

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

RECHIM
IMPIANTO DI RECUPERO ENERGIA

Studio di fattibilità

Relazione tecnica generale

0	Prima emissione	Carollo	Carminati	31/10/2024
Rev.	Descrizione / Description	Comp./Drawn	Contr./Check	Data / Date



	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

INDICE

INDICE.....	2
1 SCOPO.....	3
2 QUALITÀ E QUANTITÀ DEI REFLUI.....	3
2.1 REFLUO A	3
2.2 REFLUO B	4
2.3 REFLUO C	4
2.4 OFF GAS	5
3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO	5
3.1 COMBUSTORE	5
3.2 CALDAIA.....	6
3.3 DEPURAZIONE FUMI.....	9
4 BILANCI DI MASSA E DI ENERGIA.....	14
5 RIEPILOGO DEI DATI TECNICI	18
6 DESCRIZIONE DEL PROCESSO	22
7 PRESTAZIONI DEL NUOVO IMPIANTO	24
7.1 REFLUI TRATTATI.....	24
7.2 VAPORE PRODOTTO.....	24
7.3 DEPURAZIONE FUMI.....	24
8 CONSUMO DI MATERIE PRIME, ACQUA E COMBUSTIBILI.....	26
8.1 METANO	26
8.2 ACQUA.....	26
8.3 ENERGIA ELETTRICA	26
8.4 CHEMICALS.....	26
9 PRODUZIONE DI RESIDUI SOLIDI E SCARICHI LIQUIDI	27
9.1 RESIDUI SOLIDI	27
9.2 SCARICHI LIQUIDI.....	27

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

1 SCOPO

Rechim è un'azienda che opera nel settore del trattamento e del recupero di solventi. Nell'ambito di una ottimizzazione energetica dell'attività del sito di Traghetti in provincia di Ferrara, si intende valutare l'opportunità di recuperare l'energia dai reflui non più recuperabili. La produzione di vapore e di energia elettrica che deriva dal recupero di energia viene utilizzata nel processo di recupero solventi e va a integrare il consumo di metano nelle caldaie tradizionali.

Questa relazione generale fa parte dello studio di fattibilità dell'impianto di recupero di energia suddetto. Nello studio di fattibilità l'impianto viene dimensionato, inserito nella piattaforma impiantistica di Traghetti e sono quantificati i costi di investimento (CAPEX) e i costi operativi (OPEX).

In questa relazione sono descritti i principali componenti dell'impianto; sono inoltre quantificate le prestazioni, i fabbisogni e le produzioni di residui del nuovo impianto.

2 QUALITÀ E QUANTITÀ DEI REFLUI

Per il dimensionamento dell'impianto di recupero di energia è necessario definire i reflui da trattate. Sulla base delle analisi fornite da Rechim, ottenute da un campionamento medio durato 6 mesi, sono stati individuati 3 flussi di reflui liquidi denominati refluo A, B e C, di cui si riportano di seguito le caratteristiche.

2.1 Refluo A (EER 190204 rifiuto ottenuto dal processo P1 base acqua, 070101 rifiuto ottenuto da attività di sintesi organica)

Di seguito è riportata la composizione elementare del refluo A, utilizzata nei calcoli.

	% wet	% dry
C	9,10	39,39
H ₂	8,20	35,50
S	0,33	1,43
O ₂	0,00	0,00
N ₂	1,40	6,06
H ₂ O	76,90	0,00
Cl	0,36	1,56
F	0,03	0,14
Ceneri	3,68	15,93
totale	100,00	100,00

Il potere calorifico medio del refluo A è di 10.000 kJ/kg. Questo valore del potere calorifico deriva dalla composizione elementare.

La quantità di progetto del refluo A che sarà trattata nel nuovo impianto è pari a 1.080 kg/h.

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

2.2 Refluo B (EER 190204 rifiuto ottenuto dal processo P1 base solvente, 070104, 070108 rifiuto ottenuto da attività di sintesi organica)

Di seguito è riportata la composizione elementare del refluo B utilizzata nei calcoli.

	% wet	% dry
C	64,80	66,60
H ₂	8,00	8,22
S	3,40	3,49
O ₂	15,80	16,24
N ₂	2,80	2,88
H ₂ O	2,70	0,00
Cl	2,40	2,47
F	0,00	0,00
Ceneri	0,10	0,10
totale	100,00	100,00

Il potere calorifico medio del refluo B è di 29.000 kJ/kg.

La quantità di progetto del refluo B che sarà trattata nel nuovo impianto è pari a 360 kg/h.

2.3 Refluo C (EER 190204 rifiuto ottenuto dal processo P3)

Di seguito è riportata la composizione elementare media del refluo C.

	% wet	% dry
C	3,00	48,62
H ₂	1,00	16,21
S	0,05	0,81
O ₂	0,00	0,00
N ₂	2,00	32,41
H ₂ O	93,83	0,00
Cl	0,01	0,16
F	0,01	0,16
Ceneri	0,10	1,62
totale	100,00	100,00

Il potere calorifico medio del refluo C è uguale a 0 kJ/kg.

La quantità di progetto del refluo C che sarà trattata nel nuovo impianto è pari a 960 kg/h.

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

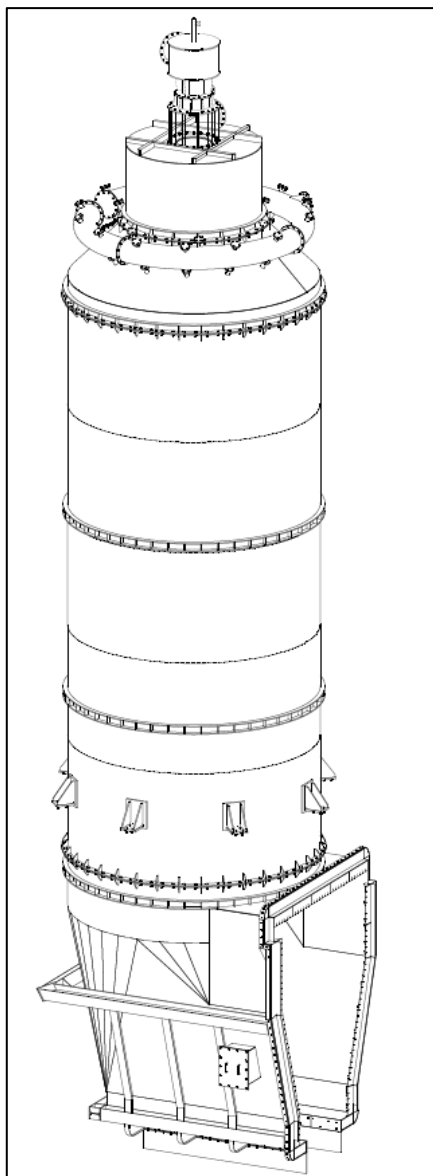
2.4 Off gas

Gli off gas prodotti dal sito di Traghetto derivano dal convogliamento delle emissioni diffuse delle 3 isole dello stabilimento e sono costituiti da azoto con un contenuto pari a circa 10 g/m^3 (il dato misurato nell'ultima campagna di indagine EMI.03 Valutazione impatto odorigeno Rev 2 04/2025 e di $2,4 \text{ g/m}^3$, si arrotonda a 10 g/m^3 per i calcoli) di vapori infiammabili.

La portata di off gas che si prevede di trattare nel nuovo impianto è pari a circa $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

3.1 Combustore



Il progetto prevede l'installazione di un combustore verticale cilindrico a flusso discendente (down firing) composto da un fasciame autoportante, completamente refrattariato. Il combustore sarà dotato di un unico bruciatore bifuel da 5 MW, montato sulla testata superiore, dove saranno alimentati il reflu B e il metano. I reflui a basso potere calorifico (reflui A e C) saranno iniettati nel combustore per mezzo di lance dedicate, poste ad un livello inferiore rispetto al bruciatore. Da una prima ipotesi i reflui A e C saranno miscelati in un serbatoio prima dell'alimentazione al combustore.

Gli off gas saranno iniettati nel combustore in un bocchello dedicato, alla medesima quota dei reflui acquosi.

I reflui saranno atomizzati con aria compressa. Il bruciatore è dotato di ventilatore per l'aria primaria di combustione.

Il combustore è dotato di sistema di iniezione di aria secondaria; con la modulazione dell'aria secondaria sarà possibile regolare l'ossigeno, che sarà misurato in uscita dalla caldaia.

Il bruciatore e le lance saranno dotati di rampe e di sistema di gestione della combustione BMS (burning management system).

Il combustore è dimensionato per assicurare un tempo di permanenza dei fumi di almeno 2 secondi alla temperatura minima di 1.100°C

Le parti inferiori della camera di combustione e del primo canale della caldaia sono rastremate a formare una tramoggia che termina con un estrattore a bagno d'acqua del tipo a raschietti.

Nella zona di passaggio dalla camera alla caldaia viene insufflato, tramite una serie di ugelli disposti sulla volta piana

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

membranata, il ricircolo dei fumi avente la funzione di condizionare la temperatura dei fumi e mantenerla intorno o sotto a quella di rammollimento dei sali che è circa di 800°C.

La tramoggia finisce, nella parte bassa, con una gonna metallica che, immersa nel bagno d'acqua del trasportatore a raschietti (deslagger) assicura la tenuta del combustore. Tale gonna è composta da una parte (superiore) saldata alla tramoggia e una parte (inferiore) imbullonata a quella superiore; la parte inferiore deve essere smontata per permettere lo spostamento del deslagger.

La parte alta del combustore è formata da due parti flangiate al corpo principale del combustore stesso. Le due parti sono rispettivamente la parte dove avviene la variazione di sezione del cilindro e la muffola superiore dove è installato il bruciatore.

Tali sezioni del combustore possono essere sflangiate e rimosse con autogrù; per permettere tale manovra la copertura del combustore è prevista facilmente smontabile.

Le passerelle di accesso alla parte alta del combustore sono raggiungibili utilizzando le rampe scale della caldaia.

Nella figura sopra si vede una rappresentazione 3D del combustore previsto.

3.2 Caldaia

La caldaia è posizionata lateralmente rispetto alla camera di combustione.

La caldaia ha la funzione di recuperare il calore prodotto dalla combustione dei reflui liquidi e gassosi provenienti dallo stabilimento. Nella figura sotto si vede l'interno del primo canale di una caldaia simile a quella prevista.



La caldaia nel suo complesso è formata da 4 canali verticali:

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

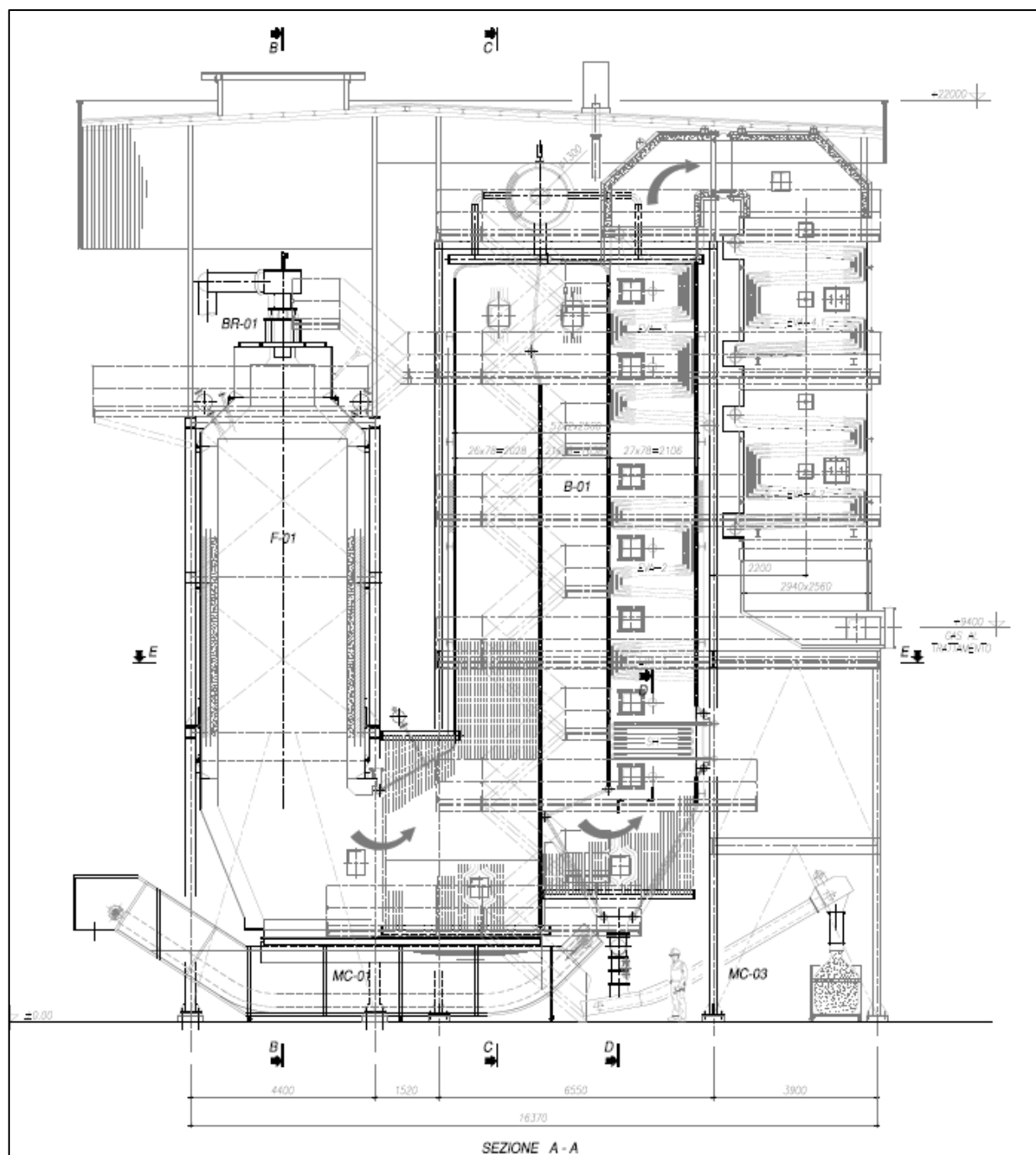
- il primo canale ascendente (che si vede nella precedente foto) è vuoto con le pareti scambianti per irraggiamento, la zona di ingresso e la tramoggia sottostante sono protette con riporto saldato di Inconel
- il secondo canale discendente è vuoto con le pareti scambianti per irraggiamento
- nel terzo canale ascendente sono posizionati in serie il surriscaldatore e i banchi evaporanti intermedi
- nell'ultimo canale, esterno al blocco della caldaia, è posizionato il banco evaporante finale

I fumi in uscita dal quarto canale entrano, tramite un condotto coibentato, direttamente nel primo reattore a bicarbonato.

A completare la sezione di scambio termico è previsto un banco economizzatore posto a valle del reattore catalitico DeNOx SCR, dove l'acqua di alimento viene riscaldata prima di entrare nel corpo cilindrico della caldaia

La circolazione della caldaia è naturale.

Nella figura seguente è riportata una vista del sistema combustore-caldaia, previsto per Rechim.



La pulizia delle superfici di scambio è ottenuta con differenti sistemi a secondo delle condizioni:

- I° e II° canale vuoto
è prevista la possibilità di installare dei martelli percussori (per ora si prevede solo la predisposizione)
- Banchi surriscaldatore ed evaporanti nel terzo canale

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

sono previsti soffiatori di fuliggine a vapore del tipo retrattile

- banchi finali evaporanti

sono previsti soffiatori di fuliggine a vapore del tipo rotativo.

Le ceneri, che si staccano dalle superfici di scambio, si raccolgono in una grossa tramoggia membranata, posta sotto il secondo e terzo canale, dalla quale vengono estratte per mezzo di una coclea raffreddata con acqua e intercettata alla fine da un dispositivo di tenuta a doppio clapet; le ceneri sono quindi convogliate a un sistema di insaccaggio con big-bags.

La caldaia viene alimentata con una miscela di condense e acqua demineralizzata opportunamente degasata in un degasatore termofisico.

La caldaia è appoggiata su di un telaio in carpenteria rispetto al quale può dilatare in senso orizzontale e verticale.

Tra l'uscita della camera di combustione e l'ingresso in caldaia è interposto un compensatore di dilatazione a forma di U rovesciato.

L'ispezionabilità interna della caldaia lato fumi è favorita da una serie di portelle di accesso posizionate nei punti critici.

In particolare a cavallo di ogni banco convettivo e in corrispondenza dei soffiatori vi sono delle portelle.

Vi è un solo traguardino, che permette di osservare la fine del rivestimento refrattario della camera di postcombustione e l'ingresso in caldaia.

Completano la caldaia gli accessori:

- il degasatore termofisico
- le pompe di alimento comandate con motore elettrico
- il serbatoio di espansione degli spurghi e di raccolta dei drenaggi
- il vent di avviamento e gli sfoghi silenziati delle valvole di sicurezza
- le prese dei campioni di acqua
- il dosaggio dei reagenti chimici
- generatore di energia elettrica (il vapore generato a 22 bar viene espanso per il suo utilizzo in stabilimento a 7 bar, l'energia termica viene recuperata producendo energia elettrica da riutilizzare interamente nel sito stesso.

3.3 Depurazione fumi

I fumi in uscita dalla caldaia entrano nella sezione di depurazione. La linea di depurazione fumi è composta da N. 2 reattori di contatto in serie, da un filtro a maniche (filtro reattore) e da un reattore di catalisi DeNOx SCR. La linea è completa di sistemi di stoccaggio dei reagenti (bicarbonato di sodio, carbone attivo in polvere e soluzione ammoniacale) e dei residui (inerti e sali di reazione)

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

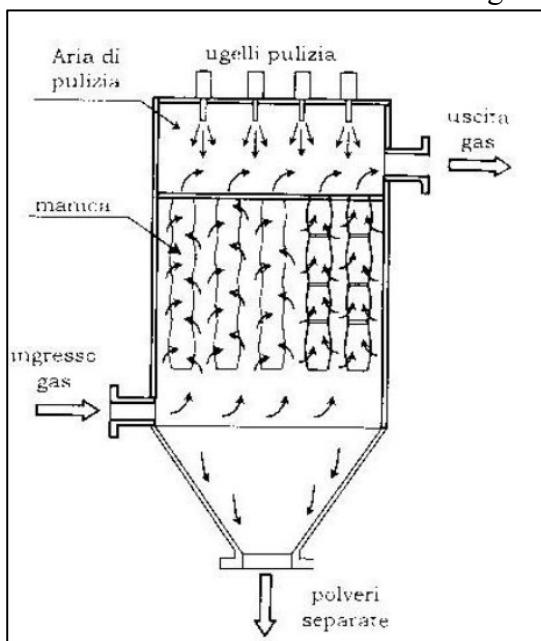
captati dal filtro a maniche. Tutta la linea di depurazione è tenuta in depressione da un ventilatore finale (ID FAN) che manda i fumi al camino finale, alto 25 metri.

A valle del filtro a maniche è previsto lo stacco per il ricircolo di parte dei fumi in ingresso alla caldaia. Dopo il reattore DeNOx è previsto un economizzatore che raffredda i fumi puliti e riscalda l'acqua di alimento caldaia.

Nei reattori di contatto (figura qui a lato) è iniettato il bicarbonato di sodio e il carbone attivo in polvere. I reattori sono 2 per assicurare una doppia reazione e quindi una doppia efficienza di captazione degli inquinanti acidi, in particolare dei composti dello zolfo. Il bicarbonato è iniettato per mezzo di un mulino micronizzatore, per ciascun reattore; è previsto anche un mulino di riserva che potrà essere utilizzato su entrambi i reattori in caso di necessità.



Dopo i due reattori di contatto i fumi entrano in un filtro a maniche, composto da N. 4 celle sezionabili. Nel filtro a maniche (rappresentato nella figura sotto), detto anche filtro reattore, le reazioni di neutralizzazione delle componenti acide dei fumi (HCl, HF e SOx) hanno modo di completarsi. Il completamento delle reazioni avviene grazie ad un elevato tempo di permanenza e a un contatto intimo tra i fumi e il reagente; i fumi infatti sono costretti ad attraversare lo strato di residuo solido che si deposita all'esterno delle maniche filtranti; nel residuo solido è presente una quota di reagente e la reazione ha modo di avanzare verso i prodotti.



Il carbone attivo ha la funzione di adsorbire i microinquinanti organici e i metalli pesanti.

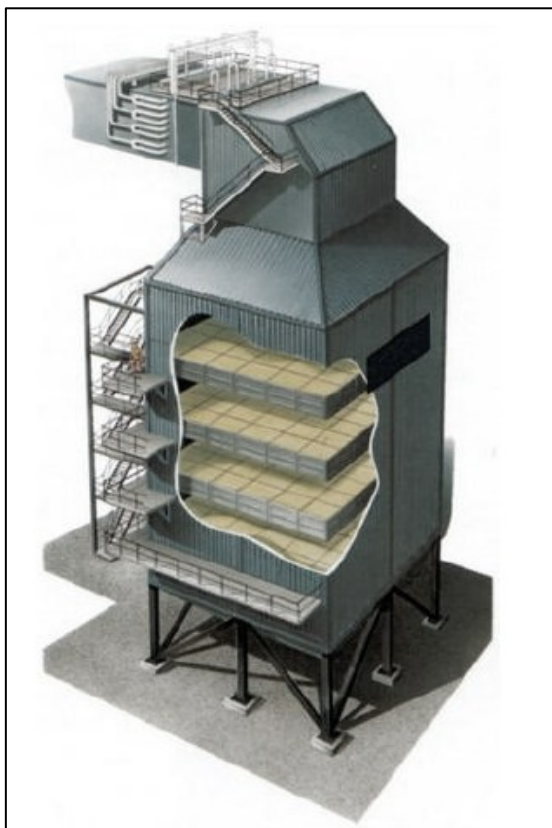
Il bicarbonato di sodio e il carbone attivo sono stoccati in silo dedicati e sono iniettati nei reattori per mezzo di un flusso di aria di trasporto.

Il filtro è dotato di un sistema di pulizia on-line composto da ugelli e valvole che “sparano” aria compressa all'interno delle maniche e provocano così un impulso che scuote ciascuna manica e la pulisce dal residuo solido depositato all'esterno della stessa. Per mezzo del sistema di pulizia viene mantenuta automaticamente la

più opportuna perdita di carico dei fumi attraverso il filtro, in modo che le efficienze di filtrazione e di reazione siano ottimizzate.

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

I residui captati dal filtro a maniche cadono nelle tramogge sottostanti, da dove sono estratti con una coclea che alimenta un sistema di trasporto pneumatico fino al silo di stoccaggio; la coclea è dotata di fuori – via per lo scarico di emergenza in big – bag.



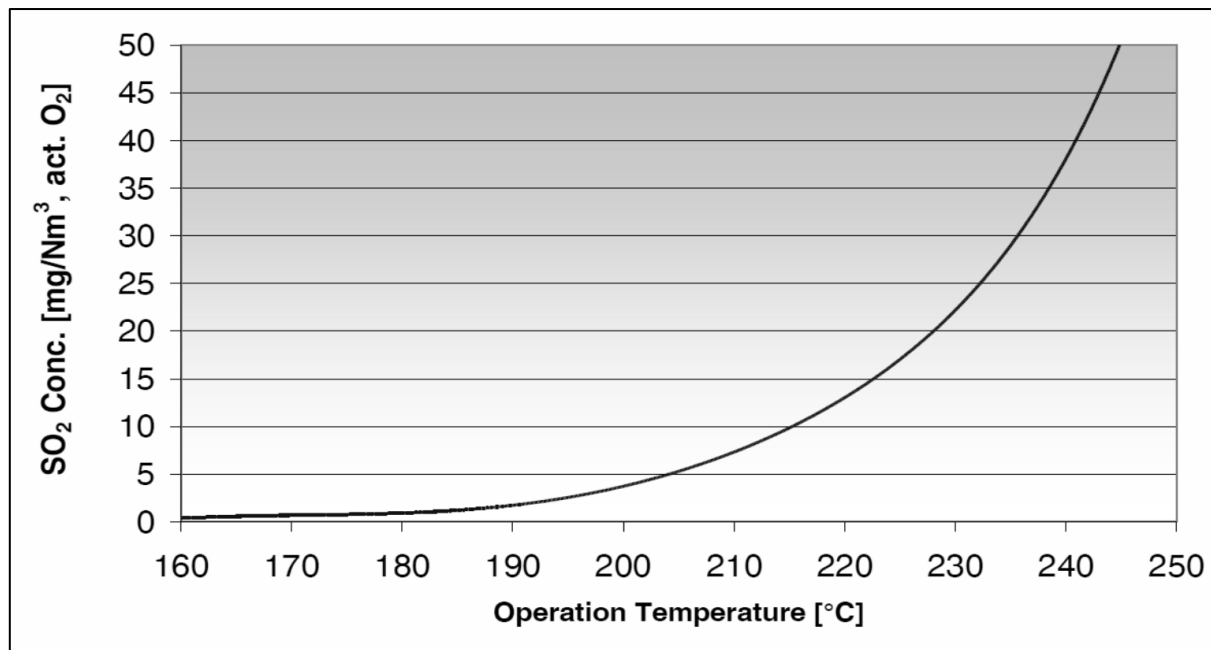
In uscita dal filtro a maniche una parte dei fumi, depurati e depolverati, viene ricircolata in ingresso alla caldaia. La parte rimanente di fumi entra nel reattore DeNOx dove viene iniettata la soluzione ammoniacale direttamente nel flusso gassoso. I fumi e l'ammoniaca, ben miscelati, vanno ad attraversare i letti catalitici sulla cui superficie si realizza la reazione di conversione in N_2 e H_2O , ottenendo così la riduzione degli NOx. Di seguito è riportata una descrizione di detta reazione.

Gli ossidi di azoto a temperature adeguate vengono rimossi mediante l'uso di catalizzatori costituiti da un substrato ceramico impregnato di metalli nobili quali il WO_2 e il V_2O_5

La tipologia di catalizzatore selezionato è quello honeycomb a nido d'ape. I layers-strati di catalizzatore sono costituiti da un numero di moduli affiancati tra loro in modo da coprire interamente la sezione del reattore, ciascun modulo è formato da un certo numero di elementi-blocchi. Qui a fianco è riportata una rappresentazione di un reattore simile a quello previsto per l'impianto Rechim.

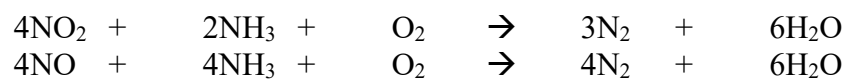
La temperatura di esercizio-funzionamento, per evitare incrostazioni dovuti alla formazione di solfato di ammonio, è determinata dalla presenza di SO_2 - SO_3 nei fumi; il diagramma sotto riportato evidenzia i valori della temperatura in funzione della concentrazione di SO_2

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0



Nel nostro caso si mantiene come valore di riferimento una concentrazione di SO₂ di 15-20 mg/Nm³ a valle del filtro a maniche; necessariamente si dovrà operare ad una temperatura di ca. 220 - 230°C.

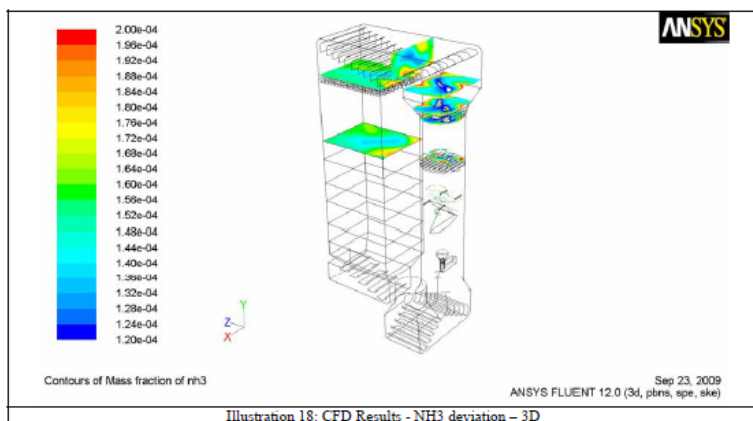
Le reazioni tra ammoniaca e inquinante sono le seguenti



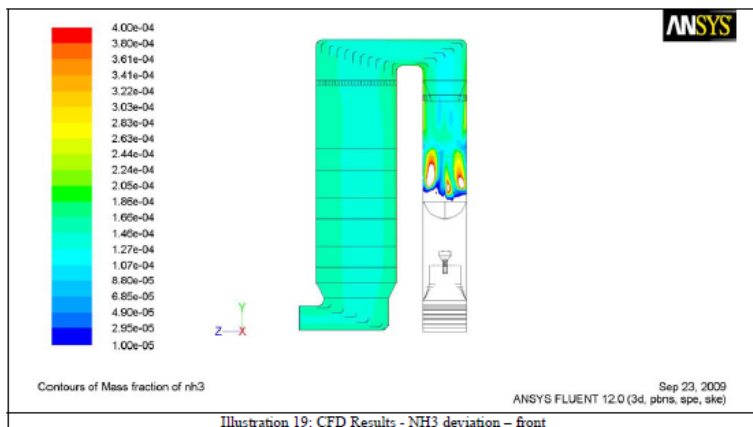
	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

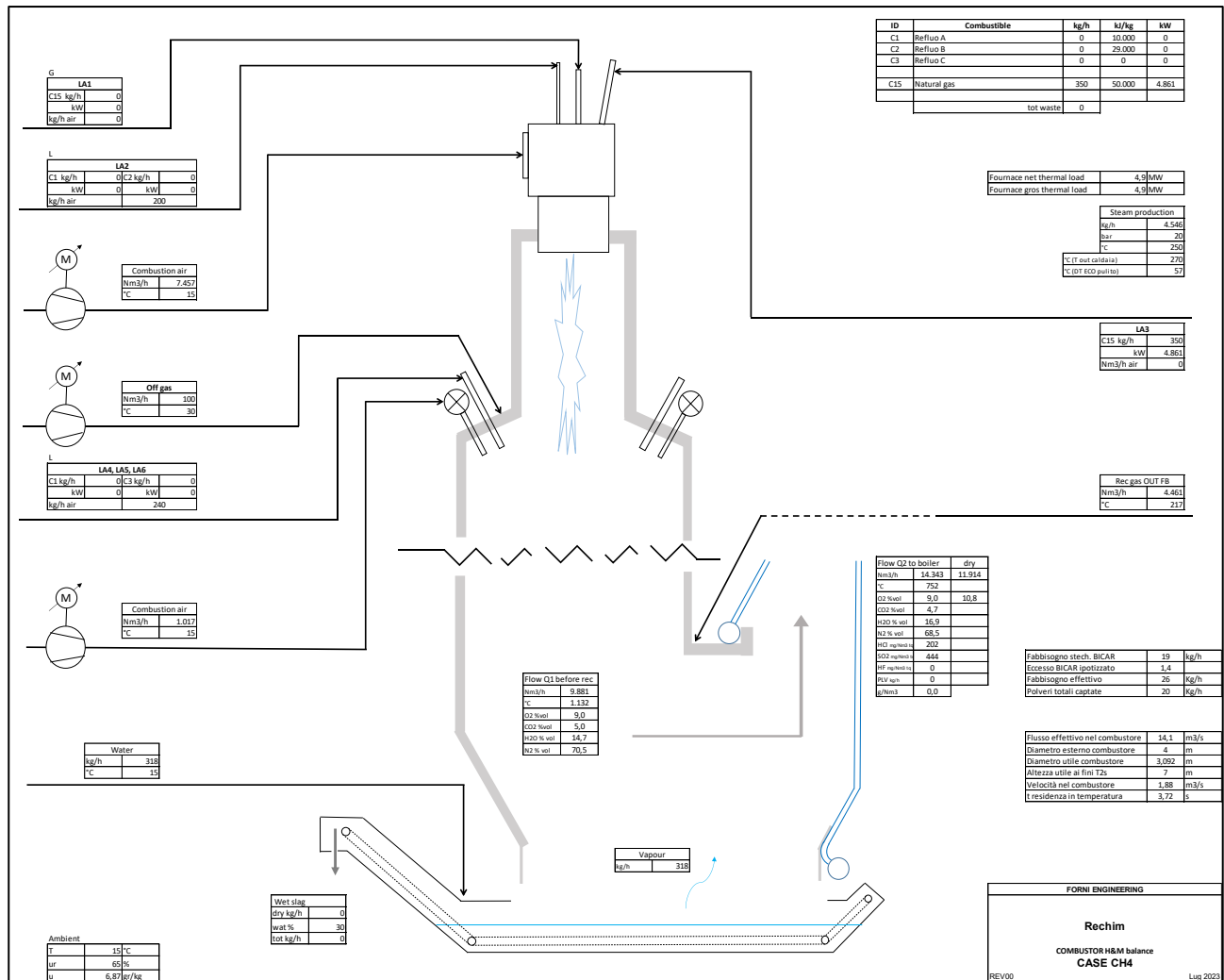
Per ottenere i valori di emissione desiderati è necessario realizzare una buona miscelazione tra ammoniaca e gas sulla superficie del catalizzatore in modo di sfruttare al massimo tutti i centri attivi del catalizzatore; per questo motivo, in fase esecutiva, si procederà con un appropriato studio fluidodinamico.

L'alimentazione della soluzione ammoniacale avviene tramite griglia, a monte della quale l'ammoniaca vaporizzata viene iniettata con aria compressa in modo da assicurare la portata ottimale per la distribuzione all'interno dei fumi, la vaporizzazione della soluzione ammoniacale avviene in un serpentino installato ed integrato nel reattore, subito all'uscita del reattore stesso a monte dell'economizzatore.



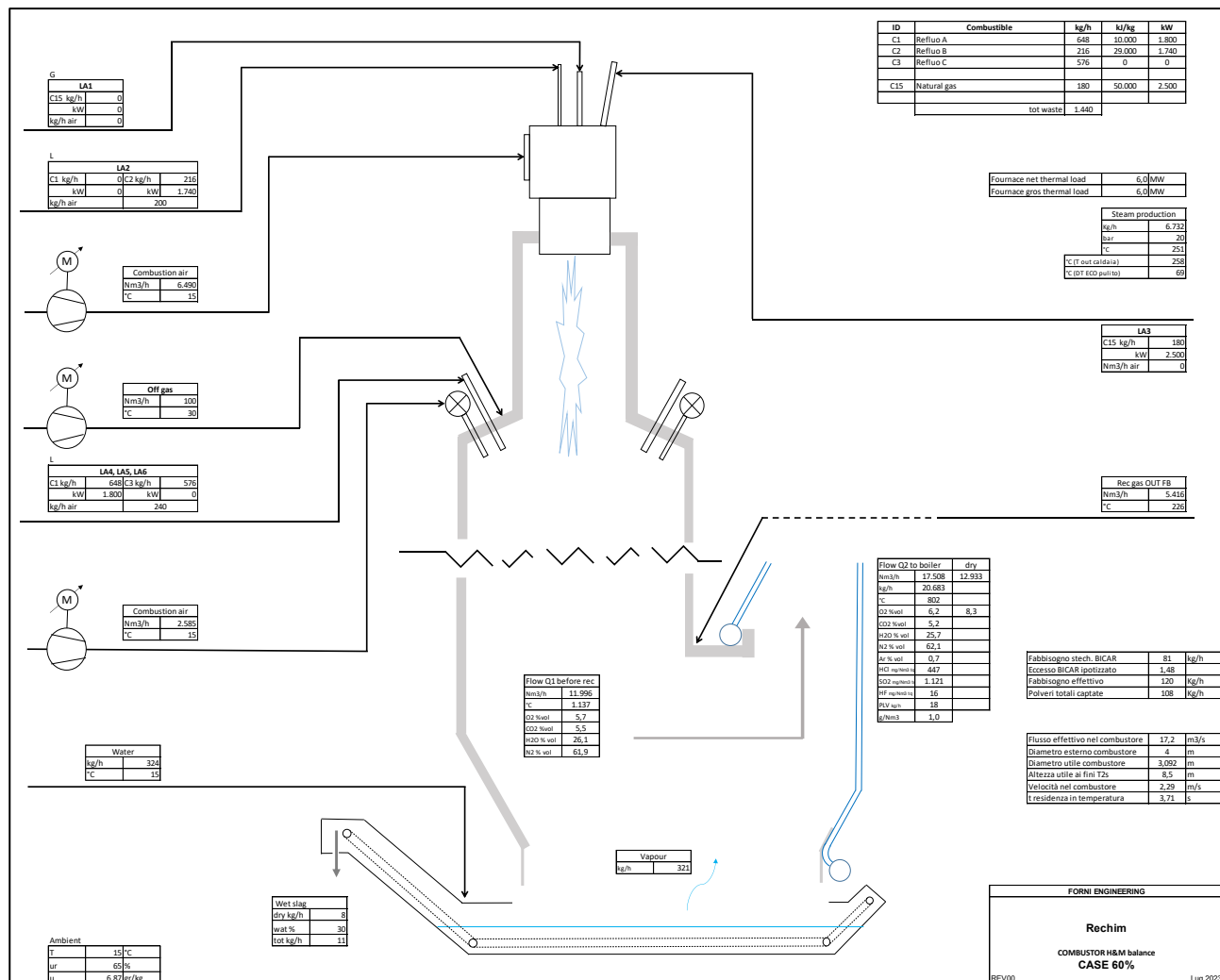
Si riportano alcune immagini che rappresentano il risultato di uno studio fluidodinamico (CFD) eseguito con l'obiettivo di installare gli opportuni mixer per ottenere la necessaria distribuzione del reagente e miscelazione fumi/reagente.



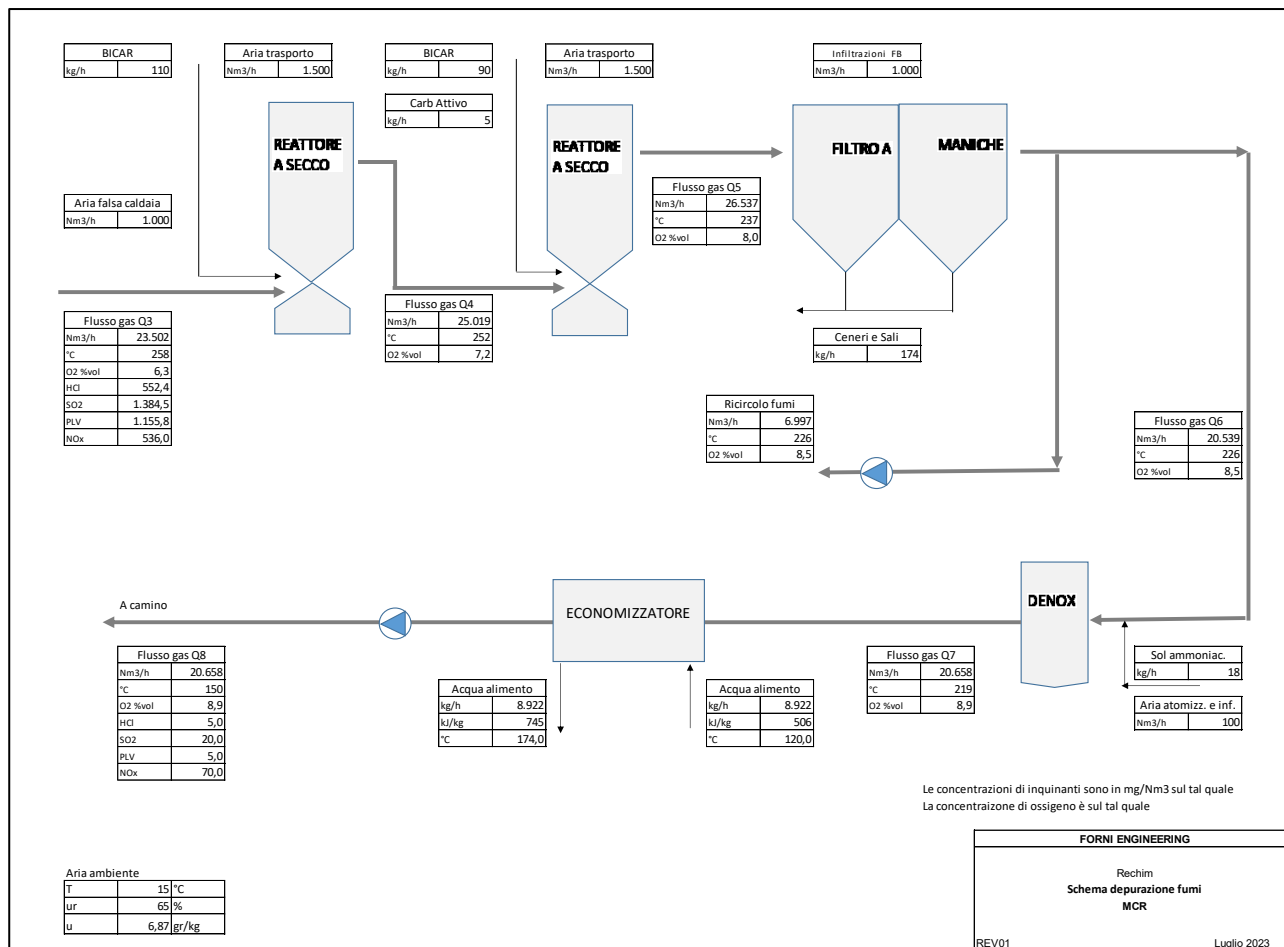


Nella pagina successiva è riportato il bilancio del combustore al minimo carico (60% del MCR)

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0



Nella pagina successiva è riportato lo schema di massima della linea di depurazione fumi, quotato in condizioni di funzionamento al MCR.



	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

5 RIEPILOGO DEI DATI TECNICI

Di seguito sono riassunti i principali dati tecnici dell'impianto.

Portate reflui di progetto

– Refluo A	1.080 kg/h
– Refluo B	360 kg/h
– Refluo C	960 kg/h

Bruciatore

Tipo bifuel: la potenzialità massima può essere raggiunta con solo refluio B, con solo metano o con qualsiasi mix dei due combustibili

– Potenzialità termica	5 MW
– Portata massima di refluio	650 kg/h
– Portata massima di metano	400 kg/h
– Regolazione	20 – 100 %
– Ventilatore aria primaria	
▪ Portata fumi	10.000 Nm ³ /h
▪ Prevalenza (aspirazione + mandata)	28 mbar
▪ Temperatura fumi normale/massima	ambiente
▪ Potenza motore	25 kW

Lance

– Sono previste N. 3 lance disposte a 120°; ciascuna lancia ha la seguente potenzialità	
– Portata refluio salino	700 kg/h
– Potenzialità termica	0 – 1.000 kW
– Regolazione	20 – 100%

Combustore (MCR)

– Flusso effettivo nel combustore	22,1 m ³ /s
– Diametro esterno combustore	4 m
– Diametro utile combustore	3,092 m
– Altezza utile ai fini T2s	8,5 m
– Velocità nel combustore	2,94 m/s
– Tempo di residenza in temperatura	2,89 s
– Ventilatore aria secondaria	
▪ Portata fumi	7.000 Nm ³ /h
▪ Prevalenza (aspirazione + mandata)	28 mbar
▪ Temperatura fumi normale/massima	ambiente
▪ Potenza motore	15 kW

Caldaia

– Tipo di caldaia	verticale a tubi d'acqua
– Circolazione	naturale

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

– Condizione di funzionamento lato fumi	in depressione	
– N° di corpi cilindrici	1	
– Portata fumi totale	22.590 Nm ³ /h	
(incluso il ricircolo)	26.532 (kg/h)	
– Composizione media dei fumi		
▪ H ₂ O	27,5 % in vol	
▪ CO ₂	5,3 % in vol	
▪ O ₂	5,7 % in vol	
▪ N ₂	60,7 % in vol	
– Temperatura fumi all'uscita del postcombustore	812°C	
– Pressione alla presa surriscaldatore	22 barg	
– Pressione di presa vapore saturo	23 barg	
– Pressione di bollo (da confermare)	28 barg	
– Temperatura di progetto del vapore (da confermare)	270°C	
	<u>caldaia pulita</u>	<u>caldaia sporca</u>
– Produzione di vapore	9.070 kg/h	8.840 kg/h
– Temperatura vapore		
alla presa del surriscaldatore	250°C	259°C
– Temperatura dell'acqua di alimento	120 °C	
– Temperatura fumi ingresso surriscaldatore	484°C	528°C
– Temperatura fumi uscita surriscaldatore	454°C	494°C
– Temperatura fumi uscita banchi EVA interni	362°C	403°C
– Temperatura fumi uscita caldaia	258°C	278°C
– Perdita di carico del surriscaldatore lato vapore	0,15 bar	
– Controllo della temperatura del vapore surriscaldato	controllata con un attemperatore finale	
– Dimensioni del corpo cilindrico (non vincolanti)		
▪ Diametro	1,3 m	
▪ Lunghezza	4,5 m	
– Sistema di pulizia dei canali radianti	predisposizione per martelli	
– Sistema di pulizia del surriscaldatore e dell'evaporatore iniziale	soffiatori a vapore retrattili	
– Sistema di pulizia degli evaporatori finali	soffiatori a vapore rotativi	
– Numero prese campione	4	
– Caratteristiche pompe di alimento		
▪ Numero	2	
▪ Motrici	motori elettrici	
▪ Temperatura di progetto	130°C	
▪ Temperatura di esercizio	120°C	
▪ Portata (da confermare)	15 m ³ /h	
▪ Prevalenza in mandata (da confermare)	30 bar	
▪ Materiali di costruzione		
○ Corpo pompa	1.4008	
○ Albero	C45	
○ Girante	1.4008	
○ Bussola dell'albero	1.4021	

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

- Tenute sull'albero meccanica o equivalente
- Equilibramento spinta assiale idraulico con pistone autobilanciato
- Caratteristiche delle bocche ANSI 600 B 16.5 RF
- Potenza motrice elettrica 30 kW
- Livello di potenza sonora
 - Complessiva < 88 dBA
 - Con assenza di toni puri (componenti dominanti in frequenza)
 - Pompe marca KSB o equivalente
- Serbatoio spurghi 1
 - Pressione atmosferica
 - Volume indicativo 2 m³
 - Scarico vapore in atmosfera
 - Scarico acqua a recupero
- Degasatore termofisico
 - Pressione di progetto 10 bar g
 - Pressione di esercizio 1 bar g
 - Temperatura di degasazione 120°C
 - Pressione vapore di degasaggio 1 bar g
 - Temperatura vapore di degasaggio °C
 - Volume utile serbatoio acqua di alimento 10 m³
 - Contenuto massimo di CO₂ nell'acqua di alimento non misurabile
 - Contenuto massimo di O₂ nell'acqua di alimento < 0,007 ppm
 - Materiali interni della torretta AISI 304
- Riporti in Inconel 625 (superfici effettive non proiettate)
 - Pareti I° canale nella zona di ingresso fumi 22 m²
 - Tubi evaporatori e surriscaldatore nei tratti affacciati ai soffiatori (da confermare) 40 m²
 - Spessore riporto pareti membranate/tubi min. 2/1,8 mm
 - Contenuto massimo di Fe 7 %
- Ventilatore ricircolo fumi
 - Portata fumi 8.000 Nm³/h
 - Prevalenza (aspirazione + mandata) 60 mbar
 - Temperatura fumi normale/massima 230°C
 - Potenza motore 22 kW
- Ventilatore aria raffreddamento coclea ceneri
 - Portata aria 800 Nm³/h
 - Prevalenza 50 mbar
 - Temperatura ambiente
 - Potenza motore 3 kW

N.B.: le caratteristiche dei ventilatori sono indicative

Depurazione fumi

Dati di progetto: fumi uscita Caldaia

- Portata Nm³/h 23.522
- Temperatura °C 270 +/- 5%



	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

- Polveri 1.200 – 1.500 mg/Nm³
- HCl 500 – 1.000 mg/Nm³
- SO₂ 1.400 – 2.000 mg/Nm³
- NO_x 500 – 600 mg/Nm³

Apparecchiature previste

- Primo reattore di contatto con bicarbonato di sodio
 - portata fumi 23.500 Nm³/h
 - temperatura fumi 270 °C
 - reagente alcalino bicarbonato di sodio
 - Portata reagente alcalino 110 kg/h bicarbonato
 - tempo di permanenza dei fumi 3,5 sec
 - perdita di carico attesa 80 mm c.a.
- Secondo reattore di contatto con bicarbonato di sodio e carboni attivi in polvere
 - portata fumi 25.000 Nm³/h
 - temperatura fumi 258 °C
 - reagente alcalino bicarbonato di sodio
 - Portata reagente alcalino 90 kg/h bicarbonato
 - reagente adsorbente carbone attivo 5 kg/h
 - tempo di permanenza dei fumi 3,5 sec
 - perdita di carico attesa 80 mm c.a.
- Filtro a maniche
 - portata fumi in ingresso 27.500 Nm³/h
 - temperatura fumi 240 °C
 - superficie filtrante 1.080 m²
 - velocità di attraversamento con tutte celle in funzione/ una cella in manutenzione 0,78/1,05 m/min
 - materiale delle maniche membrana PTFE su PTFE
 - grammatura delle maniche 750 g/m²
 - perdita di carico attesa 150-180 mm c.a.
- Reattore DeNO_x SCR
 - portata di fumi 21.500 Nm³/h
 - temperatura dei fumi 230 °C
 - tipo di catalizzatore honey comb
 - numero letti di catalisi in serie 2 +1 riserva
 - volume totale del catalizzatore 13 m³
 - reagente riducente soluzione ammoniacale al 25%
 - dosaggio di reagente riducente (medio) 12 kg/h
 - perdita di carico attesa 250 mm c.a.
- Silo di stoccaggio bicarbonato di sodio da 50 m³
- Silo di stoccaggio carbone attivo da 20 m³
- Serbatoio di stoccaggio soluzione ammoniacale da 20 m³
- N. 3 mulini micronizzatori e dosatori per il bicarbonato di sodio
- Sistema di stoccaggio polveri del filtro a maniche (PSR) da 50 m³
- Ventilatore finale
 - Portata fumi max 23.000 Nm³/h

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

- Prevalenza (aspirazione + mandata) 85 mbar
- Temperatura fumi normale/massima 160°C
- Potenza motore 160 kW
- Camino da 25 metri
- Sistema di analisi fumi a camino

6 DESCRIZIONE DEL PROCESSO

In linea generale l'impianto funziona con portata di liquidi fissa; più i reflui sono omogenei e con caratteristiche costanti, più il funzionamento dell'impianto è regolare. Naturalmente il sistema è concepito per poter mettere in atto variazioni di portata in caso di necessità. Come si vede dal bilancio sopra, abbiamo una portata di 360 kg/h di reflu ad elevato potere calorifico (refluo B) e una quantità di circa 2.000 kg/h di reflu acquoso (somma dei reflui A e C).

La portata di off gas è di poche decine di Nm³/h, quindi non ha nessuna importanza in termini di bilancio di massa e di energia.

Le grandezze necessarie per il controllo della combustione sono le seguenti:

- temperatura camera di combustione,
- concentrazione ossigeno ingresso o uscita caldaia,
- temperatura fumi ingresso caldaia.

La fase di messa in marcia dell'impianto avviene con bruciatore alimentato con metano. Il riscaldamento seguirà una rampa in funzione delle necessità di essiccamento del rivestimento refrattario.

Una volta raggiunta la temperatura di 1.100 °C in camera di combustione, si passa gradualmente dalla combustione di metano alla combustione di reflu B, sempre con il bruciatore in controllo di temperatura.

Il ricircolo fumi viene messo in marcia in modo da controllare a circa 800 °C la temperatura di ingresso fumi in caldaia. L'aria secondaria è in marcia e controlla la concentrazione di ossigeno in caldaia.

Una volta raggiunta stabilmente la temperatura di combustione con reflu B, si mettono gradualmente in marcia le lance per i reflui salini con la portata minima. Il bruciatore che continua ad essere in controllo di temperatura aumenta la portata di reflu B. La portata delle lance dei salini viene gradualmente aumentata, fino alla portata di regime; il bruciatore aumenta la portata di reflu B per mantenere la temperatura al set impostato.

In questa situazione, possono presentarsi due diversi scenari:

1. Scenario con deficit termico. Il reflu B non è sufficiente a chiudere il bilancio termico, quindi
 - ✓ il bruciatore completa con metano,
 - ✓ oppure si sceglie di diminuire la portata dei reflui A e C alle lance

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

2. Scenario con surplus termico. Il reflu B necessario per chiudere il bilancio termico è inferiore alla portata nominale, quindi si sceglie se
- ✓ aumentare ulteriormente i reflui A e C
 - ✓ aumentare il rapporto di combustione e/o cambiare set point sull'ossigeno in caldaia per immettere più aria secondaria
 - ✓ procedere con una portata di solvente inferiore

La gestione dell'ossigeno misurato in caldaia viene eseguita da DCS per mezzo dell'aria secondaria. La gestione della temperatura dei fumi in ingresso caldaia viene eseguita dal DCS per mezzo del ricircolo fumi.

Il rapporto di combustione del bruciatore sarà impostato per assicurare il necessario eccesso d'aria e controllo della temperatura della zona alta del combustore.

Il deslagger è in funzionamento continuo o intermittente per l'estrazione degli inerti e dei sali

I fumi entrano in caldaia e si raffreddano, producendo vapore per gli utilizzi di piattaforma. La caldaia è dotata di un controllo di livello del corpo cilindrico per mezzo di una valvola che regola il flusso di acqua dalle pompe di alimento. I sistemi di estrazione delle ceneri della caldaia lavorano in continuo.

I fumi in uscita caldaia hanno una temperatura adeguata per essere sottoposti alle operazioni di depurazione. Entrano nel primo reattore dove sono miscelati con una portata di bicarbonato di sodio micronizzata dal mulino dosatore. La portata di bicarbonato è variabile, in funzione dei valori degli inquinanti acidi (HCl, HF e SO₂) misurati a camino.

Nel secondo reattore avviene il secondo dosaggio di bicarbonato di sodio per far progredire le reazioni acido-base e per farle completare nel successivo filtro a maniche. Anche questa portata di bicarbonato è variabile in funzione dei valori a camino. Nel secondo reattore avviene anche il dosaggio di carbone attivo, che invece è modificabile manualmente, ma in genere tenuto fisso.

Il filtro a maniche è dotato di un sistema di pulizia automatico che ha lo scopo di mantenere costante la perdita di carico. Il sistema di estrazione delle polveri e dei prodotti di reazione captati dal filtro a maniche è in funzione in continuo.

Nel reattore DeNO_x avviene il dosaggio di soluzione ammoniacale al 25%; tale dosaggio è variabile in funzione della concentrazione di NO_x rilevata a camino.

In uscita dal reattore DeNO_x i fumi si raffreddano nell'economizzatore esterno aumentando la temperatura dell'acqua di alimento. Si arriva quindi al ventilatore finale che è azionato da inverter e varia i propri giri per mantenere una depressione costante in camera di combustione. I fumi in mandata al ventilatore finale sono inviati al camino, dove sono installati gli strumenti di misura in continuo della portata e delle caratteristiche dei fumi stessi.

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

7 PRESTAZIONI DEL NUOVO IMPIANTO

Come detto sopra, le prestazioni sono calcolate sui dati di design dell'impianto; è ragionevole considerare una riduzione del 5%, soprattutto per i primi 2 anni di esercizio, durante i quali il Gestore potrà conoscere meglio le caratteristiche e le modalità di ottimizzazione dell'impianto.

7.1 Reflui trattati

I reflui trattati dall'impianto sono, come da bilancio MCR:

ID	Combustibile	kg/h
C1	Refluo A	1.080
C2	Refluo B	360
C3	Refluo C	960

Ipotizzando un funzionamento di 7.500 ore/anno abbiamo le seguenti quantità:

ID	Combustibile	t/anno
C1	Refluo A	8.100
C2	Refluo B	2.700
C3	Refluo C	7.200

Per un totale generale di 18.000 t/anno di reflui trattati.

7.2 Vapore prodotto

Il vapore prodotto varia con lo sporcamento della caldaia. Dai conti effettuati risulta che con caldaia pulita la produzione di vapore è circa 9 t/h che diventano 8,8 con caldaia sporca. La produzione di vapore dipende, oltre che dalle quantità di reflui trattati, anche dalle loro caratteristiche; di conseguenza è probabile che ci sia una più sensibile pendolazione del vapore prodotto.

Ragionevolmente possiamo considerare una produzione media di 8,5 t/h per 7.500 h/anno; a questa produzione è necessario sottrarre la quota di vapore necessaria per la soffiatura della caldaia. Ad oggi sembra ragionevole pensare ad una soffiatura al giorno, pari a circa 4 t di vapore.

La quantità di vapore utile è quindi pari a 62.500 t/anno di vapore a 22 barg e 250 °C.

7.3 Depurazione fumi

Le prestazioni della sezione di depurazione fumi dipendono naturalmente da quanti sono gli inquinanti in ingresso. In sede di progetto vengono assunti i seguenti valori in mg/Nm³

- Polveri 1.200 – 1.500
- HCl 500 – 1.000
- SO₂ 1.400 – 2.000

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

- NO_x 500 – 600

Con questa assunzione i valori garantiti a camino sono i seguenti, sempre in mg/Nm³

- Polveri 5
- HCl 5
- HF 0,5
- SO₂ 20
- No_x 70
- NH₃ 3

Per metalli e microinquinanti, i valori garantiti sono quelli di legge

Per gli inquinanti tipici della combustione, per i quali il sistema di depurazione fumi non incide i valori garantiti sono (in mg/Nm³)

- CO 20
- COT 5

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

8 CONSUMO DI MATERIE PRIME, ACQUA, COMBUSTIBILI

8.1 Metano

Definire il consumo di metano non è facile in quanto dipende da molte variabili, tra cui la qualità e la regolarità dei reflui e le modalità di conduzione. Una stima che si basa sui bilanci di materia ed energia è la seguente:

- 2 avviamenti a freddo per anno: $2 \times 9.000 = 18.000 \text{ kg/anno}$
- 4 avviamenti a caldo per anno: $4 \times 4.500 = 18.000 \text{ kg/anno}$
- 130 kg/h per 7.500 h/anno : $130 \times 7.500 = 975.000 \text{ kg/anno}$

Il totale è circa $1.000.000 \text{ kg}$ di metano per anno, pari a $1.400.000 \text{ Sm}^3/\text{anno}$.

8.2 Acqua

Il consumo di acqua è riferito sia alla produzione di acqua demineralizzata per alimentare la caldaia, sia alla gestione dell'estrattore delle ceneri di fondo del combustore (deslagger):

- Consumo acqua per raffreddamento ceneri in deslagger: 329 kg/h per $7.500 \text{ h/anno} = 2.500 \text{ m}^3/\text{anno}$
- Consumo acqua (demineralizzata) per alimentazione caldaia: 120 kg/h per $7.500 \text{ h/anno} + 1.250 \text{ t/anno}$ per le soffiature = in totale $2.250 \text{ m}^3/\text{anno}$

8.3 Energia elettrica

Dal conteggio preliminare risulta un consumo di circa 275 kWh , che comporta un consumo annuo pari a circa 2.000 MWh . Si stima di autoprodurre 135 kWh attraverso il generatore, pari a circa 1.000 MWh/anno .

8.4 Chemicals

I consumi stimati dei principali chemicals sono i seguenti:

- Bicarbonato di sodio: 200 kg/h pari a 1.500 t/anno
- Carbone attivo: 5 kg/h pari a $37,5 \text{ t/anno}$
- Soluzione al 25% di NH_3 : 12 kg/h pari a 90 t/anno

Di seguito sono riportate le autonomie degli stoccaggi (previsti nel progetto dell'impianto stesso):

- Bicarbonato: 10 giorni
- Carbone attivo: 80 giorni
- Soluzione al 25% di NH_3 : 60 giorni

Sono inoltre necessari gli additivi per la caldaia: deossidante e alcalinizzante.

	IMPIANTO RECHIM	Specifica n°: 01
	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Data: 31/10/2024
		Revisione: 0

9 PRODUZIONE DI RESIDUI SOLIDI E SCARICHI LIQUIDI

9.1 Residui solidi

Le quantità di residui solidi previsti sono le seguenti

- Ceneri umide (inerti e sali) estratte dal fondo del combustore: 18 kg/h pari a 135 t/anno
- Ceneri leggere (inerti e prodotti di reazione) estratti dal filtro a maniche e dalla caldaia: 174 kg/h pari a circa 1.300 t/anno

L'autonomia del silo di stoccaggio PSR è di 4-5 giorni.

9.2 Scarichi liquidi

L'impianto non produce scarichi liquidi. Due o tre volte l'anno sarà necessario svuotare il deslagger, tramite autospurgo per un totale di 30 m³ di rifiuto liquido. Inoltre sarà prodotto lo scarico dal blow down della caldaia pari a circa 90 kg/h (si tratta di acqua pulita che può essere utilizzata per il reintegro del deslagger).