. 21

REV. 22

REV. 23

REV. 24

REV. 25

REV. 26

REV. 27

REV. 28

REV. 29

REV. 30

REV. 31

REV. 32

REV. 33

REV. 34

REV. 35

REV. 36

REV. 37

REV. 38

REV. 39

REV. 40

REV. 41

REV. 42

REV. 43

REV. 44

REV. 45

REV. 46

REV. 47

REV. 48

REV. 49

REV. 50

REV. 51

REV. 52

REV. 53

REV. 54

REV. 55

REV. 56

REV. 57

REV. 58

REV. 59

REV. 60

REV. 61

REV. 62

REV. 63

REV. 64

REV. 65

REV. 66

REV. 67

REV. 68

REV. 69

REV. 70

REV. 71

REV. 72

REV. 73

REV. 74

REV. 75

REV. 76

REV. 77

REV. 78

REV. 79

REV. 80

REV. 81

REV. 82

REV. 83

REV. 84

REV. 85

REV. 86

REV. 87

REV. 88

REV. 89

REV. 90

REV. 91

REV. 92

REV. 93

REV. 94

REV. 95

REV. 96

REV. 97

REV. 98

REV. 99

REV. 100

REV. 101

REV. 102

REV. 103

REV. 104

REV. 105

REV. 106

REV. 107

REV. 108

REV. 109

REV. 110

REV. 111

REV. 112

REV. 113

REV. 114

REV. 115

REV. 116

REV. 117

REV. 118

REV. 119

REV. 120

REV. 121

REV. 122

REV. 123

REV. 124

REV. 125

REV. 126

REV. 127

REV. 128

REV. 129

REV. 130

REV. 131

REV. 132

REV. 133

REV. 134

REV. 135

REV. 136

REV. 137

REV. 138

REV. 139

REV. 140

REV. 141

REV. 142

REV. 143

REV. 144

REV. 145

REV. 146

REV. 147

REV. 148

REV. 149

REV. 150

REV. 151

REV. 152

REV. 153

REV. 154

REV. 155

REV. 156

REV. 157

REV. 158

REV. 159

REV. 160

REV. 161

REV. 162

REV. 163

REV. 164

REV. 165

REV. 166

REV. 167

REV. 168

REV. 169

REV. 170

REV. 171

REV. 172

REV. 173

REV. 174

REV. 175

REV. 176

REV. 177

REV. 178

REV. 179

REV. 180

REV. 181

REV. 182

REV. 183

REV. 184

REV. 185

REV. 186

REV. 187

REV. 188

REV. 189

REV. 190

REV. 191

REV. 192

REV. 193

REV. 194

REV. 195

REV. 196

REV. 197

REV. 198

REV. 199

REV. 200

REV. 201

REV. 202

REV. 203

REV. 204

REV. 205

REV. 206

REV. 207

REV. 208

REV. 209

REV. 210

REV. 211

REV. 212

REV. 213

REV. 214

REV. 215

REV. 216

REV. 217

REV. 218

REV. 219

REV. 220

REV. 221

REV. 222

REV. 223

REV. 224

REV. 225

REV. 226

REV. 227

REV. 228

REV. 229

REV. 230

REV. 231

REV. 232

REV. 233

REV. 234

REV. 235

REV. 236

REV. 237

REV. 238

REV. 239

REV. 240

REV. 241

REV. 242

REV. 243

REV. 244

REV. 245

REV. 246

REV. 247

REV. 248

REV. 249

REV. 250

REV. 251

REV. 252

REV. 253

REV. 254

REV. 255

REV. 256

REV. 257

REV. 258

REV. 259

REV. 260

REV. 261

REV. 262

REV. 263

REV. 264

REV. 265

REV. 266

REV. 267

REV. 268

REV. 269

REV. 270

REV. 271

REV. 272

REV. 273

REV. 274

REV. 275

REV. 276

REV. 277

REV. 278

REV. 279

REV. 280

REV. 281

REV. 282

REV. 283

REV. 284

REV. 285

REV. 286

REV. 287

REV. 288

REV. 289

REV. 290

REV. 291

REV. 292

REV. 293

REV. 294

REV. 295

REV. 296

REV. 297

REV. 298

REV. 299

REV. 300

REV. 301

REV. 302

REV. 303

REV. 304

REV. 305

REV. 306

REV. 307

REV. 308

REV. 309

REV. 310

REV. 311

REV. 312

REV. 313

REV. 314

REV. 315

REV. 316

REV. 317

REV. 318

REV. 319

REV. 320

REV. 321

REV. 322

REV. 323

REV. 324

REV. 325

REV. 326

REV. 327

REV. 328

REV. 329

REV. 330

REV. 331

REV. 332

REV. 333

REV. 334

REV. 335

REV. 336

REV. 337

REV. 338

REV. 339

REV. 340

REV. 341

REV. 342

REV. 343

REV. 344

REV. 345

REV. 346

REV. 347

REV. 348

REV. 349

REV. 350

REV. 351

REV. 352

REV. 353

REV. 354

REV. 355

REV. 356

REV. 357

REV. 358

REV. 359

REV. 360

REV. 361

REV. 362

REV. 363

REV. 364

REV. 365

REV. 366

REV. 367

REV. 368

REV. 369

REV. 370

REV. 371

REV. 372

REV. 373

REV. 374

REV. 375

REV. 376

REV. 377

REV. 378

REV. 379

REV. 380

REV. 381

REV. 382

REV. 383

REV. 384

REV. 385

REV. 386

REV. 387

REV. 388

REV. 389

REV. 390

REV. 391

REV. 392

REV. 393

REV. 394

REV. 395

REV. 396

REV. 397

REV. 398

REV. 399

REV. 400

REV. 401

REV. 402

REV. 403

REV. 404

REV. 405

REV. 406

REV. 407

REV. 408

REV. 409

REV. 410

REV. 411

REV. 412

REV. 413

REV. 414

REV. 415

REV. 416

REV. 417

REV. 418

REV. 419

REV. 420

REV. 421

REV. 422

REV. 423

REV. 424

REV. 425

REV. 426

REV. 427

REV. 428

REV. 429

REV. 430

REV. 431

REV. 432

REV. 433

REV. 434

REV. 435

REV. 436

REV. 437

REV. 438

REV. 439

REV. 440

REV. 441

REV. 442

REV. 443

REV. 444

REV. 445

REV. 446

REV. 447

REV. 448

REV. 449

REV. 450

REV. 451

REV. 452

REV. 453

REV. 454

REV. 455

REV. 456

REV. 457

REV. 458

REV. 459

REV. 460

REV. 461

REV. 462

REV. 463

REV. 464

REV. 465

REV. 466

REV. 467

REV. 468

REV. 469

REV. 470

REV. 471

REV. 472

REV. 473

REV. 474

REV. 475

REV. 476

REV. 477

REV. 478

REV. 479

REV. 480

REV. 481

REV. 482

REV. 483

REV. 484

REV. 485

REV. 486

REV. 487

REV. 488

REV. 489

REV. 490

REV. 491

REV. 492

REV. 493

REV. 494

REV. 495

REV. 496

REV. 497

REV. 498

REV. 499

REV. 500

REV. 501

REV. 502

REV. 503

REV. 504

REV. 505

REV. 506

REV. 507

REV. 508

REV. 509

REV. 510

REV. 511

REV. 512

REV. 513

REV. 514

REV. 515

REV. 516

REV. 517

REV. 518

REV. 519

REV. 520

REV. 521

REV. 522

REV. 523

REV. 524

REV. 525

REV. 526

REV. 527

REV. 528

REV. 529

REV. 530

REV. 531

REV. 532

REV. 533

REV. 534

REV. 535

REV. 536

REV. 537

REV. 538

REV. 539

REV. 540

REV. 541

REV. 542

REV. 543

REV. 544

REV. 545

REV. 546

REV. 547

REV. 548

REV. 549

REV. 550

REV. 551

REV. 552

REV. 553

REV. 554

REV. 555

REV. 556

REV. 557

REV. 558

REV. 559

REV. 560

REV. 561

REV. 562

REV. 563

REV. 564

REV. 565

REV. 566

REV. 567

REV. 568

REV. 569

REV. 570

REV. 571

REV. 572

REV. 573

REV. 574

REV. 575

REV. 576

REV. 577

REV. 578

REV. 579

REV. 580

REV. 581

REV. 582

REV. 583

REV. 584

REV. 585

REV. 586

REV. 587

REV. 588

REV. 589

REV. 590

REV. 591

REV. 592

REV. 593

REV. 594

REV. 595

REV. 596

REV. 597

REV. 598

REV. 599

REV. 600

REV. 601

REV. 602

REV. 603

REV. 604

REV. 605

REV. 606

REV. 607

REV. 608

REV. 609

REV. 610

REV. 611

REV. 612

REV. 613

REV. 614

REV. 615

REV. 616

REV. 617

REV. 618

REV. 619

REV. 620

REV. 621

REV. 622

REV. 623

REV. 624

REV. 625

REV. 626

REV. 627

REV. 628

REV. 629

REV. 630

REV. 631

REV. 632

REV. 633

REV. 634

REV. 635

REV. 636

REV. 637

REV. 638

REV. 639

REV. 640

REV. 641

REV. 642

REV. 643

REV. 644

REV. 645

REV. 646

REV. 647

REV. 648

REV. 649

REV. 650

REV. 651

REV. 652

REV. 653

REV. 654

REV. 655

REV. 656

REV. 657

REV. 658

REV. 659

REV. 660

REV. 661

REV. 662

REV. 663

REV. 664

REV. 665

REV. 666

REV. 667

REV. 668

REV. 669

REV. 670

REV. 671

REV. 672

REV. 673

REV. 674

REV. 675

REV. 676

REV. 677

REV. 678

REV. 679

REV. 680

REV. 681

REV. 682

REV. 683

REV. 684

REV. 685

REV. 686

REV. 687

REV. 688

REV. 689

REV. 690

REV. 691

REV. 692

REV. 693

REV. 694

REV. 695

REV. 696

REV. 697

REV. 698

REV. 699

REV. 700

REV. 701

REV. 702

REV. 703

REV. 704

REV. 705

REV. 706

REV. 707

REV. 708

REV. 709

REV. 710

REV. 711

REV. 712

REV. 713

REV. 714

REV. 715

REV. 716

REV. 717

REV. 718

REV. 719

REV. 720

REV. 721

REV. 722

REV. 723

REV. 724

REV. 725

REV. 726

REV. 727

REV. 728

REV. 729

REV. 730

REV. 731

REV. 732

REV. 733

REV. 734

REV. 735

REV. 736

REV. 737

REV. 738

REV. 739

REV. 740

REV. 741

REV. 742

REV. 743

REV. 744

REV. 745

REV. 746

REV. 747

REV. 748

REV. 749

REV. 750

REV. 751

REV. 752

REV. 753

REV. 754

REV. 755

REV. 756

REV. 757

REV. 758

REV. 759

REV. 760

REV. 761

REV. 762

REV. 763

REV. 764

REV. 765

REV. 766

REV. 767

REV. 768

REV. 769

REV. 770

REV. 771

REV. 772

REV. 773

REV. 774

REV. 775

REV. 776

REV. 777

REV. 778

REV. 779

REV. 780

REV. 781

REV. 782

REV. 783

REV. 784

REV. 785

REV. 786

REV. 787

REV. 788

REV. 789

REV. 790

REV. 791

REV. 792

REV. 793

REV. 794

REV. 795

REV. 796

REV. 797

REV. 798

REV. 799

REV. 800

REV. 801

REV. 802

REV. 803

REV. 804

REV. 805

REV. 806

REV. 807

REV. 808

REV. 809

REV. 810

REV. 811

REV. 812

REV. 813

REV. 814

REV. 815

REV. 816

REV. 817

REV. 818

REV. 819

REV. 820

REV. 821

REV. 822

REV. 823

REV. 824

REV. 825

REV. 826

REV. 827

REV. 828

REV. 829

REV. 830

REV. 831

REV. 832

REV. 833

REV. 834

REV. 835

REV. 836

REV. 837

REV. 838

REV. 839

REV. 840

REV. 841

REV. 842

REV. 843

REV. 844

REV. 845

REV. 846

REV. 847

REV. 848

REV. 849

REV. 850

REV. 851

REV. 852

REV. 853

REV. 854

REV. 855

REV. 856

REV. 857

REV. 858

REV. 859

REV. 860

REV. 861

REV. 862

REV. 863

REV. 864

REV. 865

REV. 866

REV. 867

REV. 868

REV. 869

REV. 870

REV. 871

REV. 872

REV. 873

REV. 874

REV. 875

REV. 876

REV. 877

REV. 878

REV. 879

REV. 880

REV. 881

REV. 882

REV. 883

REV. 884

REV. 885

REV. 886

REV. 887

REV. 888

REV. 889

REV. 890

REV. 891

REV. 892

REV. 893

REV. 894

REV. 895

REV. 896

REV. 897

REV. 898

REV. 899

REV. 900

REV. 901

REV. 902

REV. 903

REV. 904

REV. 905

REV. 906

REV. 907

REV. 908

REV. 909

REV. 910

REV. 911

REV. 912

REV. 913

REV. 914

REV. 915

REV. 916

REV. 917

REV. 918

REV. 919

REV. 920

REV. 921

REV. 922

REV. 923

REV. 924

REV. 925

REV. 926

REV. 927

REV. 928

REV. 929

REV. 930

REV. 931

REV. 932

REV. 933

REV. 934

REV. 935

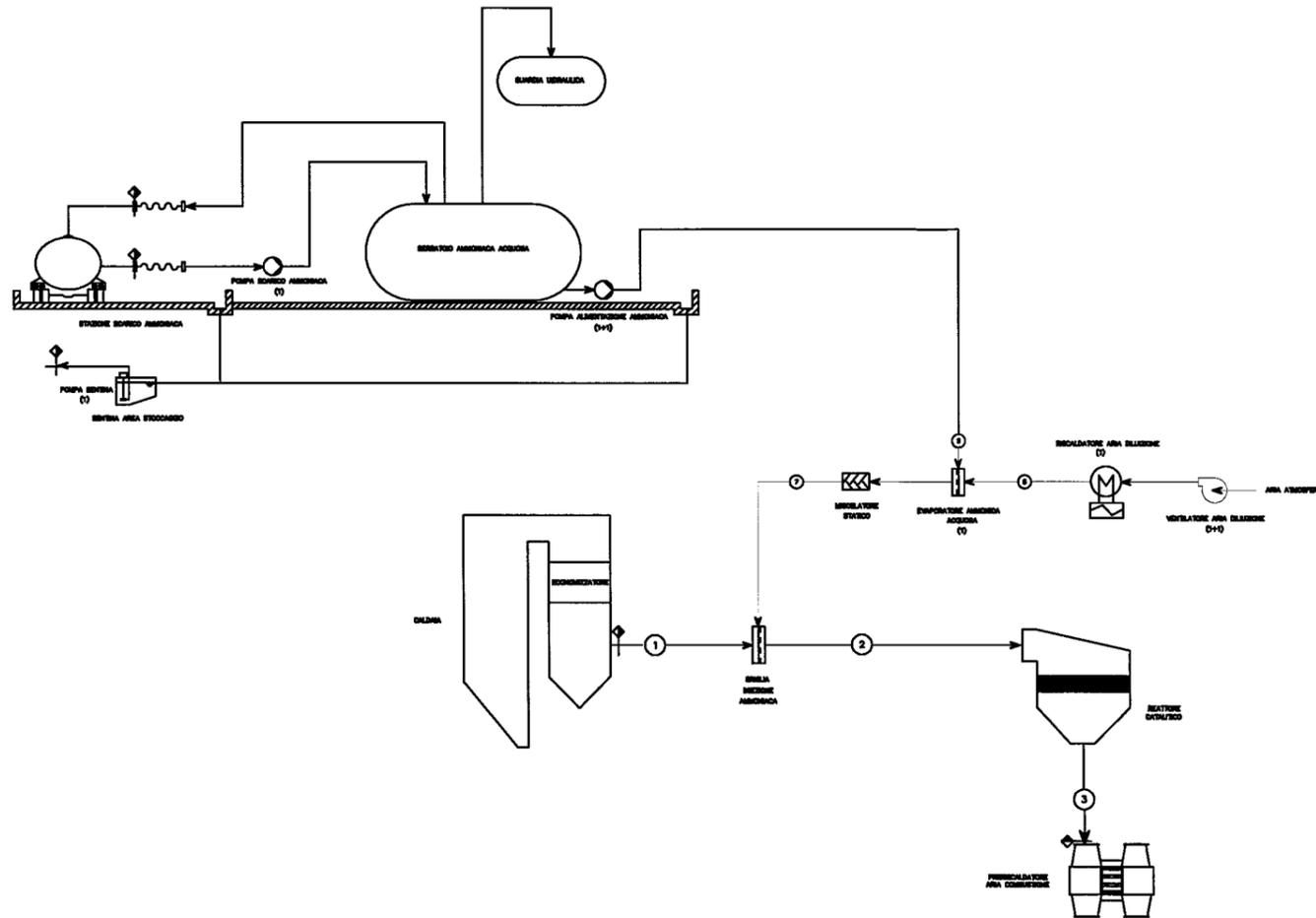
REV. 936

REV. 937

REV. 938

REV. 939

REV. 940



00	EMMISSIONE PER OFFERTA	31/01/12	FP	LS	AM	00			
PROJ	DESCRIPTION	LOW	PREL	VSSE	APPL	STATUS			
PROJECT DESCRIPTION: ENI POWER Stabilimento di Mantova Caldaia B5									
CLIENT: ENI POWER									
CONSORZIUM: ALSTOM Power Italia									
VENDOR:			VENDOR DOCUMENT CODE:						
PARTICIPANT:			PARTICIPANT DOCUMENT CODE:						
DOCUMENT TITLE: SCHEMA DI PROCESSO (PFD) IMPIANTO DENITRIFICAZIONE CATALITICA									
Scale	NA	Document Originator	U N T	S Y S E M	D I S C I P L I N E	ACTIVITY	Document Number	Next Sheet	Rev
ALSTOM Power Italia	A1							Sheet Number	00