

Comune di San Donato

Provincia di Milano

Oggetto:

P&I - PIPING & INSTRUMENTATION.

REVAMPING DELL'IMPIANTO TERMICO SPERIMENTALE DEL LABORATORIO COMBUSTIONE



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

Via Galileo Galilei, 1
20097 - San Donato (MI)

PROGETTO PER FORNITURA E INSTALLAZIONE ELEMENTI TECNICI

Contenuto:

ALLEGATO 1 - DIMENSIONAMENTO DI CAMINO SINGOLO

PRESTING SRL[®]

Via Ercole Marelli, 19 - 20099, Sesto San Giovanni (MI) - tel. 02/342213 - fax. 02/89950850
e-mail: info@presting.it
sito internet: www.presting.it

Architettonico e impianti:

dott. ing. Marco Lacroce

Sicurezza:

dott. arch. Roberto Podda

Incaricato dell'integrazione tra le varie prestazioni specialistiche:

Dott. arch. Carlo Gianotti
PRESTING S.r.l.

Codice commessa:

4660-2

disegnato da: LM

verificato da: ML

approvato da: ML

Responsabile del procedimento

Dott. Angelo Lunghi

scala

data

18.12.2017

agg.

tavola:

PFI.RT.02

INNOVHUB

STAZIONI SPERIMENTALI PER L'INDUSTRIA

ALLEGATO 1

DIMENSIONAMENTO DI CAMINO SINGOLO

Committente: **INNOVHUB – Stazioni sperimentali per l'industria**

Oggetto: **Progetto per Fornitura e Installazione di Impianti Tecnici**
P&I (Piping & Instrumentation): Revamping dell'impianto termico
sperimentale del Laboratorio Combustione
CIG: Z5C1E50EB1

Data: 18/12/2017

IL TECNICO

INDICE

1 PRIMO CASO	4
CON IL FUNZIONAMENTO DELLA SOLA CALDAIA BIKLIM PR1	4
1.1. DATI AMBIENTE E INSTALLAZIONE	4
1.2. DATI GENERATORE.....	5
1.3. DATI CONDOTTI.....	6
1.4. RISULTATI DI CALCOLO	8
1.5. RISULTATI DI CALCOLO - RIASSUNTO.....	12
1.6. VERIFICHE FINALI	14
2 SECONDO CASO	15
AUMENTATA LA PORTATA DEI FUMI IN TERMINI DI MASSA RISPETTO AL PRIMO CASO ..	15
2.1. DATI AMBIENTE INSTALLAZIONE.....	15
2.2. DATI GENERATORE.....	16
2.3. DATI CONDOTTI.....	17
2.4. RISULTATI DI CALCOLO	19
2.5. RISULTATI DI CALCOLO (RIASSUNTO)	24
2.6. VERIFICHE FINALI	26

PREMESSA

Sono state effettuate, secondo le prescrizioni della Norma UNI 13384-1, la progettazione e la verifica dei sistemi dei condotti fumari. L'impianto è di tipo sperimentale e tali verifiche sono effettuate con delle potenze che rispondano in modo simile a quelle delle caldaie presenti in campo. In alcuni casi per testare i diversi possibili scenari di utilizzo sono state volutamente inserite delle potenze più basse. I nuovi condotti dovranno considerare le caratteristiche riportate nelle seguenti tabelle. In merito al dimensionamento del camino ed alla diluizione dei fumi con aria riscaldata da un riscaldatore elettrico posizionato in coda è stata disposto questo documento che considera due casi il primo con il funzionamento della sola caldaia Biklim PR1 e il secondo che in sostanza aumentata la portata dei fumi in termini di massa rispetto al primo calcolo e considererà la temperatura sino a 140°C poiché miscelata con i fumi a temperatura maggiore. A nostro parere questo appare l'unico modo che per simulare questo tipo di funzionamento, ed inoltre immettendo questi dati sin dall'uscita fumi ci mettiamo nella condizione più sfavorevole. Nella realtà i fumi risulteranno dall'uscita sino al camino in alta temperatura poi l'aumento di massa fumi e abbassamento di temperatura avverrà solo nel camino verticale quando i fumi dal canale arriveranno già con meno portata e più caldi.

Software di calcolo EDILCLIMA – EC733 versione 4.0.0

1 PRIMO CASO CON IL FUNZIONAMENTO DELLA SOLA CALDAIA BIKLIM PR1

1.1. DATI AMBIENTE E INSTALLAZIONE

Dati località

Località	SAN DONATO MILANESE (MI)		
Altitudine s.l.m.	H_{slm}	102	m
Temperatura aria esterna massima	T_{Lmax}	30	°C
Temperatura aria esterna minima	T_{Lmin}	-5	°C

Dati condotti

Tipo funzionamento camino	Camino in depressione		
Tipo condotti	condotto semplice - canali separati		
Tipo funzionamento sistema	umido		

Adduzione aria

Coefficiente di sicurezza	S_E	1,5	
Fattore incostanza temperatura	S_H	0,5	
Pressione del vento	P_L	0	Pa
Tipo apertura aria comburente	Nessuna apertura		
Lunghezza	L_B	-	m
Diametro idraulico	D_{hB}	-	mm
Rugosità	r_B	-	mm
Accidentalità	Z_B	-	
Resistenza aria comburente	P_B	4,0	Pa

Regolatore di tiraggio

Diametro idraulico	D_{hNL}	-	mm
Rugosità	r_{NL}	-	mm
Categoria		-	

1.2. DATI GENERATORE**Caratteristiche generatore**

Marca	<i>GENERICO</i>	
Modello	<i>VARIE CALDAIE / GASOLIO-BTZ-OLIO-BIOMASSA</i>	
Combustione	<i>Pressurizzata</i>	
Tipo potenza	<i>Modulante</i>	
Combustibile	<i>Gasolio</i>	
Condensazione	<i>No</i>	
Reg. tiraggio	<i>No</i>	
D _w	[mm]	<i>200</i>
T _c	[°C]	<i>0</i>
K _F	[%]	<i>-</i>

Caratteristiche fumi

		a potenza massima	a potenza minima
Q _F	[kW]	<i>300</i>	<i>100</i>
P _{Fpr}	[%]	<i>9</i>	<i>7</i>
%CO ₂	[%]	<i>13,2</i>	<i>13,1</i>
T _w	[°C]	<i>200,5</i>	<i>155,0</i>
m _w	[kg/s]	<i>0,12610</i>	<i>0,04230</i>
P _w	[Pa]	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
P _{wmax}	[Pa]	<i>-</i>	<i>-</i>
Ecc	[%]	<i>13,8</i>	<i>14,6</i>

Legenda:

D _w	diametro di attacco dello scarico dei prodotti della combustione espresso in mm
T _c	temperatura dell'aria comburente espressa in °C
K _F	fattore di conversione di SO ₂ in SO ₃ espressa in %
Q _F	potenza termica al focolare espressa in kW
P _{Fpr}	perdita di combustione di progetto espressa in %
%CO ₂	concentrazione in volume di CO ₂ espressa in %
T _w	temperatura di uscita dei prodotti della combustione espressa in °C
m _w	portata massica dei prodotti della combustione espressa in kg/s
P _w	tiraggio minimo per il generatore di calore espressa in Pa
P _{wo}	pressione differenziale massima del generatore di calore espressa in Pa
P _{wm}	tiraggio massimo per il generatore di calore espressa in Pa
P _{wom}	pressione differenziale minima del generatore di calore espressa in Pa
Ecc	eccesso d'aria espresso in %

1.3. DATI CONDOTTI

CANALE DA FUMO		
Marca		<i>ROCCEGGIANI SPA</i>
Serie		<i>DP25</i>
Forma		<i>Circolare</i>
D _{1V}	[mm]	<i>250</i>
D _{2V}	[mm]	<i>-</i>
%ub _V	[%]	<i>100</i>
%uh _V	[%]	<i>0</i>
%uu _V	[%]	<i>0</i>
%ul _V	[%]	<i>0</i>
Materiale		<i>Acciaio inox doppiaparete</i>
R _{TV}	[m ² K/W]	<i>0,50000</i>
S _{PV}	[mm]	<i>0,5</i>
r _V	[mm]	<i>1</i>
L _V	[m]	<i>5,5</i>
H _V	[m]	<i>1,7</i>
Z _V		<i>2,5</i>
P _{ZV_{ecc}}	[Pa]	<i>-</i>

CONDOTTO FUMI		
Marca		<i>ROCCEGGIANI SPA</i>
Serie		<i>DP25</i>
Forma		<i>Circolare</i>
D ₁	[mm]	<i>300</i>
D ₂	[mm]	<i>-</i>
%ub	[%]	<i>70</i>
%uh	[%]	<i>0</i>
%uu	[%]	<i>0</i>
%ul	[%]	<i>30</i>
Materiale		<i>Acciaio inox doppiaparete</i>
R _T	[m ² K/W]	<i>0,50000</i>
S _P	[mm]	<i>0,5</i>
r	[mm]	<i>1</i>
L	[m]	<i>10,5</i>
H	[m]	<i>10,5</i>
Z		<i>0</i>
P _{Z_{ecc}}	[Pa]	<i>-</i>

Legenda:

D	dimensioni del condotto espresso in mm
%ub	percentuale di esposizione del condotto rispetto al locale caldaia espressa in %
%uh	percentuale di esposizione del condotto rispetto a locali interni riscaldati espressa in %
%uu	percentuale di esposizione del condotto rispetto a locali interni non riscaldati espressa in %
%ul	percentuale di esposizione del condotto rispetto all'esterno dell'edificio espressa in %
R_T	resistenza termica media del condotto espressa in m ² K / W
S_P	spessore medio del condotto espresso in mm
r	valore medio di rugosità della parete interna del condotto espressa in mm
L	lunghezza del condotto espressa in m
H	altezza efficace del condotto espressa in m
Z	somma dei coefficienti di resistenza al flusso
P_{Zecc}	pressione massima ammissibile dal condotto espressa in Pa

1.4. RISULTATI DI CALCOLO**Legenda condizioni di lavoro ipotizzate**

- CASO A: generatore di calore acceso alla potenza massima con temperatura aria esterna massima
CASO B: generatore di calore acceso alla potenza minima con temperatura aria esterna massima
CASO C: generatore di calore acceso alla potenza massima con temperatura aria esterna minima
CASO D: generatore di calore acceso alla potenza minima con temperatura aria esterna minima

Calcolo variabili preliminari

Descrizione	Simbolo	Temperatura esterna massima	Temperatura esterna minima	Unità misura
Costante di gas dell'aria	R_L	288	288	J/(kgK)
Pressione aria esterna	p_L	95895,8	95752,6	Pa
Massa volumica aria esterna	ρ_L	1,098	1,240	kg/m ³

Apparecchio acceso alla massima potenza

ANALE DA FUMO		
	CASO A Temperatura esterna massima	CASO C Temperatura esterna minima
m_w [kg/s]	0,12610	0,12610
R_v [J/(kgK)]	281,16	281,16
η_v [(N·s)/m ²]	0,000023	0,000023
λ_v [W/(mK)]	0,035	0,035
c_{pV} [J/(kgK)]	1099,03	1099,70
ρ_{mV} [kg/m ³]	0,730	0,725
w_{mV} [m/s]	3,520	3,544
Pr_v [-]	0,7	0,7
Re_v [-]	27504	27387
Ψ_v [-]	0,032	0,032
Ψ_{visc}^v [-]	0,024	0,024
Nu_v [-]	89,32	88,98
α_{iV} [W/(m ² K)]	12,47	12,48
α_{aV} [W/(m ² K)]	8,00	8,00
k_v [W/(m ² K)]	2,55	1,42
K_v [-]	0,08	0,04
T_{eV} [°C]	200,5	200,5
T_{mV} [°C]	193,9	196,5
T_{oV} [°C]	187,5	192,5
T_{sp} [°C]	48,2	48,2
P_w [Pa]	0,0	0,0
P_{HV} [Pa]	6,1	8,6
P_{GV} [Pa]	-2,4	-2,4
P_{RV} [Pa]	19,3	12,2
CONDOTTO FUMI		
	CASO A Temperatura esterna massima	CASO C Temperatura esterna minima
m_w [kg/s]	0,12610	0,12610
R [J/(kgK)]	281,157	281,157
η [(N·s)/m ²]	0,000023	0,000023
λ [W/(mK)]	0,034	0,034
c_p [J/(kgK)]	1099,03	1099,70
ρ_m [kg/m ³]	0,762	0,746
w_m [m/s]	2,343	2,393
Pr [-]	0,74	0,74
Re [-]	23698	23333
Ψ [-]	0,031	0,031
Ψ_{visc} [-]	0,025	0,025

Nu	[-]	74,04	72,97
α_i	[W/(m ² K)]	8,30	8,32
α_a	[W/(m ² K)]	12,50	12,50
k	[W/(m ² K)]	2,44	1,43
K	[-]	0,17	0,10
T _e	[°C]	187,5	192,5
T _m	[°C]	174,6	183,4
T _o	[°C]	162,3	174,7
T _{sp}	[°C]	48,2	48,2
P _B	[Pa]	4,0	4,0
P _H	[Pa]	34,6	50,8
P _G	[Pa]	0,0	0,0
P _R	[Pa]	3,4	2,3

Apparecchio acceso alla minima potenza

CANALE DA FUMO			
		CASO B Temperatura esterna massima	CASO D Temperatura esterna minima
m _w	[kg/s]	0,04230	0,04230
R _v	[J/(kgK)]	281,21	281,21
η_v	[(N·s)/m ²]	0,000021	0,000021
λ_v	[W/(mK)]	0,032	0,032
c _{pv}	[J/(kgK)]	1086,01	1086,73
ρ_{mv}	[kg/m ³]	0,816	0,809
w _{mv}	[m/s]	1,056	1,065
Pr _v	[-]	0,7	0,7
Re _v	[-]	10082	10026
Ψ_v	[-]	0,036	0,036
Ψ_{viscio}	[-]	0,031	0,031
Nu _v	[-]	35,54	35,36
α_{iv}	[W/(m ² K)]	4,51	4,51
α_{av}	[W/(m ² K)]	8,00	8,00
k _v	[W/(m ² K)]	1,87	1,18
K _v	[-]	0,18	0,11
T _{ev}	[°C]	155,0	155,0
T _{mv}	[°C]	144,6	147,5
T _{ov}	[°C]	134,8	140,3
T _{sp}	[°C]	48,0	48,0
P _w	[Pa]	0,0	0,0
P _{Hv}	[Pa]	4,7	7,2

P_{GV}	[Pa]	-0,2	-0,2
P_{RV}	[Pa]	2,0	1,3

CONDOTTO FUMI			
		CASO B Temperatura esterna massima	CASO D Temperatura esterna minima
m_w	[kg/s]	0,04230	0,04230
R	[J/(kgK)]	281,209	281,209
η	[(N·s)/m ²]	0,000020	0,000021
λ	[W/(mK)]	0,030	0,030
c_p	[J/(kgK)]	1086,01	1086,73
ρ_m	[kg/m ³]	0,870	0,853
w_m	[m/s]	0,688	0,702
Pr	[-]	0,73	0,73
Re	[-]	8851	8719
Ψ	[-]	0,036	0,036
Ψ_{liscio}	[-]	0,032	0,032
Nu	[-]	30,16	29,75
α_i	[W/(m ² K)]	3,02	3,02
α_a	[W/(m ² K)]	12,50	12,50
k	[W/(m ² K)]	1,61	1,10
K	[-]	0,35	0,24
T_e	[°C]	134,8	140,3
T_m	[°C]	118,6	125,9
T_o	[°C]	104,1	112,7
T_{sp}	[°C]	48,0	48,0
P_B	[Pa]	4,0	4,0
P_H	[Pa]	23,4	39,8
P_G	[Pa]	0,0	0,0
P_R	[Pa]	0,4	0,3

Legenda:

- m_{wc} portata massica calcolata dei prodotti della combustione espressa in kg/s
 R costante di gas dei prodotti della combustione espressa in J/(kg·K)
 η viscosità dinamica dei prodotti della combustione espressa in (N·s)/m²
 λ coefficiente di conduttività termica della sezione trasversale espressa in W/(m·K)
 c_p capacità termica specifica dei prodotti della combustione espressa in J/(kg·K)
 ρ_m massa volumica media dei prodotti della combustione espressa in kg/m³
 w_m velocità media dei prodotti della combustione espressa in m/s
 Pr numero di Prandtl
 Re numero di Reynolds
 Ψ coefficiente di resistenza al flusso dovuta ad attrito per flusso idraulicamente irregolare
 Ψ_{liscio} coefficiente di resistenza al flusso dovuta ad attrito per flusso idraulicamente regolare
 Nu numero di Nusselt

α_i	coefficiente interno di trasmissione del calore espresso in $W/(m^2 \cdot K)$
α_a	coefficiente esterno di trasmissione del calore espresso in $W/(m^2 \cdot K)$
k_V	coefficiente di trasmissione del calore espresso in $W/(m^2 \cdot K)$
K_V	coefficiente di raffreddamento
T_e	temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del condotto espressa in °C
T_{Lmax}	temperatura esterna massima dell'aria espressa in °C
T_{Lmin}	temperatura esterna minima dell'aria espressa in °C
T_m	temperatura media dei prodotti della combustione nel condotto espressa in °C
T_o	temperatura dei prodotti della combustione all'uscita del condotto espressa in °C
T_{sp}	temperatura di condensazione espressa in °C
P_{Bc}	resistenza alla pressione dell'aria comburente espressa in Pa
P_H	tiraggio teorico disponibile (per effetto camino) espresso in Pa
P_G	differenza di pressione causata dalla variazione di velocità dei prodotti della combustione espressa in Pa
P_R	resistenza alla pressione del condotto espresso in Pa

Pedici:

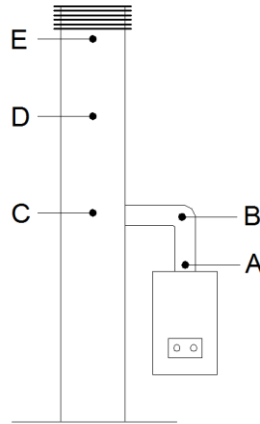
B	condotto adduzione aria
BV	canale adduzione aria
V	canale da fumo

Nota: quando non è indicato nessun pedice si sta facendo riferimento al camino (e/o al comignolo).

1.5. RISULTATI DI CALCOLO - RIASSUNTO**Legenda punti di misurazione**

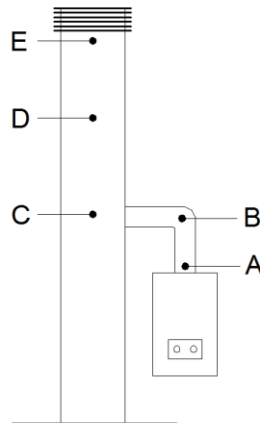
- A: Valori all'ingresso del canale da fumo (o uscita del canale di adduzione aria)
- B: Valori medi del canale da fumo (o canale di adduzione aria)
- C: Valori all'ingresso del condotto fumi (o uscita del condotto di adduzione aria)
- D: Valori medi del condotto fumi (o condotto di adduzione aria)
- E: Valori all'uscita del condotto fumi (o ingresso del condotto di adduzione aria)

Apparecchio acceso alla potenza massima



EVACUAZIONE FUMI					
CASO A - Temperatura esterna massima			CASO C - Temperatura esterna minima		
Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]	Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]
A: 0,0 B: - C: 31,2 D: - E: -	A: 200,5 B: 193,9 C: 187,5 D: 174,6 E: 132,0	A: - B: 3,520 C: - D: 2,343 E: -	A: 0,0 B: - C: 48,5 D: - E: -	A: 200,5 B: 196,5 C: 192,5 D: 183,4 E: 142,2	A: - B: 3,544 C: - D: 2,393 E: -

Apparecchio acceso alla potenza minima



EVACUAZIONE FUMI					
CASO B - Temperatura esterna massima			CASO D - Temperatura esterna minima		
Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]	Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]
A: 0,0 B: - C: 23,1 D: - E: -	A: 155,0 B: 144,6 C: 134,8 D: 118,6 E: 62,8	A: - B: 1,056 C: - D: 0,688 E: -	A: 0,0 B: - C: 39,5 D: - E: -	A: 155,0 B: 147,5 C: 140,3 D: 125,9 E: 68,1	A: - B: 1,065 C: - D: 0,702 E: -

1.6. VERIFICHE FINALI**CASO A - Requisito di pressione**

	Valore		Valore	Verifica
$P_Z \square P_{Ze}$	31,2	<input type="checkbox"/>	17,2	SI
$P_Z \square P_B$	31,2	<input type="checkbox"/>	4,0	SI
$P_{Zmax} \square P_{Zemax}$	-	<input type="checkbox"/>	-	-

CASO B - Requisito di pressione

	Valore		Valore	Verifica
$P_Z \square P_{Ze}$	23,1	<input type="checkbox"/>	1,3	SI
$P_Z \square P_B$	23,1	<input type="checkbox"/>	4,0	SI
$P_{Zmax} \square P_{Zemax}$	-	<input type="checkbox"/>	-	-

CASO C - Requisito di temperatura

	Valore		Valore	Verifica
$T_{iob} \square T_g$	142,2	<input type="checkbox"/>	0,0	SI
$T_{irb} \square T_g$	-	<input type="checkbox"/>	-	-

CASO D - Requisito di temperatura

	Valore		Valore	Verifica
$T_{iob} \square T_g$	68,1	<input type="checkbox"/>	0,0	SI
$T_{irb} \square T_g$	-	<input type="checkbox"/>	-	-

Legenda

- P_Z tiraggio minimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 P_{Ze} tiraggio minimo richiesto all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 P_B resistenza alla pressione dell'aria comburente dovuta alla portata massica dei prodotti della combustione espressa in Pa
 P_{Zmax} tiraggio massimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 P_{Zemax} tiraggio massimo consentito all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 T_{iob} temperatura della parete interna allo sbocco del camino in equilibrio termico espressa in °C
 T_{irb} temperatura della parete interna immediatamente prima dell'isolamento supplementare espressa in °C
 T_g temperatura limite espressa in °C

2 SECONDO CASO AUMENTATA LA PORTATA DEI FUMI IN TERMINI DI MASSA RISPETTO AL PRIMO CASO

2.1. DATI AMBIENTE INSTALLAZIONE

Dati località

Località	<i>SAN DONATO MILANESE (MI)</i>		
Altitudine s.l.m.	H_{slm}	102	m
Temperatura aria esterna massima	T_{Lmax}	30	°C
Temperatura aria esterna minima	T_{Lmin}	-5	°C

Dati condotti

Tipo funzionamento camino	<i>Camino in depressione</i>		
Tipo condotti	<i>condotto semplice - canali separati</i>		
Tipo funzionamento sistema	<i>umido</i>		

Adduzione aria

Coefficiente di sicurezza	S_E	1,5	
Fattore incostanza temperatura	S_H	0,5	
Pressione del vento	P_L	0	Pa
Tipo apertura aria comburente	<i>Nessuna apertura</i>		
Lunghezza	L_B	-	m
Diametro idraulico	D_{hB}	-	mm
Rugosità	r_B	-	mm
Accidentalità	Z_B	-	
Resistenza aria comburente	P_B	4,0	Pa

Regolatore di tiraggio

Diametro idraulico	D_{hNL}	-	mm
Rugosità	r_{NL}	-	mm
Categoria		-	

2.2. DATI GENERATORE**Caratteristiche generatore**

Marca	<i>GENERICO</i>	
Modello	<i>VARIE CALDAIE / GASOLIO-BTZ-OLIO-BIOMASSA</i>	
Combustione	<i>Non pressurizzata</i>	
Tipo potenza	<i>Modulante</i>	
Combustibile	<i>Gasolio</i>	
Condensazione	<i>No</i>	
Reg. tiraggio	<i>No</i>	
D _w [mm]	<i>200</i>	
T _c [°C]	<i>0</i>	
K _F [%]	<i>-</i>	

Caratteristiche fumi

		a potenza massima	a potenza minima
Q _F [kW]		<i>300</i>	<i>100</i>
P _{Fpr} [%]		<i>9</i>	<i>7</i>
%CO ₂ [%]		<i>13,2</i>	<i>13,1</i>
T _w [°C]		<i>130,0</i>	<i>105,0</i>
m _w [kg/s]		<i>0,14000</i>	<i>0,05000</i>
P _w [Pa]		<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
P _{wmax} [Pa]		<i>-</i>	<i>-</i>
Ecc [%]		<i>13,8</i>	<i>14,6</i>

Legenda:

D _w	diametro di attacco dello scarico dei prodotti della combustione espresso in mm
T _c	temperatura dell'aria comburente espressa in °C
K _F	fattore di conversione di SO ₂ in SO ₃ espressa in %
Q _F	potenza termica al focolare espressa in kW
P _{Fpr}	perdita di combustione di progetto espressa in %
%CO ₂	concentrazione in volume di CO ₂ espressa in %
T _w	temperatura di uscita dei prodotti della combustione espressa in °C
m _w	portata massica dei prodotti della combustione espressa in kg/s
P _w	tiraggio minimo per il generatore di calore espressa in Pa
P _{wO}	pressione differenziale massima del generatore di calore espressa in Pa
P _{wM}	tiraggio massimo per il generatore di calore espressa in Pa
P _{wOM}	pressione differenziale minima del generatore di calore espressa in Pa
Ecc	eccesso d'aria espresso in %

2.3. DATI CONDOTTI

CANALE DA FUMO		
Marca		<i>ROCCHEGGIANI SPA</i>
Serie		<i>DP25</i>
Forma		<i>Circolare</i>
D _{1V}	[mm]	<i>250</i>
D _{2V}	[mm]	<i>-</i>
%ub _v	[%]	<i>100</i>
%uh _v	[%]	<i>0</i>
%uu _v	[%]	<i>0</i>
%ul _v	[%]	<i>0</i>
Materiale		<i>Acciaio inox doppiaparete</i>
R _{TV}	[m ² K/W]	<i>0,75000</i>
S _{PV}	[mm]	<i>0,5</i>
r _v	[mm]	<i>1</i>
L _v	[m]	<i>5,5</i>
H _v	[m]	<i>1,7</i>
Z _v		<i>2,5</i>
P _{Zvecc}	[Pa]	<i>-</i>

CONDOTTO FUMI		
Marca		<i>ROCCHEGGIANI SPA</i>
Serie		<i>DP25</i>
Forma		<i>Circolare</i>
D ₁	[mm]	<i>300</i>
D ₂	[mm]	<i>-</i>
%ub	[%]	<i>70</i>
%uh	[%]	<i>0</i>
%uu	[%]	<i>0</i>
%ul	[%]	<i>30</i>
Materiale		<i>Acciaio inox doppiaparete</i>
R _T	[m ² K/W]	<i>0,75000</i>
S _P	[mm]	<i>0,5</i>
r	[mm]	<i>1</i>
L	[m]	<i>11</i>
H	[m]	<i>11</i>
Z		<i>0</i>
P _{Zecc}	[Pa]	<i>-</i>

Legenda:

D	dimensioni del condotto espresso in mm
%ub	percentuale di esposizione del condotto rispetto al locale caldaia espressa in %
%uh	percentuale di esposizione del condotto rispetto a locali interni riscaldati espressa in %
%uu	percentuale di esposizione del condotto rispetto a locali interni non riscaldati espressa in %
%ul	percentuale di esposizione del condotto rispetto all'esterno dell'edificio espressa in %
R_T	resistenza termica media del condotto espressa in m ² K / W
S_P	spessore medio del condotto espresso in mm
r	valore medio di rugosità della parete interna del condotto espressa in mm
L	lunghezza del condotto espressa in m
H	altezza efficace del condotto espressa in m
Z	somma dei coefficienti di resistenza al flusso
P_{Zecc}	pressione massima ammissibile dal condotto espressa in Pa

2.4. RISULTATI DI CALCOLO

Legenda condizioni di lavoro ipotizzate

- CASO A: generatore di calore acceso alla potenza massima con temperatura aria esterna massima
CASO B: generatore di calore acceso alla potenza minima con temperatura aria esterna massima
CASO C: generatore di calore acceso alla potenza massima con temperatura aria esterna minima
CASO D: generatore di calore acceso alla potenza minima con temperatura aria esterna minima

Calcolo variabili preliminari

Descrizione	Simbolo	Temperatura esterna massima	Temperatura esterna minima	Unità misura
Costante di gas dell'aria	R_L	288	288	J/(kgK)
Pressione aria esterna	p_L	95895,8	95752,6	Pa
Massa volumica aria esterna	ρ_L	1,098	1,240	kg/m ³

Apparecchio acceso alla massima potenza

CANALE DA FUMO			
	CASO A Temperatura esterna massima	CASO C Temperatura esterna minima	
m_w	[kg/s]	<i>0,14000</i>	<i>0,14000</i>
R_v	[J/(kgK)]	<i>281,16</i>	<i>281,16</i>
η_v	[(N·s)/m ²]	<i>0,000021</i>	<i>0,000021</i>
λ_v	[W/(mK)]	<i>0,031</i>	<i>0,031</i>
c_{pv}	[J/(kgK)]	<i>1082,15</i>	<i>1082,40</i>
ρ_{mv}	[kg/m ³]	<i>0,852</i>	<i>0,848</i>
w_{mv}	[m/s]	<i>3,350</i>	<i>3,364</i>
Pr_v	[-]	<i>0,7</i>	<i>0,7</i>
Re_v	[-]	<i>34533</i>	<i>34462</i>
Ψ_v	[-]	<i>0,031</i>	<i>0,031</i>
Ψ_{viscio}	[-]	<i>0,023</i>	<i>0,023</i>
Nu_v	[-]	<i>109,85</i>	<i>109,65</i>
α_{iv}	[W/(m ² K)]	<i>13,43</i>	<i>13,44</i>
α_{av}	[W/(m ² K)]	<i>8,00</i>	<i>8,00</i>
k_v	[W/(m ² K)]	<i>1,95</i>	<i>1,05</i>
K_v	[-]	<i>0,06</i>	<i>0,03</i>
T_{ev}	[°C]	<i>130,0</i>	<i>130,0</i>
T_{mv}	[°C]	<i>127,3</i>	<i>128,3</i>
T_{ov}	[°C]	<i>124,6</i>	<i>126,6</i>
T_{sp}	[°C]	<i>48,2</i>	<i>48,2</i>
P_w	[Pa]	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
P_{HV}	[Pa]	<i>4,1</i>	<i>6,5</i>
P_{GV}	[Pa]	<i>-2,5</i>	<i>-2,5</i>
P_{RV}	[Pa]	<i>20,3</i>	<i>12,8</i>

CONDOTTO FUMI			
		CASO A Temperatura esterna massima	CASO C Temperatura esterna minima
m_w	[kg/s]	0,14000	0,14000
R	[J/(kgK)]	281,157	281,157
η	[(N·s)/m ²]	0,000020	0,000020
λ	[W/(mK)]	0,030	0,030
c_p	[J/(kgK)]	1082,15	1082,40
ρ_m	[kg/m ³]	0,870	0,861
w_m	[m/s]	2,277	2,302
Pr	[-]	0,73	0,73
Re	[-]	29289	29064
Ψ	[-]	0,031	0,031
Ψ_{iscio}	[-]	0,024	0,024
Nu	[-]	89,22	88,59
α_i	[W/(m ² K)]	8,93	8,94
α_a	[W/(m ² K)]	12,50	12,50
k	[W/(m ² K)]	1,90	1,06
K	[-]	0,13	0,07
T_e	[°C]	124,6	126,6
T_m	[°C]	118,7	122,4
T_o	[°C]	113,1	118,4
T_{sp}	[°C]	48,2	48,2
P_B	[Pa]	4,0	4,0
P_H	[Pa]	24,6	40,9
P_G	[Pa]	0,0	0,0
P_R	[Pa]	3,8	2,6

Apparecchio acceso alla minima potenza

CANALE DA FUMO			
	CASO B Temperatura esterna massima	CASO D Temperatura esterna minima	
m_w	[kg/s]	0,05000	0,05000
R_v	[J/(kgK)]	281,21	281,21
η_v	[(N·s)/m ²]	0,000020	0,000020
λ_v	[W/(mK)]	0,029	0,029
c_{pv}	[J/(kgK)]	1075,31	1075,61
ρ_{mv}	[kg/m ³]	0,913	0,908
w_{mv}	[m/s]	1,116	1,122
Pr_v	[-]	0,7	0,7
Re_v	[-]	13053	13017
Ψ_v	[-]	0,035	0,035
Ψ_{viscio}	[-]	0,029	0,029
Nu_v	[-]	44,94	44,82
α_{iv}	[W/(m ² K)]	5,18	5,18
α_{av}	[W/(m ² K)]	8,00	8,00
k_v	[W/(m ² K)]	1,59	0,94
K_v	[-]	0,13	0,08
T_{ev}	[°C]	105,0	105,0
T_{mv}	[°C]	100,4	101,7
T_{ov}	[°C]	96,0	98,5
T_{sp}	[°C]	48,0	48,0
P_w	[Pa]	0,0	0,0
P_{HV}	[Pa]	3,1	5,5
P_{GV}	[Pa]	-0,3	-0,3
P_{RV}	[Pa]	2,5	1,6

CONDOTTO FUMI			
		CASO B Temperatura esterna massima	CASO D Temperatura esterna minima
m_w	[kg/s]	0,05000	0,05000
R	[J/(kgK)]	281,209	281,209
η	[(N·s)/m ²]	0,000019	0,000019
λ	[W/(mK)]	0,028	0,028
c_p	[J/(kgK)]	1075,31	1075,61
ρ_m	[kg/m ³]	0,945	0,935
w_m	[m/s]	0,749	0,757
Pr	[-]	0,73	0,73
Re	[-]	11192	11104
Ψ	[-]	0,035	0,035
Ψ_{iscio}	[-]	0,030	0,030
Nu	[-]	37,14	36,88
α_i	[W/(m ² K)]	3,47	3,47
α_a	[W/(m ² K)]	12,50	12,50
k	[W/(m ² K)]	1,42	0,89
K	[-]	0,27	0,17
T_e	[°C]	96,0	98,5
T_m	[°C]	87,8	91,2
T_o	[°C]	80,2	84,3
T_{sp}	[°C]	48,0	48,0
P_B	[Pa]	4,0	4,0
P_H	[Pa]	16,5	32,9
P_G	[Pa]	0,0	0,0
P_R	[Pa]	0,5	0,3

Legenda:

m_{wc}	portata massica calcolata dei prodotti della combustione espressa in kg/s
R	costante di gas dei prodotti della combustione espressa in J/(kg·K)
η	viscosità dinamica dei prodotti della combustione espressa in (N·s)/m ²
λ	coefficiente di conduttività termica della sezione trasversale espressa in W/(m·K)
c_p	capacità termica specifica dei prodotti della combustione espressa in J/(kg·K)
ρ_m	massa volumica media dei prodotti della combustione espressa in kg/m ³
w_m	velocità media dei prodotti della combustione espressa in m/s
Pr	numero di Prandtl
Re	numero di Reynolds
Ψ	coefficiente di resistenza al flusso dovuta ad attrito per flusso idraulicamente irregolare
Ψ_{liscio}	coefficiente di resistenza al flusso dovuta ad attrito per flusso idraulicamente regolare
Nu	numero di Nusselt
α_i	coefficiente interno di trasmissione del calore espresso in W/(m ² ·K)
α_a	coefficiente esterno di trasmissione del calore espresso in W/(m ² ·K)
k_v	coefficiente di trasmissione del calore espresso in W/(m ² ·K)
K_v	coefficiente di raffreddamento
T_e	temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del condotto espressa in °C
T_{Lmax}	temperatura esterna massima dell'aria espressa in °C
T_{Lmin}	temperatura esterna minima dell'aria espressa in °C
T_m	temperatura media dei prodotti della combustione nel condotto espressa in °C
T_o	temperatura dei prodotti della combustione all'uscita del condotto espressa in °C
T_{sp}	temperatura di condensazione espressa in °C
P_{Bc}	resistenza alla pressione dell'aria comburente espressa in Pa
P_H	tiraggio teorico disponibile (per effetto camino) espresso in Pa
P_G	differenza di pressione causata dalla variazione di velocità dei prodotti della combustione espressa in Pa
P_R	resistenza alla pressione del condotto espresso in Pa

Pedici:

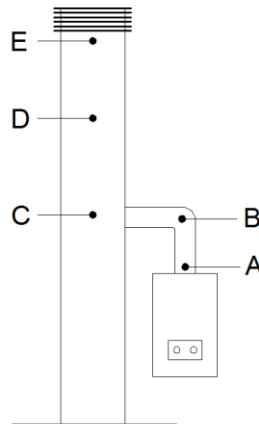
B	condotto adduzione aria
BV	canale adduzione aria
V	canale da fumo

Nota: quando non è indicato nessun pedice si sta facendo riferimento al camino (e/o al comignolo).

2.5. RISULTATI DI CALCOLO (RIASSUNTO)**Legenda punti di misurazione**

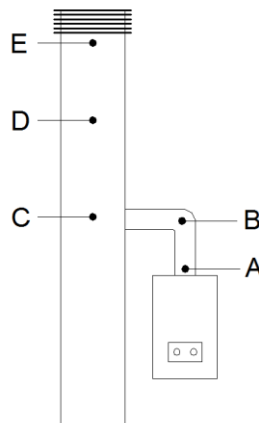
- A: Valori all'ingresso del canale da fumo (o uscita del canale di adduzione aria)
- B: Valori medi del canale da fumo (o canale di adduzione aria)
- C: Valori all'ingresso del condotto fumi (o uscita del condotto di adduzione aria)
- D: Valori medi del condotto fumi (o condotto di adduzione aria)
- E: Valori all'uscita del condotto fumi (o ingresso del condotto di adduzione aria)

Apparecchio acceso alla potenza massima



EVACUAZIONE FUMI					
CASO A - Temperatura esterna massima			CASO C - Temperatura esterna minima		
Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]	Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]
A: 0,0	A: 130,0	A: -	A: 0,0	A: 130,0	A: -
B: -	B: 127,3	B: 3,350	B: -	B: 128,3	B: 3,364
C: 20,8	C: 124,6	C: -	C: 38,3	C: 126,6	C: -
D: -	D: 118,7	D: 2,277	D: -	D: 122,4	D: 2,302
E: -	E: 98,5	E: -	E: -	E: 103,1	E: -

Apparecchio acceso alla potenza minima



EVACUAZIONE FUMI					
CASO B - Temperatura esterna massima			CASO D - Temperatura esterna minima		
Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]	Pressioni [Pa]	Temp. [°C]	Velocità [m/s]
A: 0,0	A: 105,0	A: -	A: 0,0	A: 105,0	A: -
B: -	B: 100,4	B: 1,116	B: -	B: 101,7	B: 1,122
C: 16,0	C: 96,0	C: -	C: 32,6	C: 98,5	C: -
D: -	D: 87,8	D: 0,749	D: -	D: 91,2	D: 0,757
E: -	E: 57,5	E: -	E: -	E: 60,5	E: -

2.6. VERIFICHE FINALI**CASO A - Requisito di pressione**

	Valore		Valore	Verifica
$P_Z \geq P_{Ze}$	20,8	\geq	20,2	SI
$P_Z \geq P_B$	20,8	\geq	4,0	SI
$P_{Zmax} \leq P_{Zemax}$	-	\leq	-	-

CASO B - Requisito di pressione

	Valore		Valore	Verifica
$P_Z \geq P_{Ze}$	16,0	\geq	3,4	SI
$P_Z \geq P_B$	16,0	\geq	4,0	SI
$P_{Zmax} \leq P_{Zemax}$	-	\leq	-	-

CASO C - Requisito di temperatura

	Valore		Valore	Verifica
$T_{iob} \geq T_g$	103,1	\geq	0,0	SI
$T_{irb} \geq T_g$	-	\geq	-	-

CASO D - Requisito di temperatura

	Valore		Valore	Verifica
$T_{iob} \geq T_g$	60,5	\geq	0,0	SI
$T_{irb} \geq T_g$	-	\geq	-	-

Legenda

- P_Z tiraggio minimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 P_{Ze} tiraggio minimo richiesto all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 P_B resistenza alla pressione dell'aria comburente dovuta alla portata massica dei prodotti della combustione espressa in Pa
 P_{Zmax} tiraggio massimo all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 P_{Zemax} tiraggio massimo consentito all'ingresso dei prodotti della combustione nel camino espresso in Pa
 T_{iob} temperatura della parete interna allo sbocco del camino in equilibrio termico espressa in °C
 T_{irb} temperatura della parete interna immediatamente prima dell'isolamento supplementare espressa in °C
 T_g temperatura limite espressa in °C