

COMUNE DI INVERUNO

NUOVO PLESSO SCOLASTICO – VIA IV NOVEMBRE

PROGETTO DEFINITIVO

UFFICIO TECNICO COMUNE DI INVERUNO

R.U.P.: Geom. Pietro Tiberti

Progettista: Arch. Claudia Soldati



CONSULENTE SCIENTIFICO:

Politecnico di Milano – Dipartimento ABC

Titolo progetto di ricerca:

Individuazione di un nuovo modello di scuola innovativa ad alta efficienza tecnologica-energetica con l'applicazione della metodologia BIM

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

prof. Tomaso Monestirolì

GRUPPO DI LAVORO:

Prof. Maurizio Acito

Prof. Giuseppe Martino Di Giuda

Prof. Paolo Oliaro

Prof. Franco Guzzetti

Arch. Francesco Menegatti

Arch. Luca Cardani

Arch. Alberto Cariboni

Ing. Vito Lavermicocca

Ing. Mariagrazia Calia

Ing. Agata Consoli

BIMGroup: Ing. Marco Schievano, Ing. Francesco Paleari, Ing. Elena Seghezzi

CONSULENTE SCIENTIFICO:

Università degli studi di Milano Bicocca

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione “Riccardo Massa”

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

Prof.ssa Elisabetta Nigris

GRUPPO DI LAVORO:

Prof.ssa Barbara Balconi

Prof.ssa Luisa Zecca

Prof.ssa Ambra Cardani

Oggetto:

Progetto impianti meccanici – Relazione di calcolo

Tavola n°:

**IM –
RC01**

RELAZIONE DI CALCOLO

IMPIANTI MECCANICI

INDICE GENERALE

1.	Premessa	2
2.	Fabbisogni termici e frigoriferi.....	3
2.1.	<i>Condizioni di progetto.....</i>	<i>3</i>
2.2.	<i>Fabbisogni termici e frigoriferi.....</i>	<i>3</i>
3.	Impianto di climatizzazione	4
3.1.	<i>Dimensionamento dei terminali di emissione.....</i>	<i>4</i>
3.1.	<i>Dimensionamento delle pompe di circolazione</i>	<i>5</i>
4.	Impianto di ventilazione meccanica.....	6
4.1.	<i>Dimensionamento della rete di distribuzione</i>	<i>8</i>
4.2.	<i>Estrazione dai servizi</i>	<i>8</i>
5.	Dimensionamento dei generatori termofrigoriferi	9
6.	Impianto idrico sanitario.....	11
6.1.	<i>Dimensionamento pompe di calore per l'acqua calda sanitaria</i>	<i>11</i>
6.2.	<i>Acqua fredda sanitaria.....</i>	<i>13</i>
6.3.	<i>Acqua calda sanitaria</i>	<i>13</i>
6.4.	<i>Scarichi acque reflue nere.....</i>	<i>13</i>
Allegato 1 – Stratigrafie		15
Allegato 2 – Dimensionamento pompe di circolazione		31

1. Premessa

Nel presente documento si riportano i criteri e i risultati dei calcoli di dimensionamento degli impianti meccanici a servizio del complesso scolastico di Inveruno, composto da una scuola secondaria di primo grado (Edificio A), una scuola primaria (Edificio B) ed un auditorium (Edificio C).

Le parti che costituiscono gli impianti meccanici per le quali di seguito si riportano le specifiche tecniche sono:

- il sistema di climatizzazione invernale ed estiva;
- il sistema di ventilazione ed estrazione forzata;
- il sistema idrico - sanitario;
- il sistema integrato di Building Automation (BMS)
- il sistema antincendio.

2. Fabbisogni termici e frigoriferi

2.1. Condizioni di progetto

I fabbisogni termici e frigoriferi dell'edificio sono stati calcolati considerando le seguenti condizioni di progetto:

Inverno:

Condizioni esterne: temperatura -5°C (UNI 5364)– umidità relativa 76%.

Condizioni interne: temperatura $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ - umidità relativa $50\pm 5\%$.

Estate

Condizioni esterne: temperatura 32°C - umidità relativa 50% (UNI 10339).

Condizioni interne: temperatura $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ - umidità relativa $50\pm 5\%$.

Portata di aria esterna per ventilazione:

- 18 m³/h a studente nelle aule della scuola primaria (UNI 10339)
- 21,6 m³/h a studente nelle aule della scuola media (UNI 10339)
- 25,2 m³/h a studente nei laboratori (UNI 10339)
- 21,6 m³/h a persona negli uffici (UNI 10339)
- 36 m³/h a persona nelle mense (UNI 10339)
- 8 vol/h per i servizi igienici (UNI 10339)

Caratteristiche dell'involucro edilizio:

Si riportano in allegato i dettagli dell'involucro edilizio considerati con le caratteristiche di trasmittanza dei diversi componenti.

2.2. Fabbisogni termici e frigoriferi

Il fabbisogno termici e frigoriferi, escluso il trattamento dell'aria, calcolato è pari a 114,82 kW per l'inverno e 97,59 kW per l'estate. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa.

	<i>Fabbisogno termico</i>	<i>Fabbisogno frigorifero</i>
Edificio A	68'210	37'693
Scuola	32'280	30'782
Palestra	31'910	6'911
Edificio B	39'880	58'942
Scuola	33'410	55'016
Palestra	6'470	3'925
Auditorium	6'730	4'044
Totale	114'820	100'634

Il fabbisogno frigorifero, escluso il trattamento dell'aria, è pari a 100'634 W. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa.

3. Impianto di climatizzazione

3.1. Dimensionamento dei terminali di emissione

La tipologia dei terminali di emissione è la seguente:

- pannelli radianti a soffitto nelle aule, nei laboratori, nei corridoi e negli spazi comuni;
- pannelli radianti a pavimento nelle palestre;
- ventilconvettori nei refettori.

Il loro dimensionamento garantisce il soddisfacimento dei fabbisogni riportati nell'Allegato 1, considerando seguenti parametri di input.

Terminale emissione	di	Riscaldamento			Raffrescamento		
		T acqua ingresso	T acqua uscita	ΔT acqua	T acqua ingresso	T acqua uscita	ΔT acqua
		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Radiante a soffitto		45	40	5	15	20	5
Radiante a pavimento		45	40	5	15	20	5
Ventilconvettore		45	40	5	7	12	5
Uta		45	40	5	7	12	5

La copertura dei carichi termici e frigoriferi legati al trattamento dell'aria è demandata alle batterie delle unità di trattamento dell'aria (vedi paragrafo 4). La modulazione della temperatura dell'aria primaria consentirà, al verificarsi di condizioni di carico estreme, di

integrare la potenza erogata dai terminali di emissione al fine di coprire i picchi di richiesta e ridurre i tempi di risposta dell'impianto.

3.1. Dimensionamento delle pompe di circolazione

Si prevede l'installazione di due pompe di circolazione. La prima nel circuito primario tra i pozzi e i generatori e la seconda nel circuito secondario tra l'accumulo e i collettori. Per il dimensionamento è stato considerato il circuito più sfavorito ovvero quello relativo al terminale di emissione più lontano dalla centrale termica. In allegato si riportano in dettaglio i calcoli delle caratteristiche delle pompe di circolazione.

In sintesi le caratteristiche sono:

POMPA	PORTATA [kg/s]	PREVALENZA [kPa]	MODELLO TIPO GRUNDFOS
Pompa P0 (circuito primario)	18	200	TPED 65-550
Pompa P1 (circuito secondario)	16	100	TPE3D 80-180
Pompa P2 (circuito secondario)	5	100	TPE3D 80-150

4. Impianto di ventilazione meccanica

Le UTA sono differenziate in funzione della zona che devono servire.

Le UTA per la ventilazione meccanica sono state dimensionate in relazione alle portate d'aria previste dalla norma UNI 10339. Più nel dettaglio sono stati considerati i valori seguenti per persona:

- Aule scuola primaria: $Q_{op} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;
- Aule scuola media inferiore: $Q_{op} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;
- Aule laboratorio: $Q_{op} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;
- Refettori: $Q_{op} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;
- Uffici: $Q_{op} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

Considerando, a favore di sicurezza, un affollamento massimo di 30 persone per aula, l'impianto di ventilazione meccanica dovrà garantire le seguenti portate d'aria:

- 540 m³/h per le aule della scuola primaria;
- 648 m³/h per le aule della scuola media inferiore;
- 756 m³/h per i laboratori.

Per quanto riguarda gli uffici degli insegnanti, considerando un affollamento massimo pari a 6 persone dovrà essere garantita una portata d'aria pari a 432 m³/h.

Per quanto riguarda i refettori, per la scuola primaria è stato considerato un affollamento massimo di 194 persone pertanto dovrà essere garantita una portata d'aria pari a 6'984 m³/h mentre per la scuola media è stato considerato un affollamento massimo di 173 persone e di conseguenza dovrà essere garantita una portata d'aria pari a 6'228 m³/h.

Per quanto riguarda l'auditorium è stato considerato un affollamento di 200 persone pertanto la portata d'aria da garantire è di 3'960 m³/h.

Per quanto riguarda le palestre, il calcolo della portata d'aria, è stato effettuato in accordo alla norma CONI pertanto le portate d'aria da garantire sono le seguenti:

- 1'552 m³/h per la palestra della scuola primaria;
- 6'634 m³/h per la palestra della scuola media.

Si riporta di seguito le tabelle di trasformazione dell'aria all'interno delle UTA.

Caso invernale

	A	B	I	II	III	IV	V	VI
	aria esterna	aria interna	recupero di calore	miscelazione con aria di ricircolo	preriscaldamento	raffreddamento e deumidificazione	umidificazione ad acqua (saturazione)	post-riscaldamento (punto di immissione)
T	-7,0	20,0	14,6	14,6	23,2	23,2	9,3	20,1
HR	76%	50%	17%	17%	10%	10%	100%	50%
x	1,69	7,26	1,69	1,69	1,69	1,69	7,26	7,26
h	-2,83	38,53	18,95	18,95	27,61	27,61	27,61	38,64
p _{vs}	0,36	2,34	1,66	1,66	2,84	2,84	1,17	2,35
p _v	0,27	1,17	0,27	0,27	0,27	0,27	1,17	1,17
p _{atm}	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33

Caso estivo

		A	B	I	II	III	IV	V	VI
		aria esterna	aria interna	recupero di calore	miscelazione con aria di ricircolo	preriscaldamento	raffreddamento a saturazione	deumidificazione (condensa)	post-riscaldamento (punto di immissione)
T	[°C]	32,0	26,0	27,2	27,2	27,2	20,3	14,8	26,0
HR	[%]	50%	50%	66%	66%	66%	100%	100%	50%
x	[g/kg]	14,95	10,49	14,95	14,95	14,95	14,95	10,49	10,49
h	[kJ/kg]	70,42	52,88	65,47	65,47	65,47	58,31	41,38	52,88
p _{es}	[kPa]	4,76	3,36	3,61	3,61	3,61	2,38	1,68	3,36
p _v	[kPa]	2,38	1,68	2,38	2,38	2,38	2,38	1,68	1,68
p _{atm}	[kPa]	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33

Nella tabella successiva si riassumono le potenze richieste alle batterie delle UTA dei 3 edifici.

Edificio A (Scuola secondaria di primo grado)

	INVERNO					ESTATE	
Locale	Portata	Prer	Umid	Umid	Post	Raff	Post
	m3/h	kW	g/s	kg/h	kW	kW	kW
UTA M.1	3286	8,3	5,8	20,86	12	26,4	12,6
UTA M.2	3432	8,6	6,1	21,79	12,5	27,6	13,2
UTA M.3	4512	11,3	8,0	28,65	16,4	36,2	17,3
UTA M.4	3432	8,6	6,1	21,79	12,5	27,2	13,2
UTA M.5	6634	16,7	11,7	42,12	24,2	53,3	25,4
UTA M.6	6228	16,7	11,7	42,12	24,1	50,0	23,9

Edificio B (Scuola primaria) _DA FARE

	INVERNO					ESTATE	
Locale	Portata	Prer	Umid	Umid	Post	Raff	Post
	m3/h	kW	g/s	kg/h	kW	kW	kW
UTA P.1	2892	7,3	5,1	18,36	10,5	23,2	11,1
UTA P.2	3092	7,8	5,5	19,63	11,3	24,8	11,8
UTA P.3	3864	9,7	6,8	24,53	14,1	31,0	14,8
UTA P.4	3972	10,0	7,0	25,22	14,5	31,9	15,2
UTA P.5	2309	5,8	4,1	14,66	8,4	18,5	8,8
UTA P.6	6984	17,6	12,3	44,34	25,4	56,1	26,8

Edificio C (Auditorium)

	INVERNO					ESTATE	
Locale	Portata	Prer	Umid	Umid	Post	Raff	Post
	m3/h	kW	g/s	kg/h	kW	kW	kW
UTA M.5	3900	9,8	6,9	24,76	14,2	22,1	10,5

4.1. Dimensionamento della rete di distribuzione

La rete aeraulica di distribuzione dell'aria è stata dimensionata considerando una portata come definita nei precedenti paragrafi e una velocità di passaggio non superiore a 3 m/s per i condotti secondari e 5 m/s per i condotti primari.

L'immissione dell'aria di rinnovo avverrà tramite bocchette a soffitto o a parete; l'estrazione dell'aria esausta avverrà tramite griglie di ripresa a parete o a soffitto poste nei corridoi, nelle aule e nei laboratori.

4.2. Estrazione dai servizi

L'aria estratta dai bagni sarà portata in copertura mediante dei condotti di espulsioni singoli per ciascun servizio. La portata e il diametro delle tubazioni di estrazione sono stati dimensionati secondo quanto indicato dalla norma UNI 10339.

I principali valori di input e risultati del dimensionamento risultano:

- Portata minima continua garantita per estrazione WC: 8 vol/h;
- velocità fluido in condotti: <5 m/s.

5. Dimensionamento dei generatori termofrigoriferi

La potenza totale richiesta al sistema di generazione di calore (pompe di calore acqua-acqua) per la climatizzazione è pari alla somma dei fabbisogni termici per trasmissione e per il trattamento dell'aria. Per il dimensionamento del generatore sono stati utilizzati opportuni coefficienti di contemporaneità legati principalmente allo spostamento delle persone tra aree aule, refettori e palestra.

Sommando i fabbisogni termici, di cui ai precedenti paragrafi, e utilizzando i coefficienti di contemporaneità tra i terminali di emissione dell'aria si ottiene:

Edificio A (Scuola secondaria di primo grado)

Potenza termica per trasmissione	64,2 kW
Potenza termica per il trattamento dell'aria	90,3 kW
Potenza termica totale generatore di calore	154,5 kW

Edificio B (Scuola primaria)

Potenza termica per trasmissione	39,9 kW
Potenza termica per il trattamento dell'aria	85,1 kW
Potenza termica totale generatore di calore	125 kW

Edificio C (Auditorium)

Potenza termica per trasmissione	6,7 kW
Potenza termica per il trattamento dell'aria	25,4 kW
Potenza termica totale generatore di calore	31,1 kW

Il generatore di calore avrà quindi potenza termica pari a 330 kW con un sovradimensionamento di sicurezza maggiore del 5%.

Allo stesso modo, sommando i fabbisogni frigoriferi di cui ai precedenti paragrafi e utilizzando i coefficienti di contemporaneità tra i terminali di emissione dell'aria si ottiene:

Edificio A (Scuola secondaria di primo grado)

Potenza frigorifera per i carichi termici	37,69 kW
Potenza frigorifera per il trattamento dell'aria	117,7 kW
Potenza frigorifera totale	155,39 kW

Edificio B (Scuola primaria)

Potenza termica per trasmissione	58,9 kW
Potenza termica per il trattamento dell'aria	111 kW
Potenza frigorifera totale	169,9 kW

Edificio C (Auditorium)

Potenza termica per trasmissione 4,04 kW

Potenza termica per il trattamento dell'aria 22,2 kW

Potenza frigorifera totale 26,24 kW

Il generatore di calore avrà quindi potenza termica pari a 370 kW con un sovradimensionamento di sicurezza maggiore del 5%.

6. Impianto idrico sanitario

6.1. Dimensionamento pompe di calore per l'acqua calda sanitaria

Il fabbisogno di acqua calda sanitaria è stato determinato secondo la norma UNI 9182:2014 considerando un utilizzo contemporaneo in ogni blocco bagno come riportato di seguito.

Dimensionamento ACS - Appendici F/G UNI 9182:2010

Tipo di calcolo		Destinazione d'uso		
medio		Ufficio		

N. apparecchi	Apparecchio	Usi orari n/h	Litri/uso	Consumo orario litri/ora
0	Vasca da bagno con doccetta a mano	1	180	0
0	Vasca da bagno senza doccetta	1	110	0
0	Doccia	1	55	0
9	Lavabo	3	11	297
0	Bidet	1	9	0
0	Lavello di cucina	1	17,5	0
		Consumo totale	litri/ora	297
			f1	1
			f2	1
			f3	1
Massimo consumo orario contemporaneo di acqua calda a 40°C (F.2)		q_M	litri/ora	297

Temperatura acqua fredda (Tf)	10	°C
Temperatura acqua calda sanitaria (Tm)	35	°C
Temperatura acqua nell'accumulo (Tc)	55	°C
Durata pre-riscaldamento (Pr)	1	ore

Volume dell'accumulo	100	litri
-----------------------------	------------	--------------

Si riporta di seguito il dimensionamento per la pompa di calore da installare nel blocco degli spogliatoi della palestra dell'edificio A.

Dimensionamento ACS - Appendici F/G UNI 9182:2010

Tipo di calcolo	Destinazione d'uso
minimo da norma	Ufficio

N. apparecchi	Apparecchio	Usi orari	Litri/uso	Consumo orario
		n/h		litri/ora
0	Vasca da bagno con doccetta a mano	1	160	0
0	Vasca da bagno senza doccetta	1	100	0
14	Doccia	1,5	50	1050
12	Lavabo	2	10	240
0	Bidet	1	8	0
0	Lavello di cucina	1	15	0
		Consumo totale	litri/ora	1290
			f1	1
			f2	1
			f3	1
Massimo consumo orario contemporaneo di acqua calda a 40°C (F.2)		q_M	litri/ora	1.290

Temperatura acqua fredda (Tf)	10	°C
Temperatura acqua calda sanitaria (Tm)	45	°C
Temperatura acqua nell'accumulo (Tc)	60	°C
Durata pre-riscaldamento (Pr)	1	ore

Volume dell'accumulo	500	litri
-----------------------------	------------	--------------

Si riporta di seguito il dimensionamento per la pompa di calore da installare nel blocco degli spogliatoi della palestra dell'edificio B.

Dimensionamento ACS - Appendici F/G UNI 9182:2010

Tipo di calcolo	Destinazione d'uso
medio	Ufficio

N. apparecchi	Apparecchio	Usi orari	Litri/uso	Consumo orario
		n/h		litri/ora
0	Vasca da bagno con doccetta a mano	1	180	0
0	Vasca da bagno senza doccetta	1	110	0
4	Doccia	2	55	440
6	Lavabo	3	11	198
0	Bidet	1	9	0
0	Lavello di cucina	1	17,5	0
		Consumo totale	litri/ora	638
			f1	1
			f2	1
			f3	1
Massimo consumo orario contemporaneo di acqua calda a 40°C (F.2)		q_M	litri/ora	638

Temperatura acqua fredda (Tf)	10	°C
Temperatura acqua calda sanitaria (Tm)	45	°C
Temperatura acqua nell'accumulo (Tc)	60	°C
Durata pre-riscaldamento (Pr)	1	ore

Volume dell'accumulo	250	litri
-----------------------------	------------	--------------

6.2. Acqua fredda sanitaria

La rete di adduzione dell'acqua fredda sanitaria è stata dimensionata secondo la norma UNI 9182:2014. Il calcolo è stato effettuato secondo il metodo delle Unità di Carico (UC).

Le unità di carico corrispondenti ai singoli apparecchi sono le seguenti:

Apparecchio	UC acqua fredda
Lavabo	1,50
Doccia	3
WC a cassetta	5
Lavello	2

(Norma UNI 9182:2014 – Prospetto D.2)

La velocità di passaggio dell'acqua all'interno delle tubazioni è prevista non superiore a 2 m/s nella rete di distribuzione primaria e secondaria.

6.3. Acqua calda sanitaria

La rete di adduzione dell'acqua calda sanitaria è stata dimensionata secondo la norma UNI 9182:2014. Il calcolo è stato effettuato secondo il metodo delle Unità di Carico (UC).

Le unità di carico corrispondenti ai singoli apparecchi sono le seguenti:

Apparecchio	UC acqua calda
Doccia	3
Lavabo	1,5
Lavello	2

(Norma UNI 9182:2014 – Prospetto D.2)

6.4. Scarichi acque reflue nere

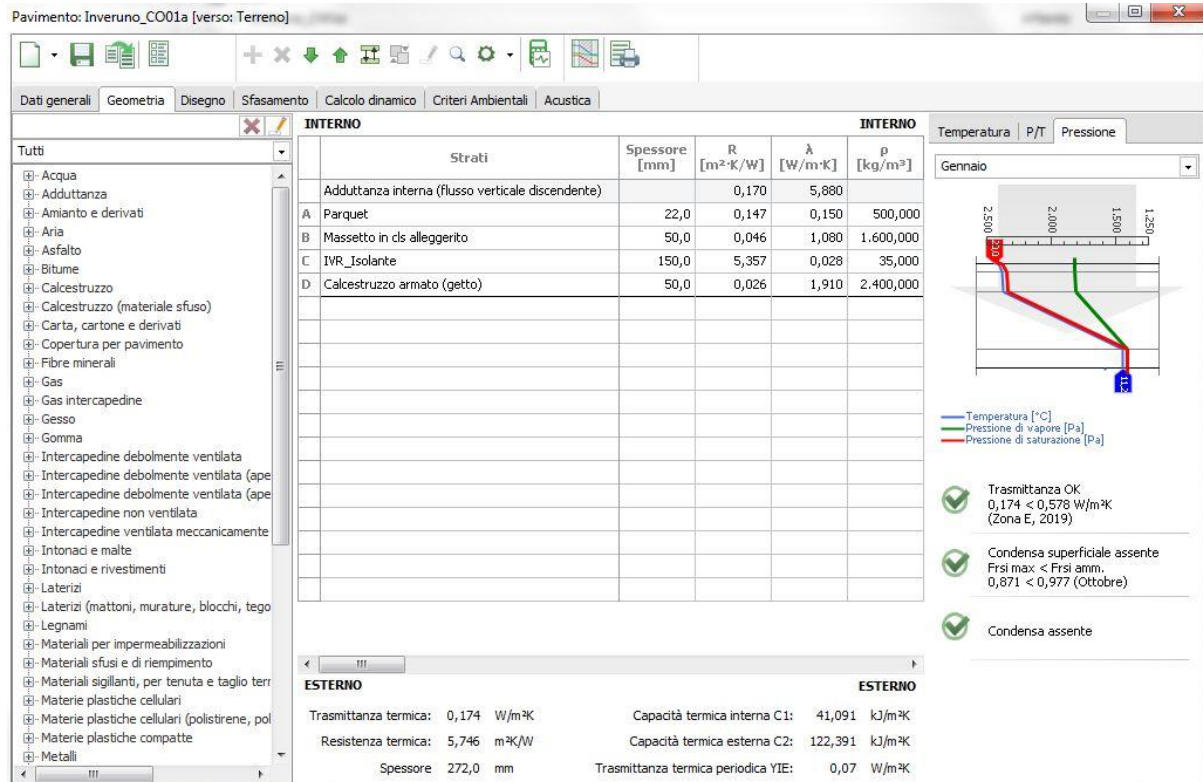
La rete di raccolta delle acque reflue dai servizi igienici e dalle cucine è stata dimensionata secondo la norma UNI EN 12056-2:2001. Il sistema di scarico sarà con ventilazione parallela diretta.

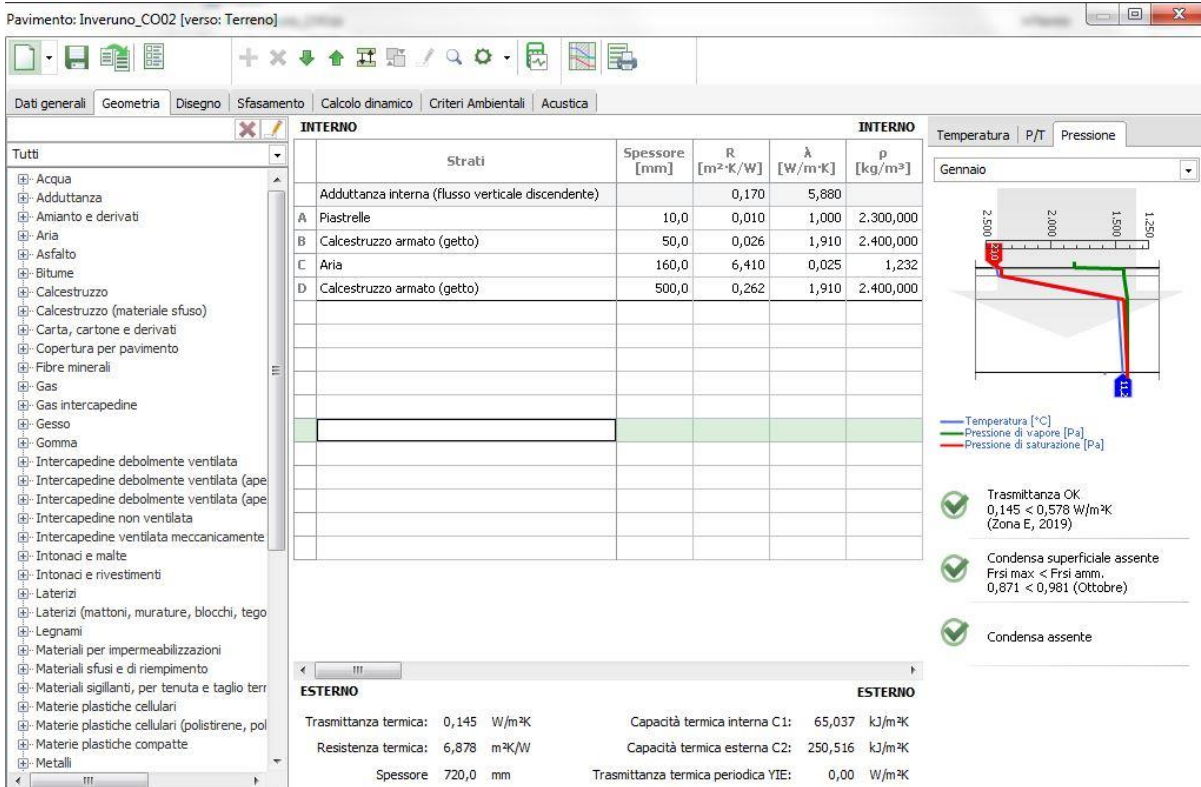
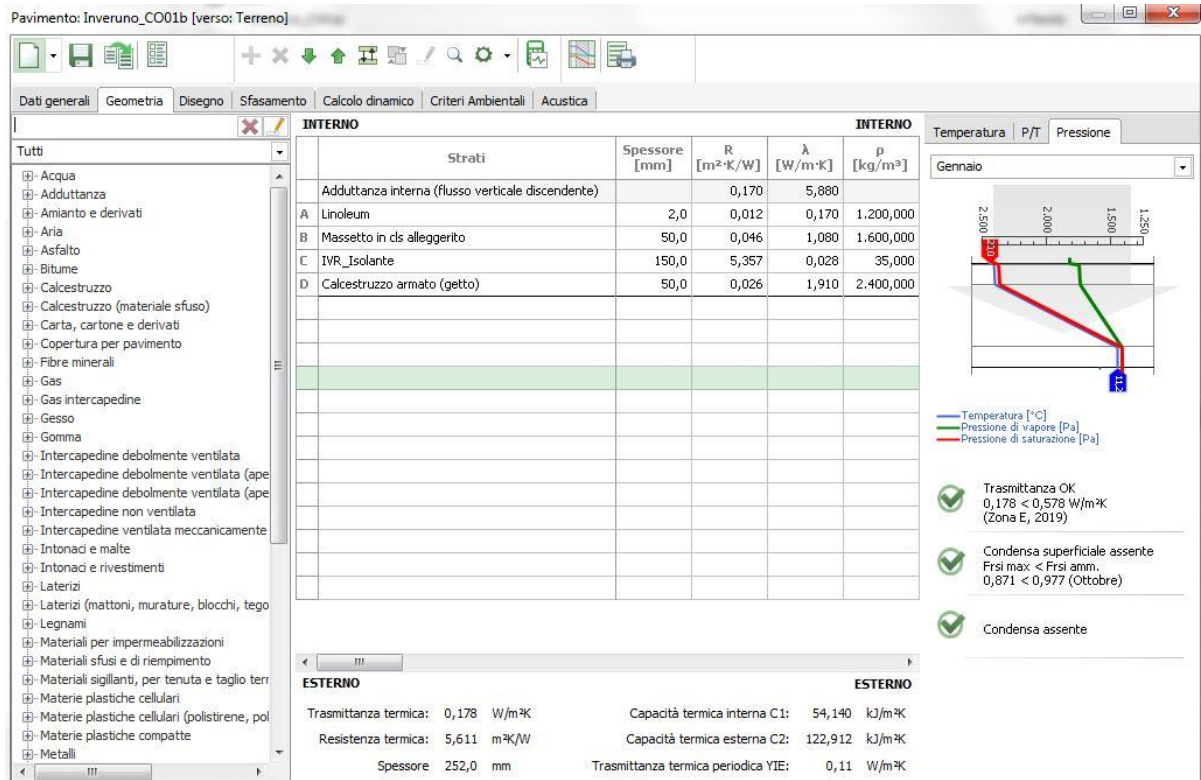
Le unità di scarico (DU) per apparecchio sanitario sono state assunte pari a quelle della tabella seguente, considerando un fattore di riempimento delle tubazioni del 70%. Il coefficiente di frequenza K per il calcolo delle portate è pari a 1, valore indicato dalla norma su citata per utilizzo degli apparecchi molto frequente.

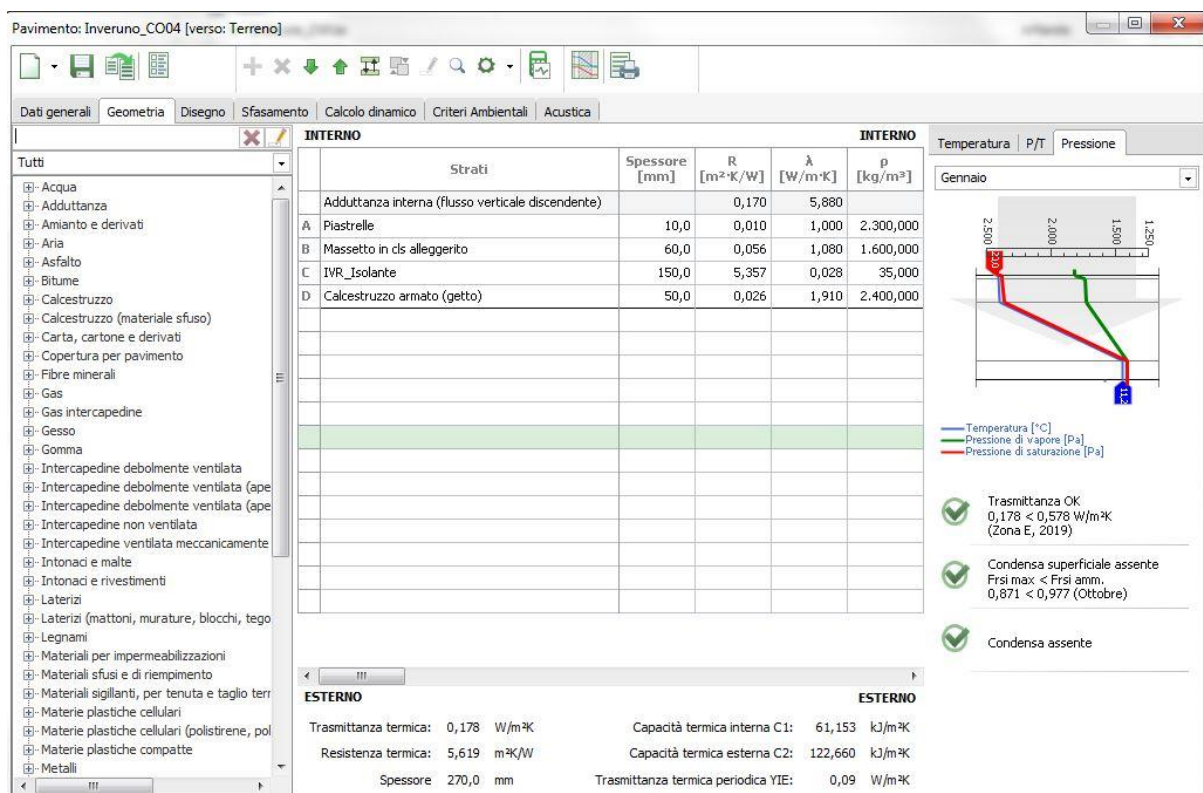
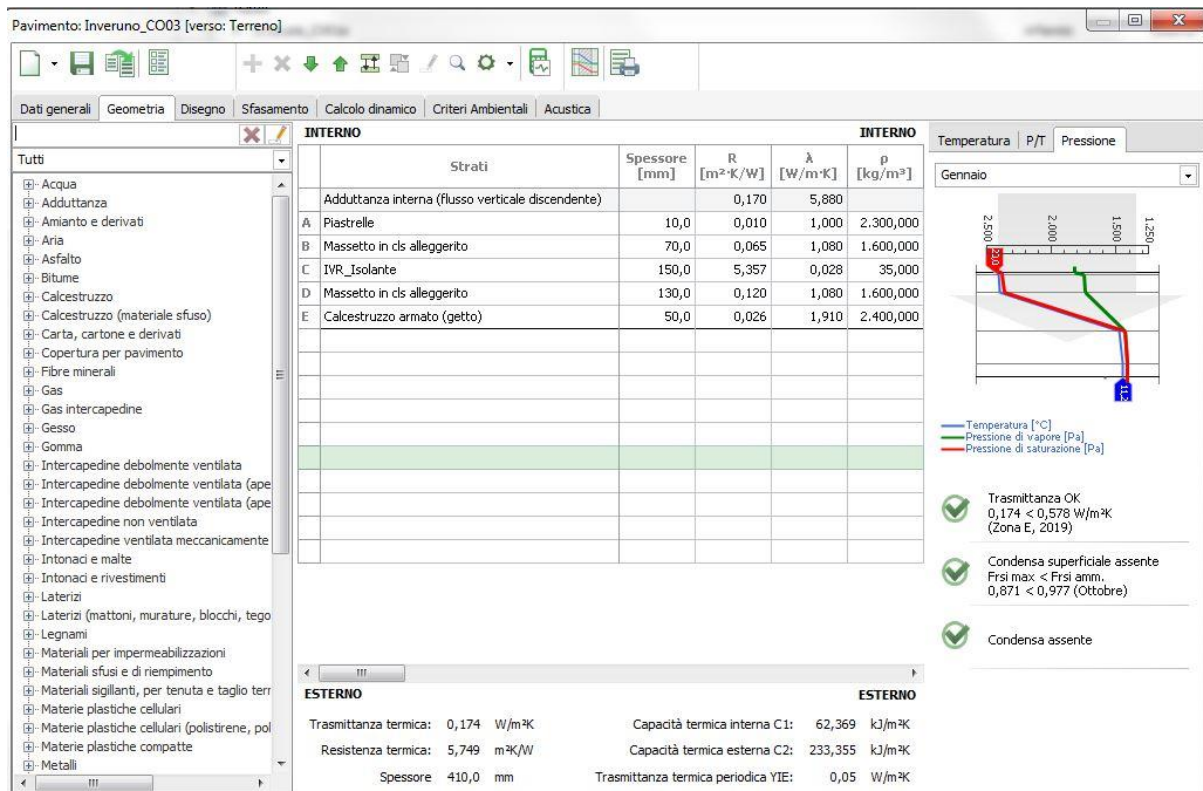
Apparecchio	DU (l/s)
Lavello	0,6
Doccia	0,4
WC a cassetta (9 l)	2,0
Lavabo	0,3
Piletta a pavimento	0,9

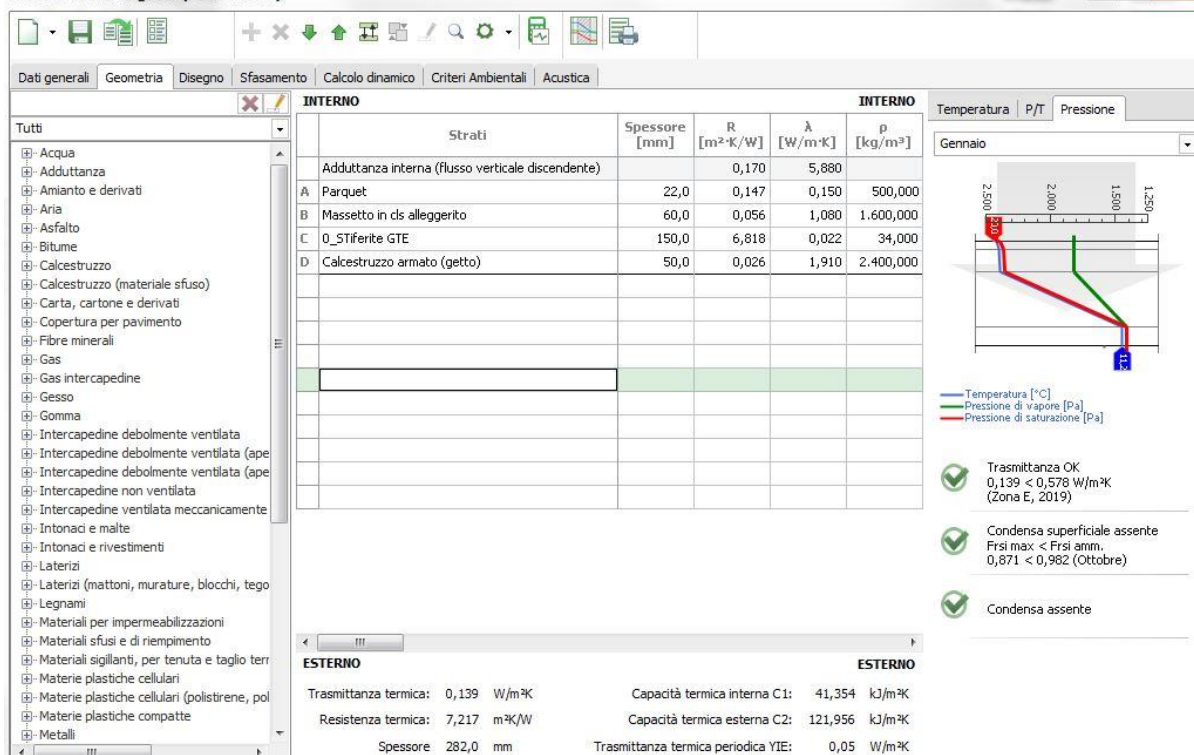
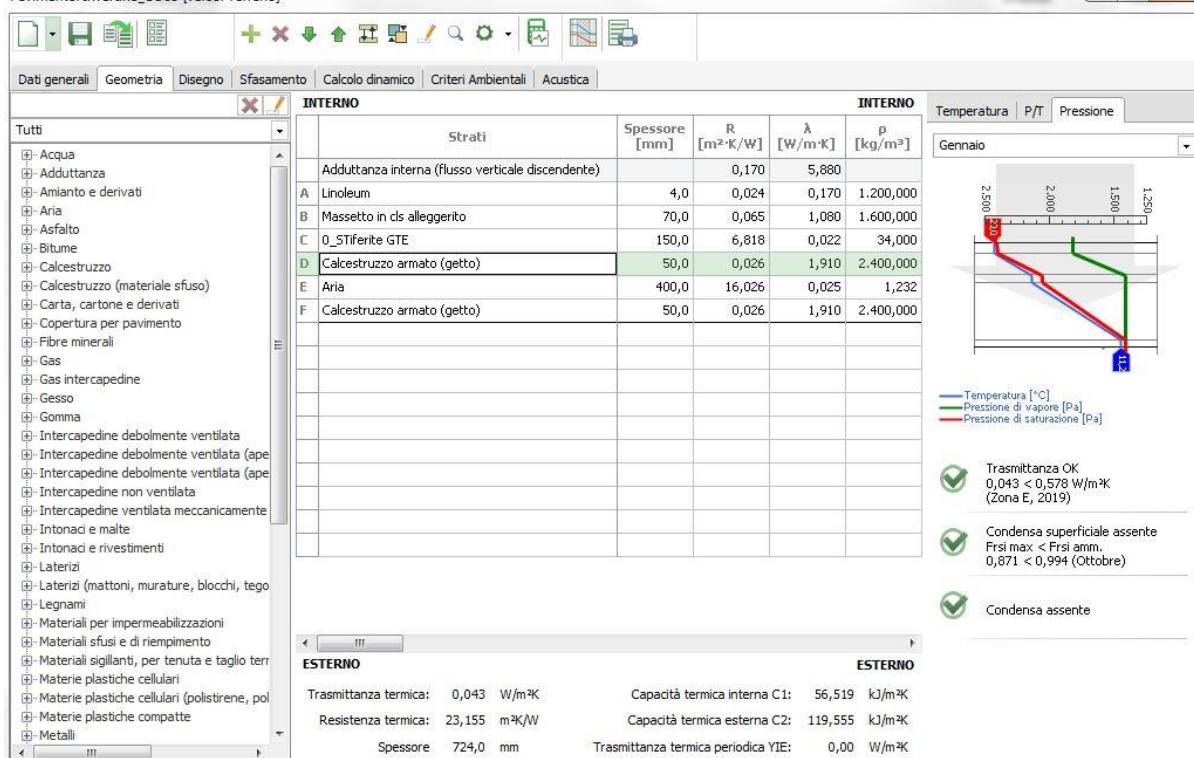
I tratti suborizzontali della rete di raccolta avranno pendenza sempre maggiore o uguale all'1%.

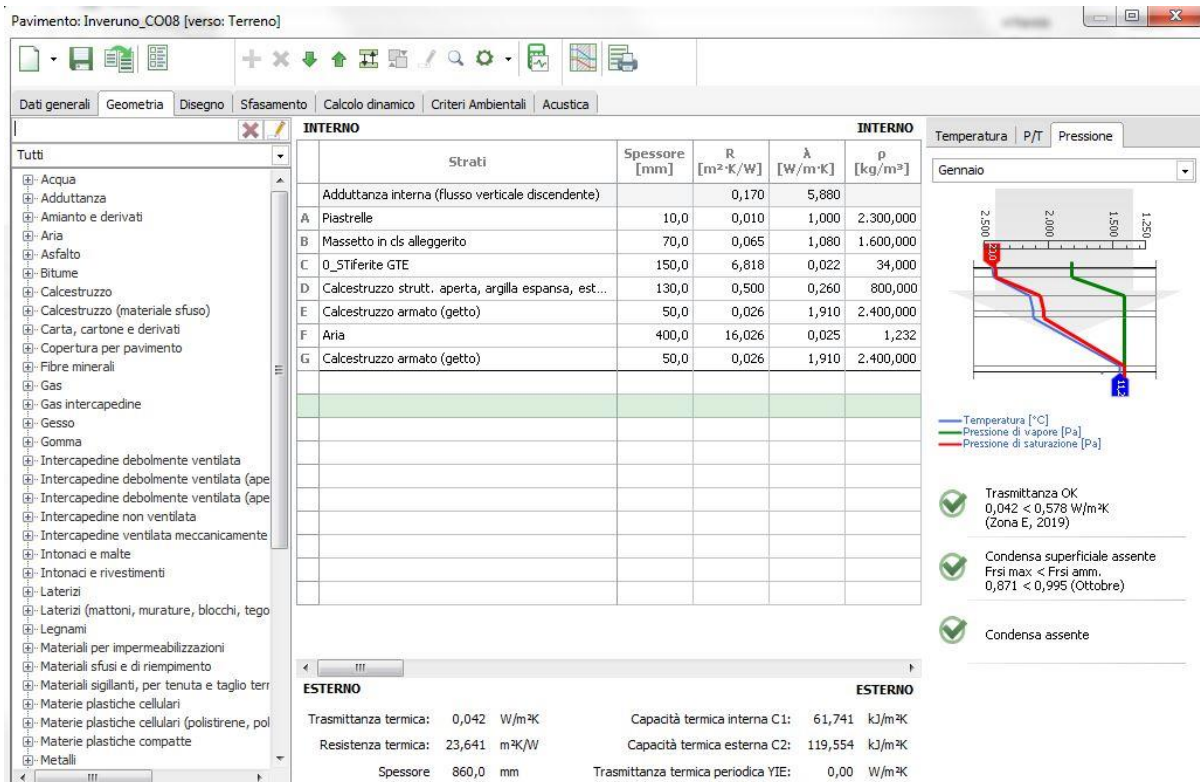
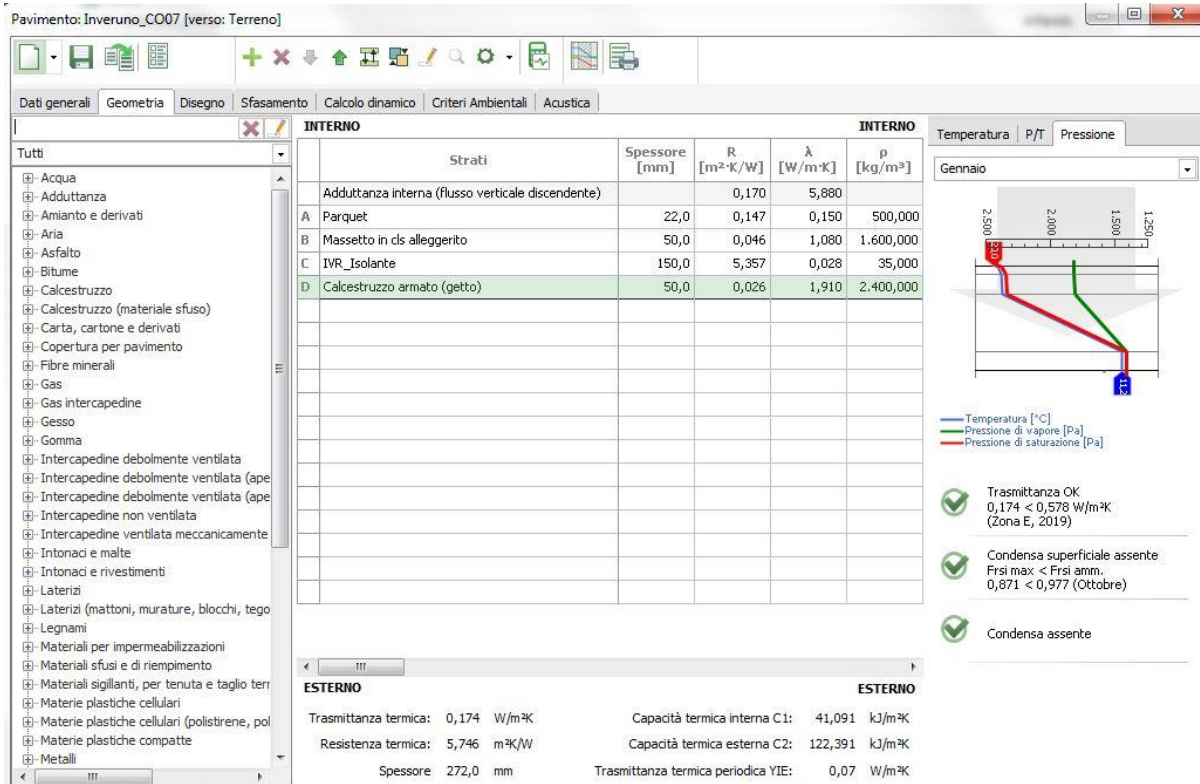
Allegato 1 – Stratigrafie

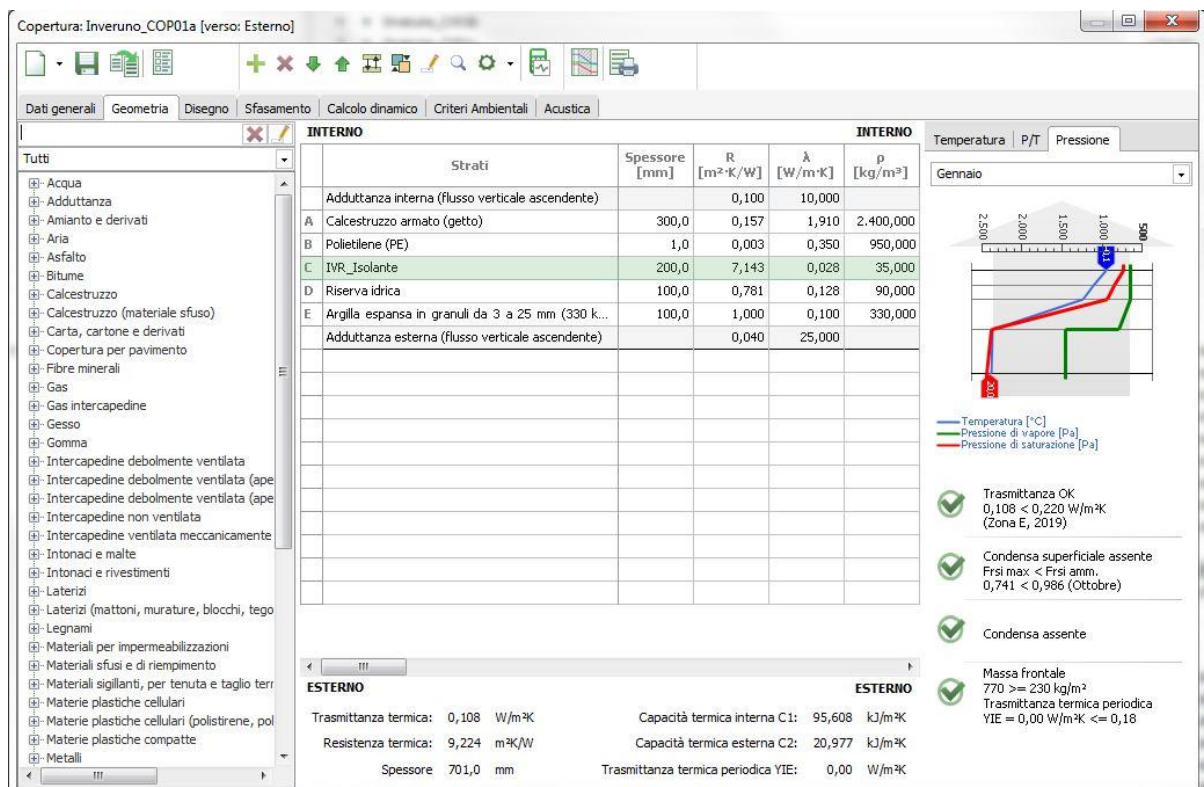


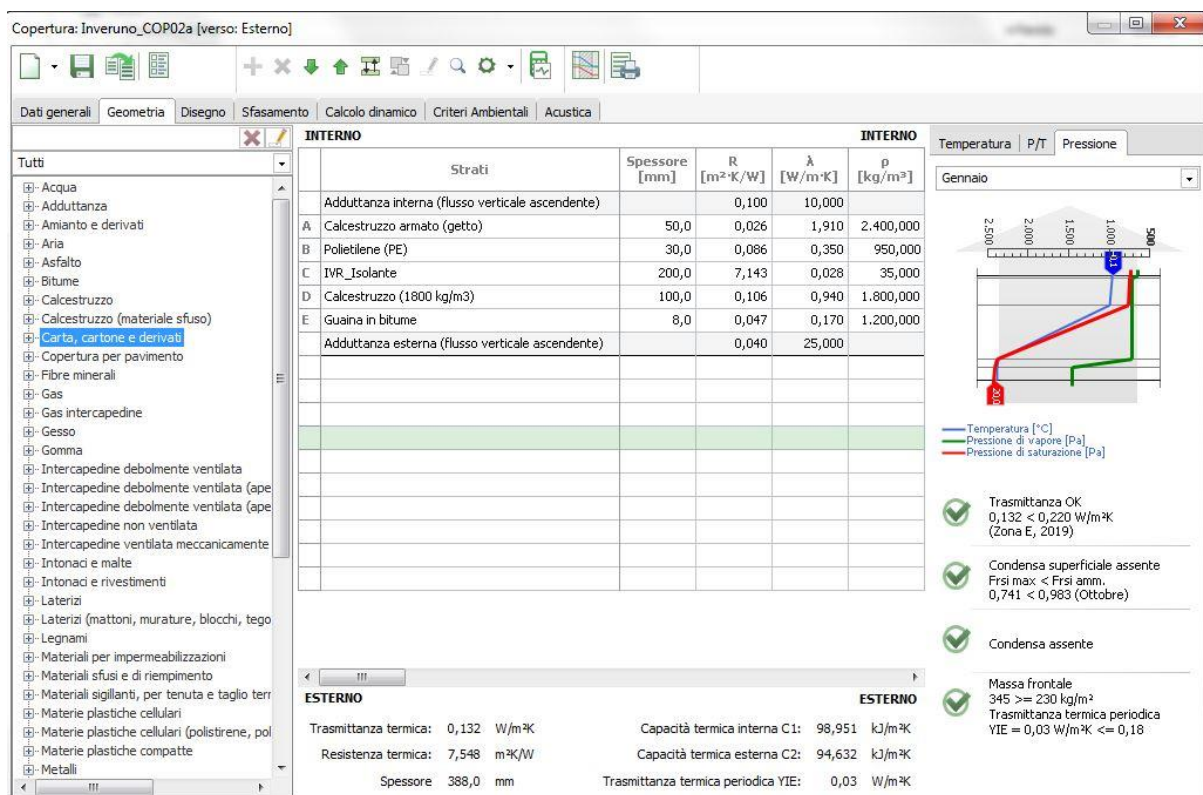
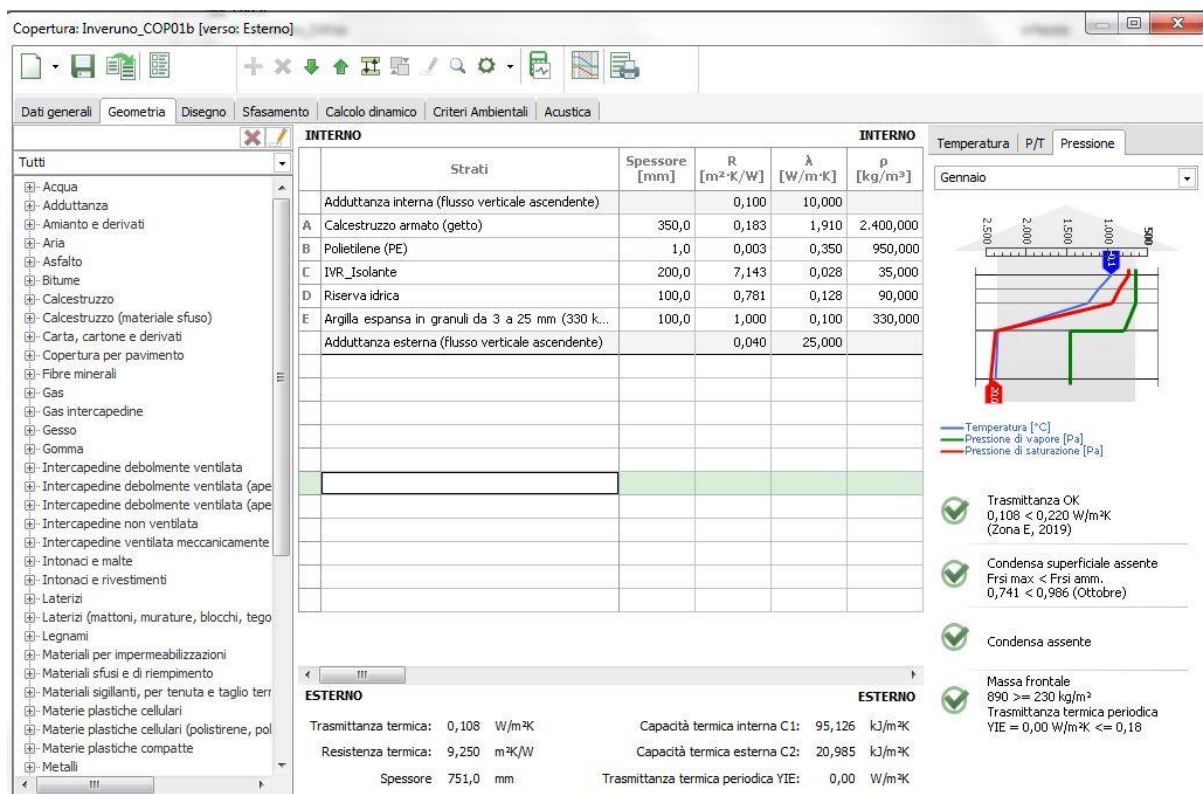


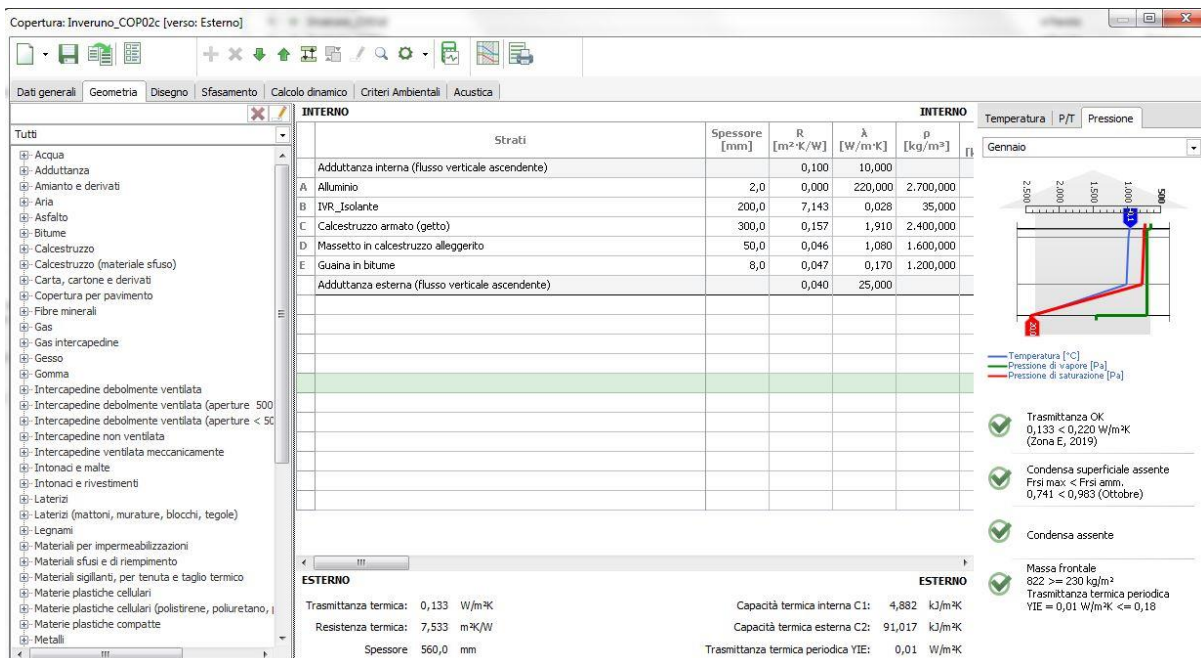
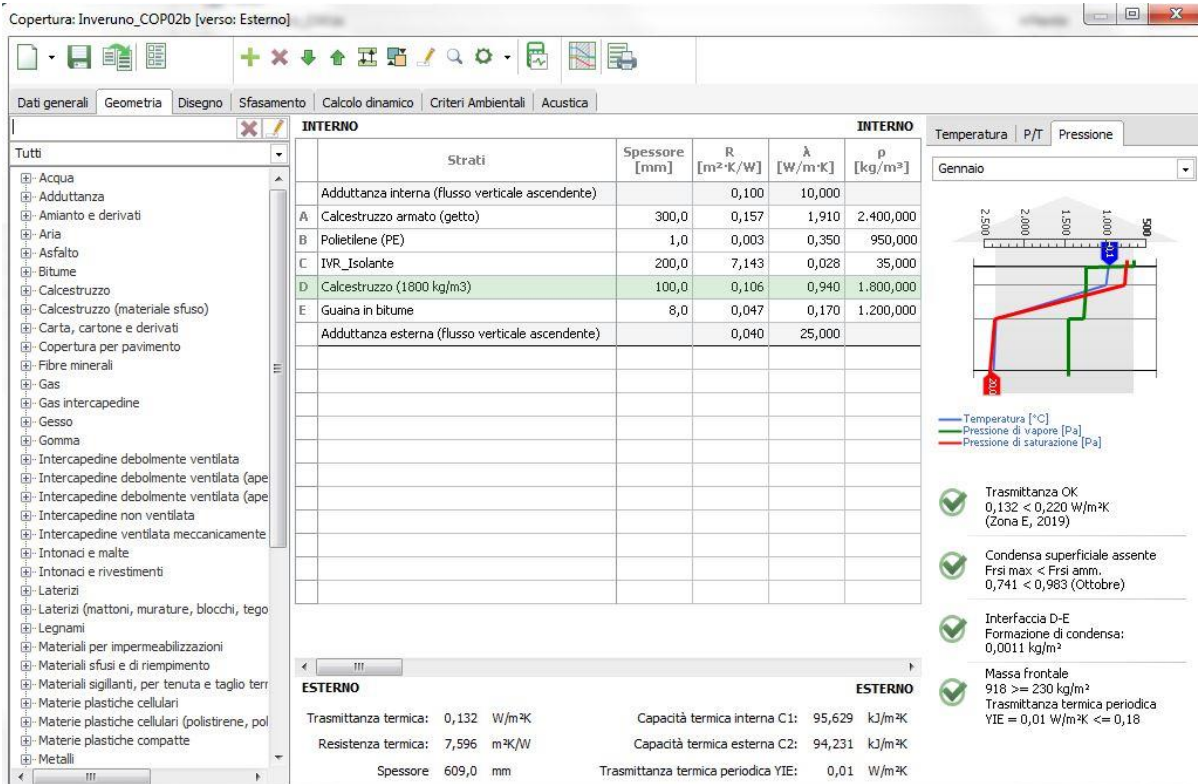


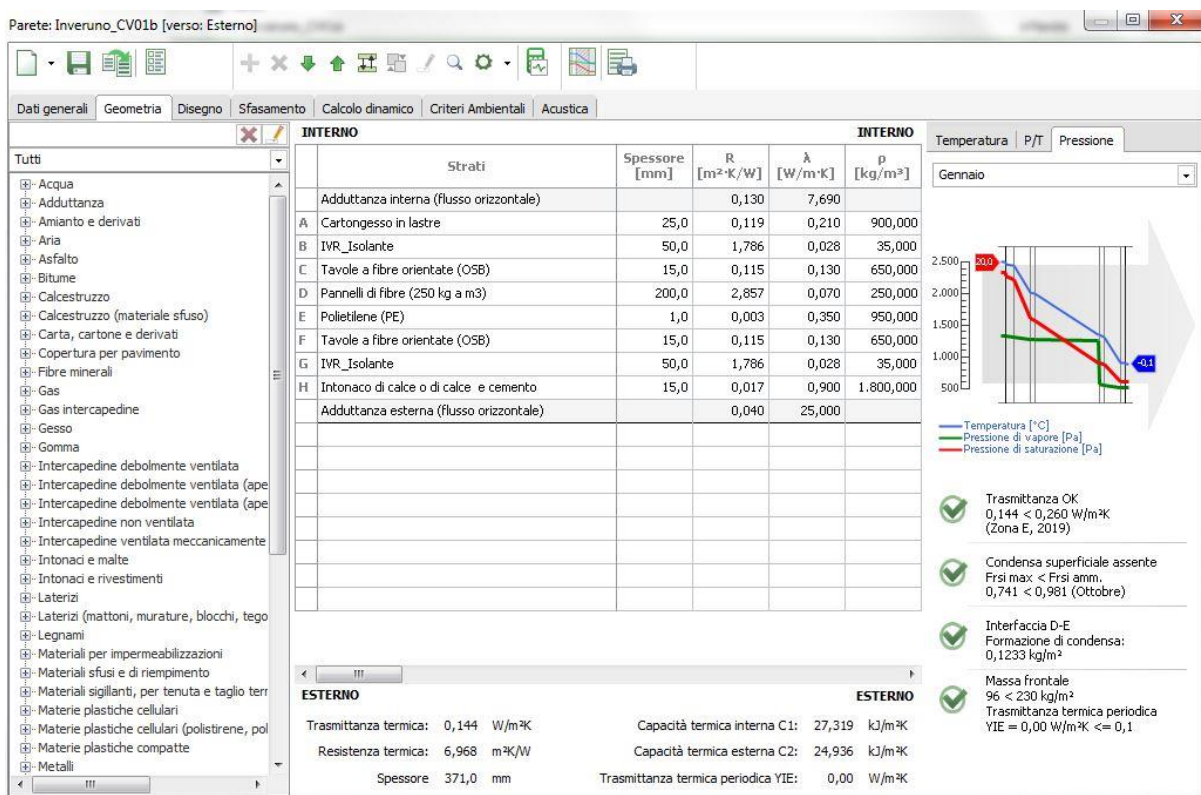
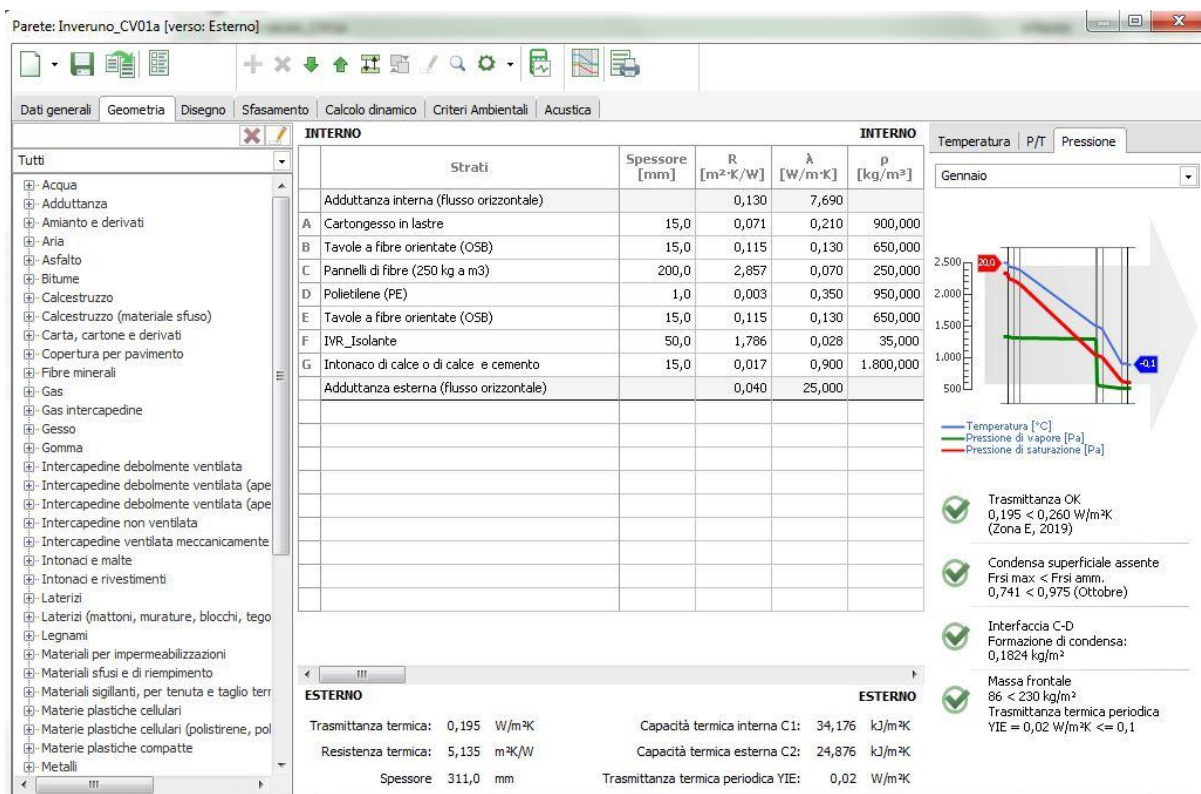


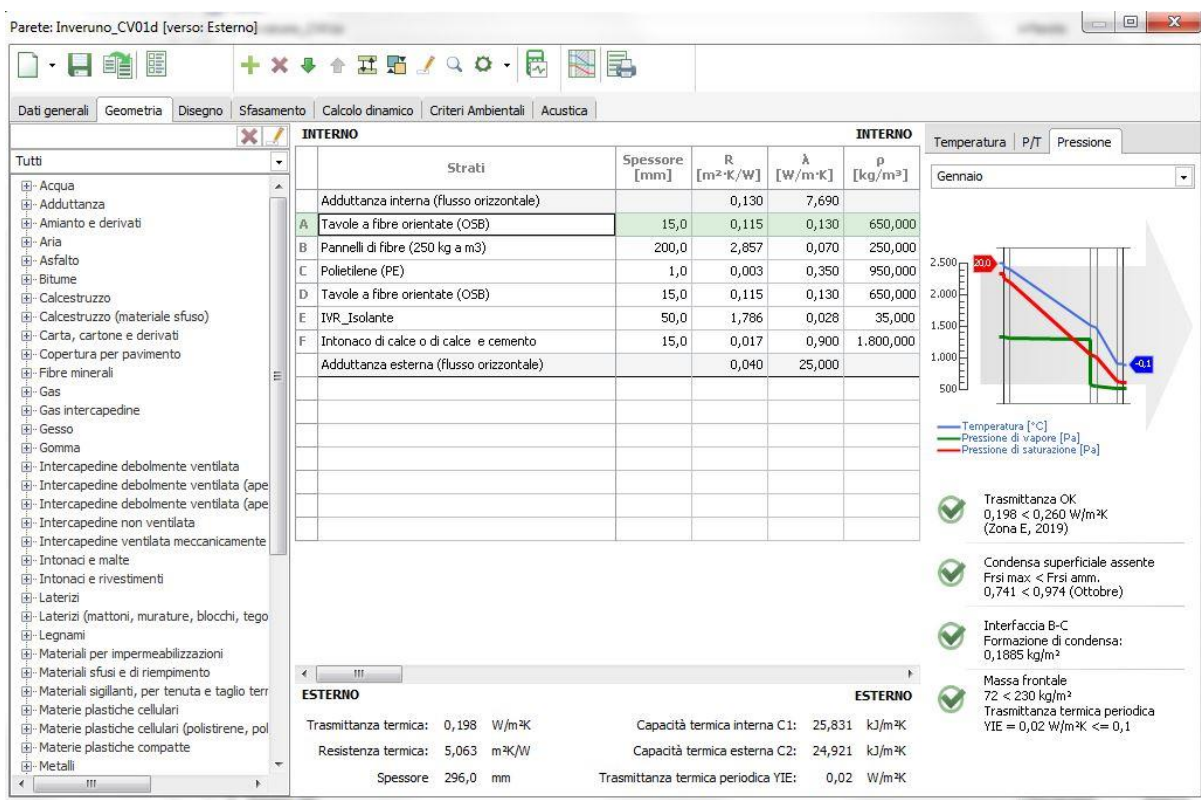
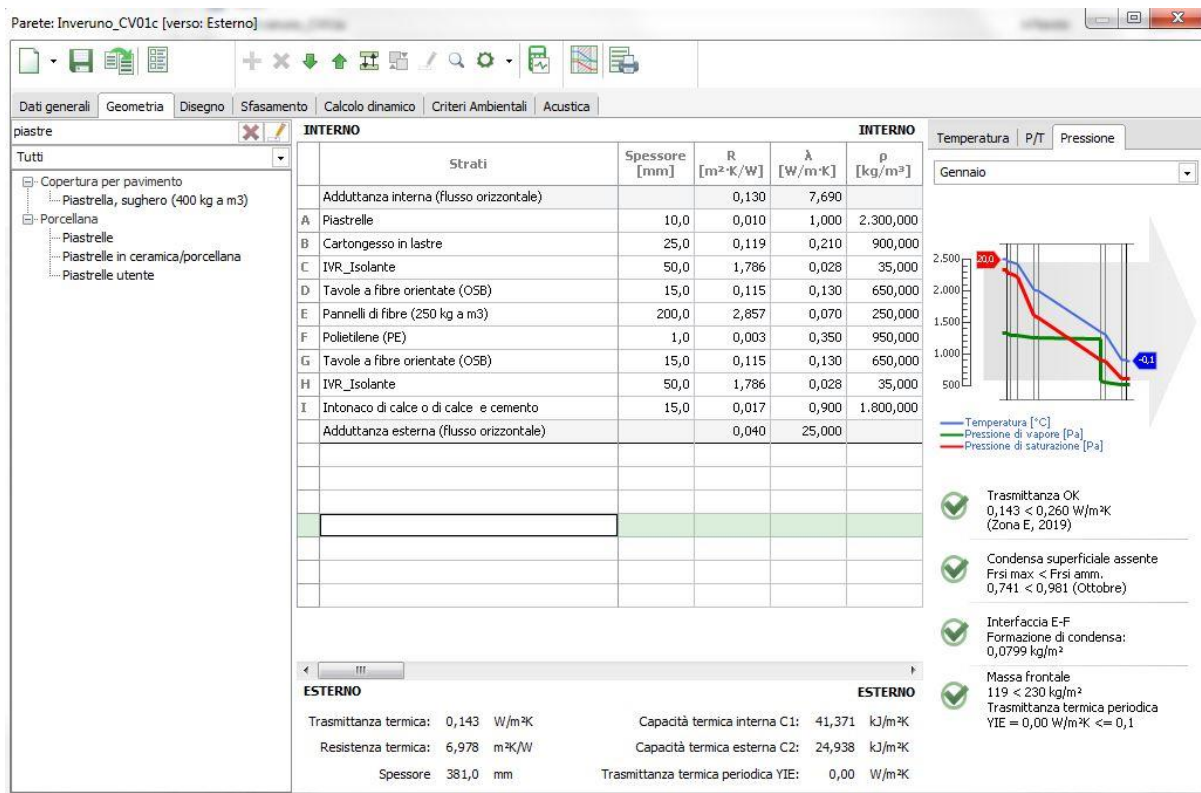


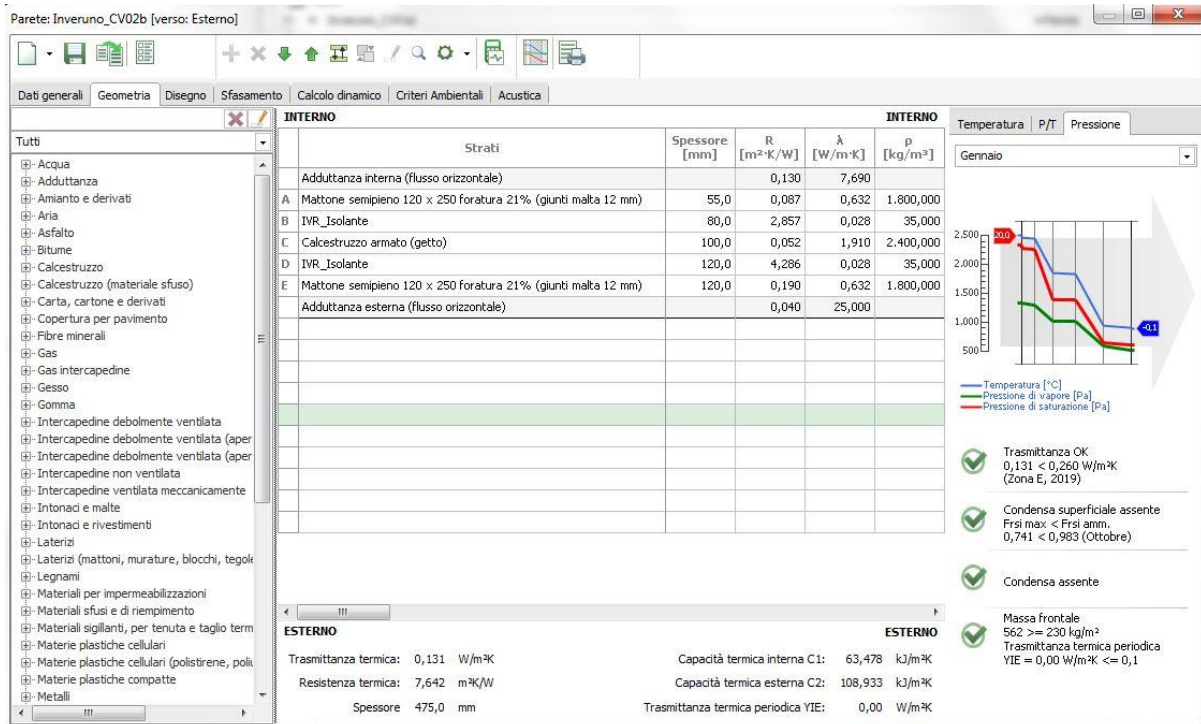
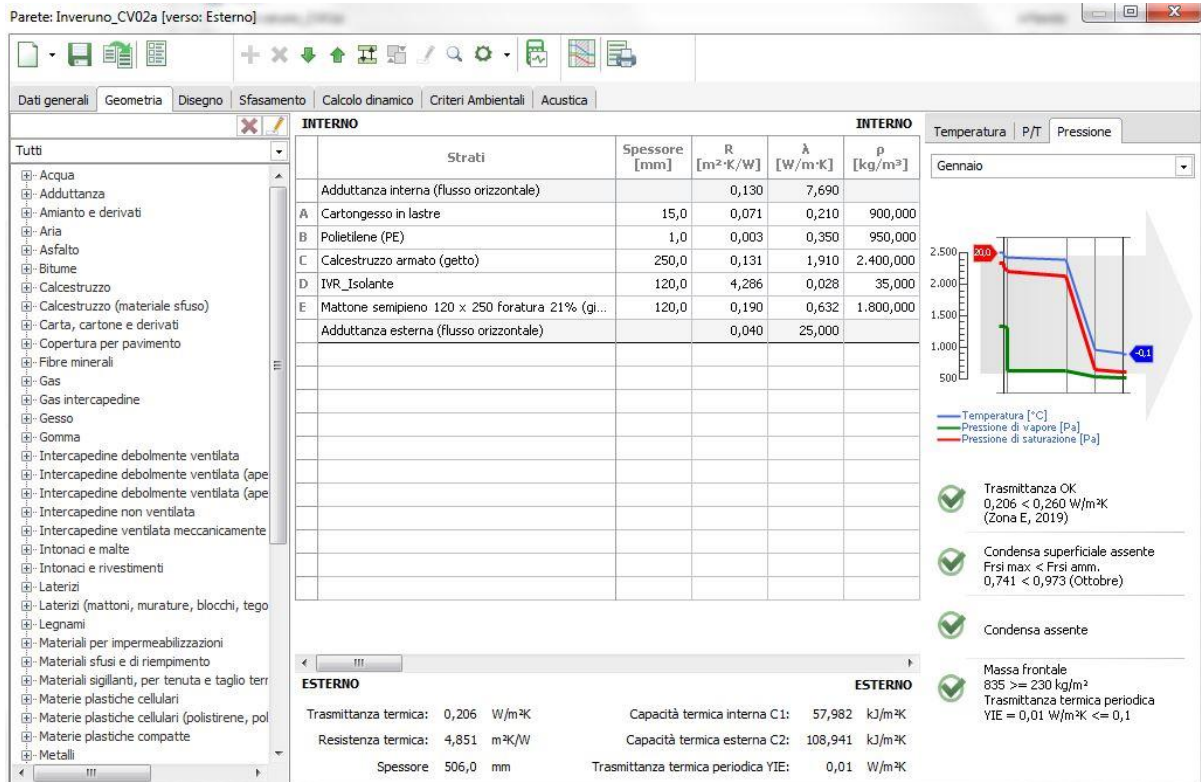


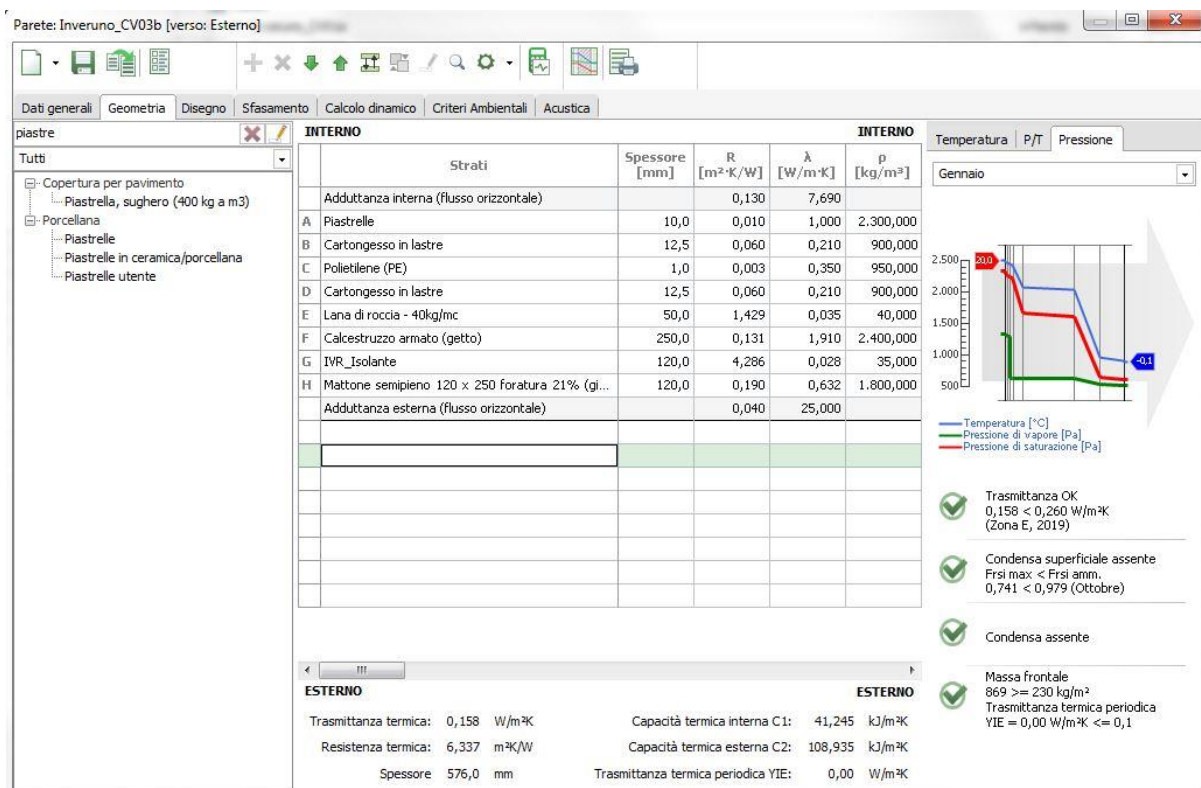
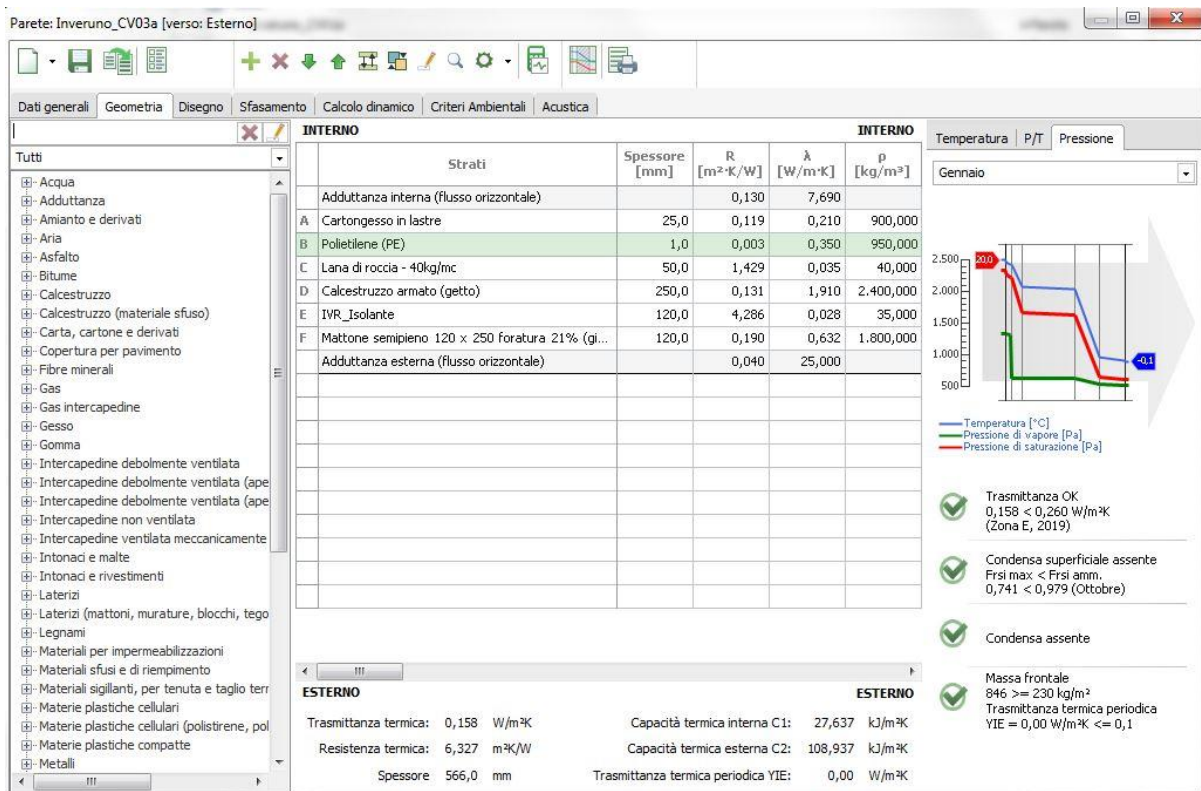


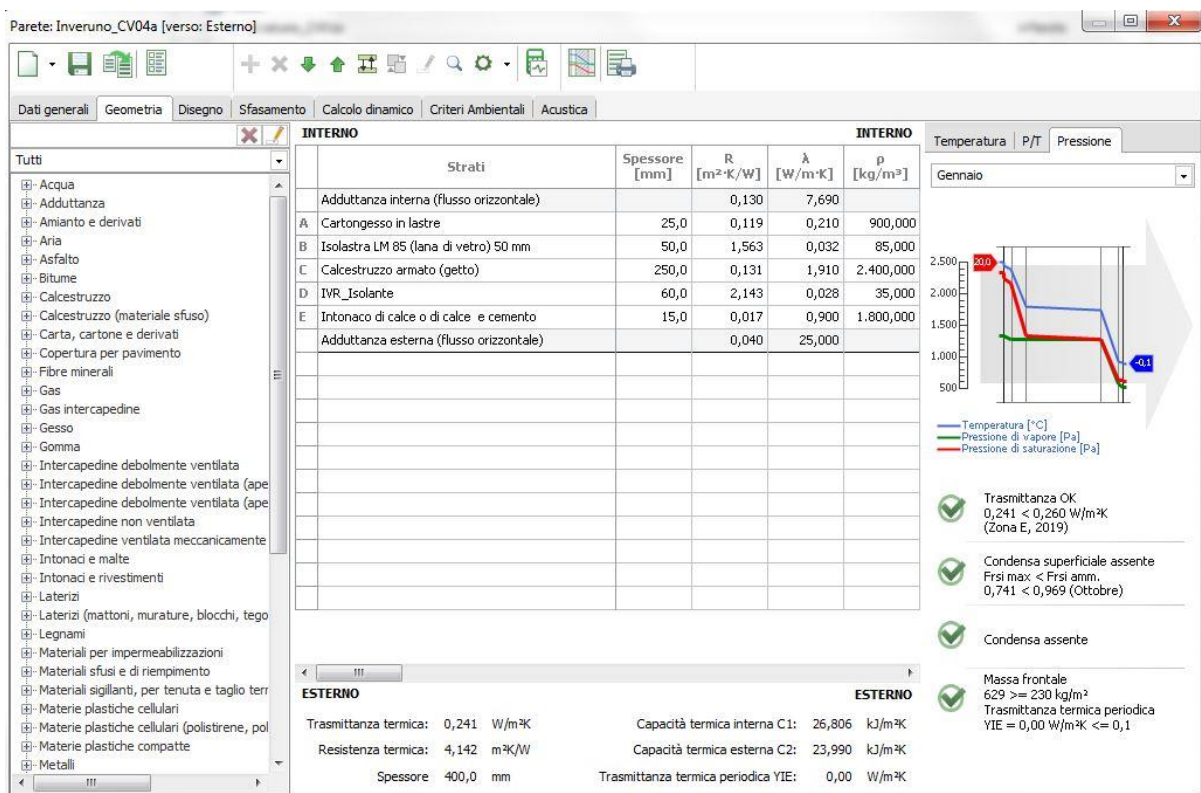
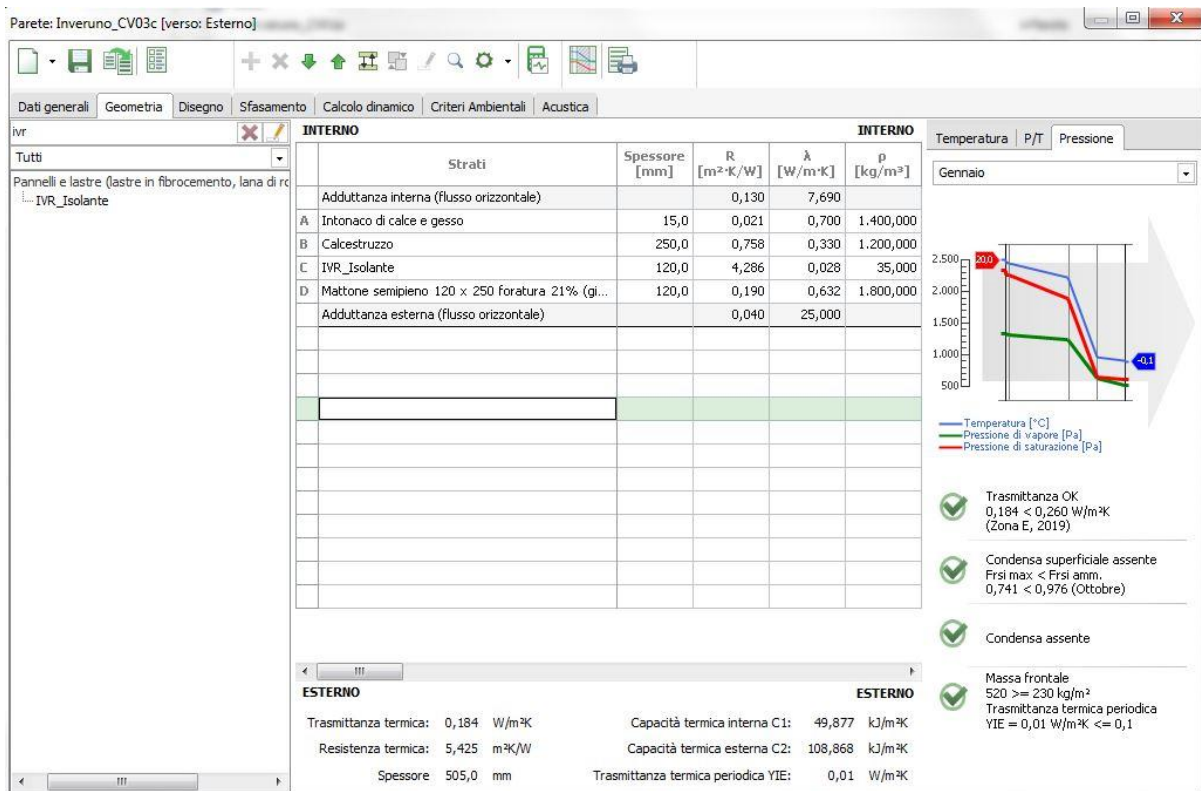


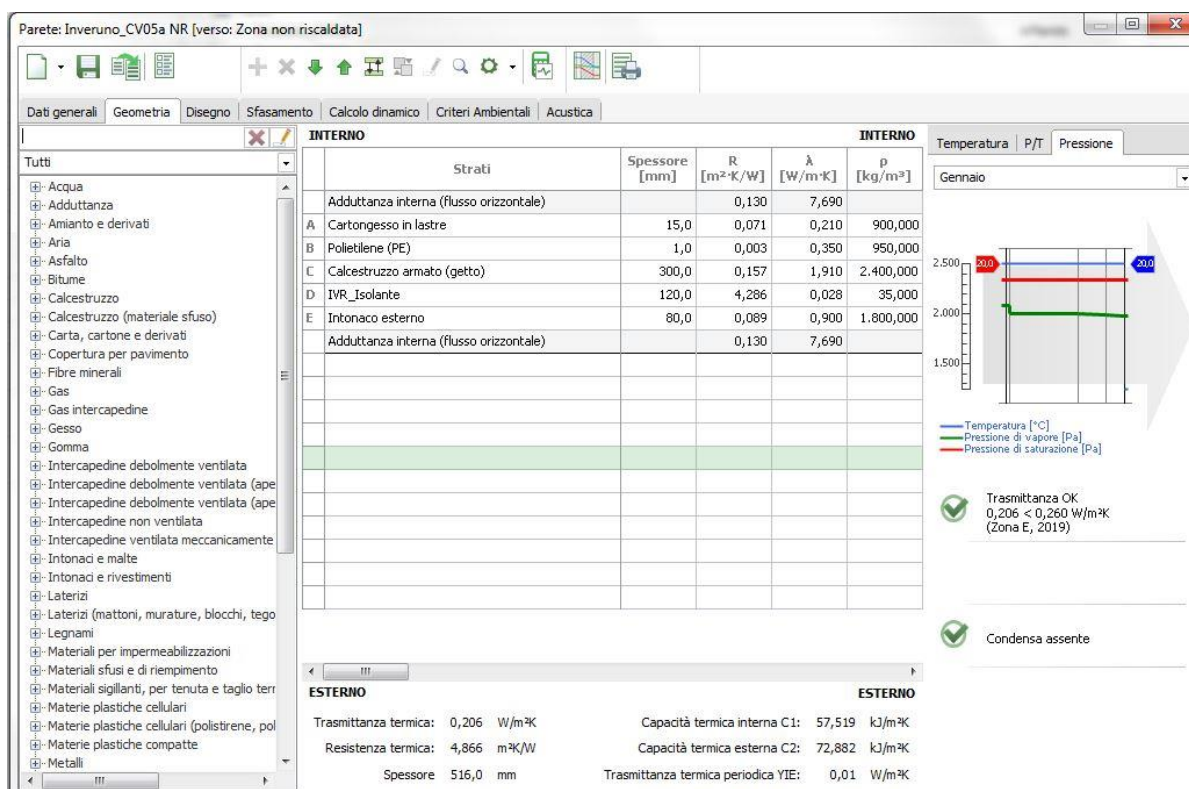
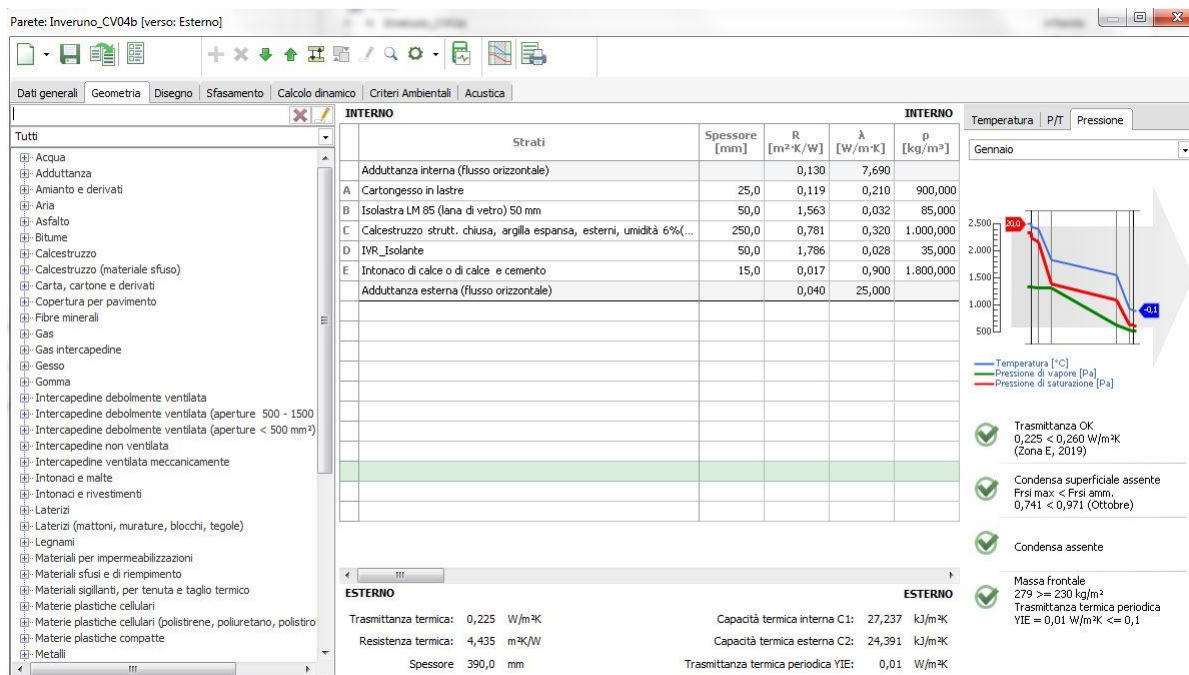


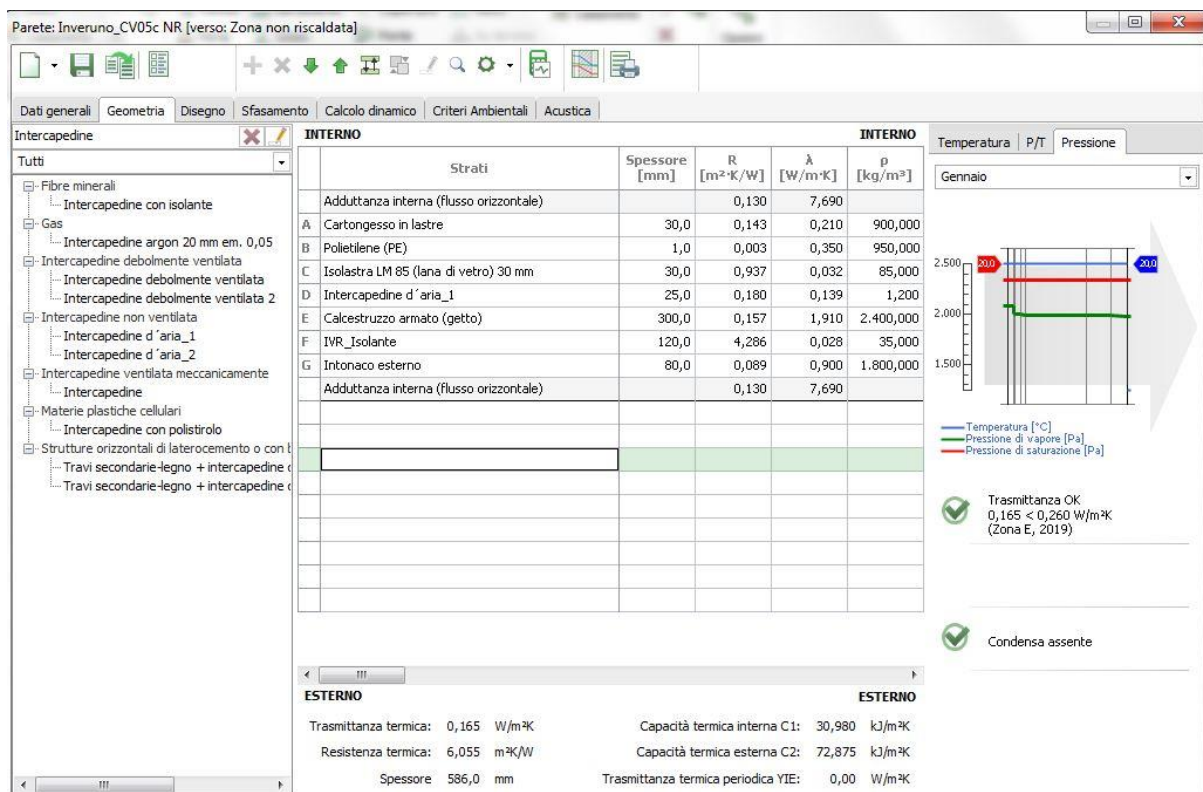
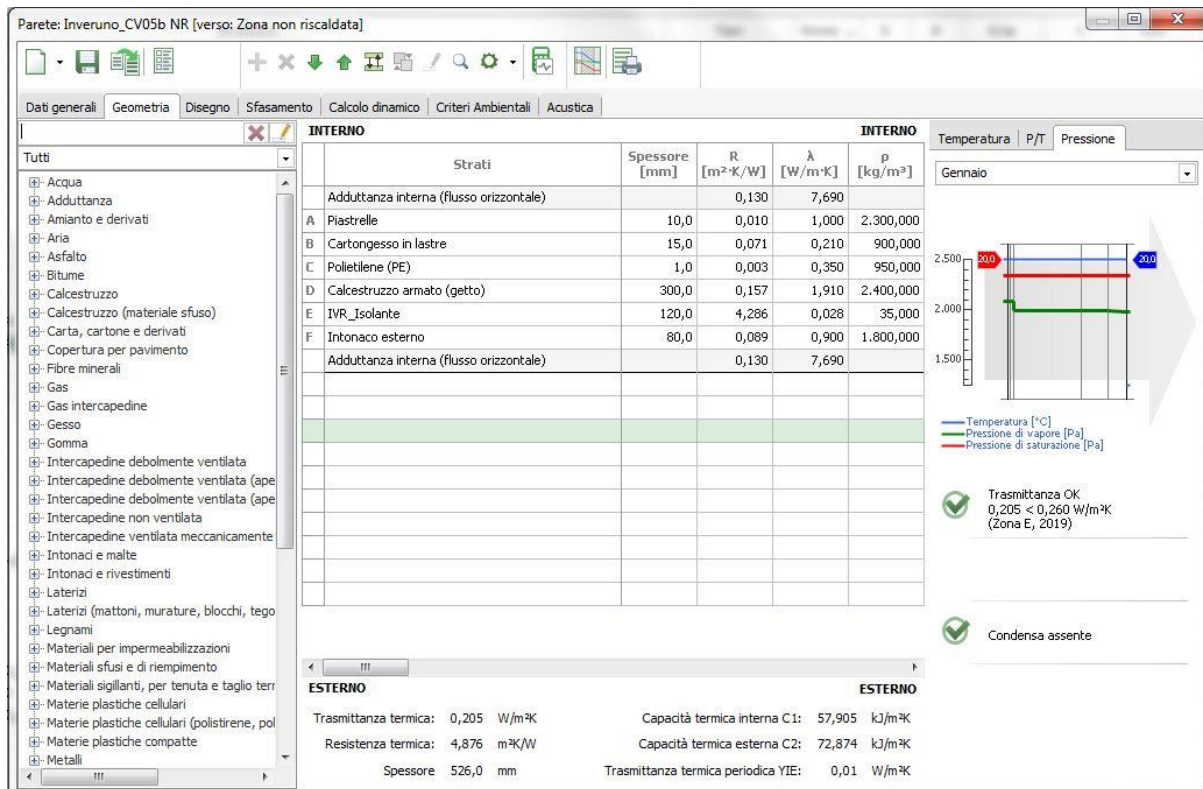


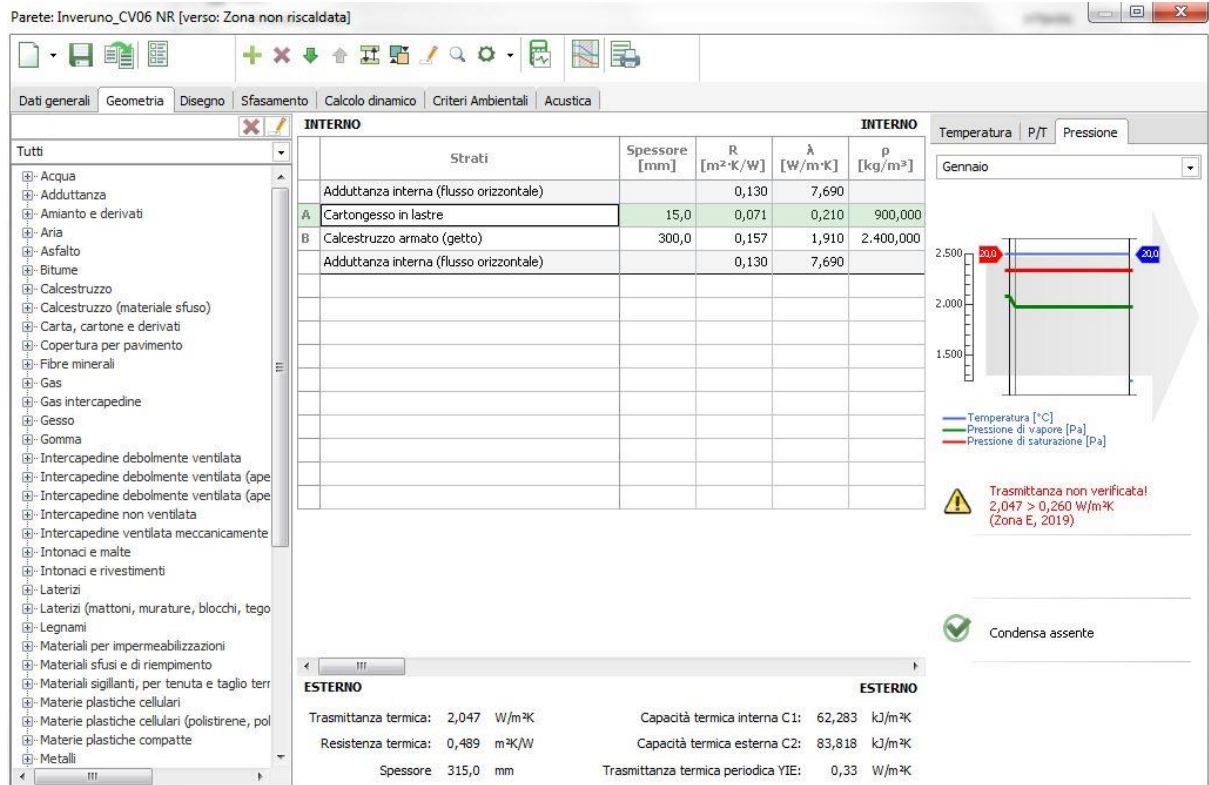












Allegato 2 – Dimensionamento pompe di circolazione

Perdite di carico distribuite	12,7 kPa	12.717,82
-------------------------------	----------	-----------

Tratto tubo		alternative				alternative															
n.	nome	lunghezza m	tubo circolare		tubo rettangolare		portata kg/s	potenza W	ΔT °C	velocità m/s	materiale	scabrezza ε mm	sezione calcolata mm²	perimetro calcolato mm	Ø idraulico mm	Q calcolata kg/s	Reynolds	Moody		P. di carico specifiche Pa/m	Perdite di carico distribuite Pa
			Ø mm	Ø interno mm	larghezza mm	altezza mm												ok			
1	Pozzo - centrale	320	6"				357000	5	0,86	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	19931	500	159,3	17,1	✓135787	0,0	ok		39,7	12.717,8
2			6"					5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	19931	500	159,3	0,0	✗ 0	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
3			1" 1/2					5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	1419	134	42,5	0,0	✗ 0	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
4			1"					5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	611	88	27,9	0,0	✗ 0	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
5			3/4"				0	5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	391	70	22,3	0,0	✗ 0	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
6			1/2"				0	5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	219	52	16,7	0,0	✗ 0	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
7			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
8			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
9			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
10			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
11			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
12			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
13			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
14			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
15			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
16			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
17			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
18			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
19			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
20			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
21			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
22			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
23			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
24			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0
25			altro ->					1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!			#DIV/0!	0,0

Perdite di carico concentrate65,4 kPa

n. nome tratto					descrizione elemento				n. PDC nota				velocità			ξ Caleffi			Z	
									Pa				m/s			Σξ			mm c.a.	
																			Perdite di carico concentrate	
																			Pa	
1	Pozzo - centrale	ingresso scambiatore	1	50000	0,86	1,00	1	37,33	50.366,06	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	0	0	0	0
1	Pozzo - centrale	uscita scambiatore			0,86	0,50	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	0	0	0	0
1	Pozzo - centrale	curva stretta 90°	5		0,86	0,80	4	149,32	1.464,23	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	0	0	0	0
1	Pozzo - centrale	valvola	6		0,86	6,00	36	1343,87	13.178,03	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	0	0	0	0
1	Pozzo - centrale	valvola non ritorno	1		0,86	1,00	1	37,33	366,06	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	0	0	0	0
3	0	valvola	1		0,00	6,00	6	0,00	0,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
4	0	valvola			0,00	6,00	0	0,00	0,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
5	0	valvola			0,00	6,00	0	0,00	0,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D

caratteristiche geometriche per perdite concentrate curve (h=orizzontale; v=verticale)

r/a h	b/a h	r/a v	b/a v	Ø interno [mm]	larghezza [mm]	altezza [mm]
0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0
0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0
0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0
0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0

Pompa P0

Prevalenza	80 kPa
Portata	18 kg/s
Potenza assorbita	1570 W

PdC distribuite

12,7 kPa

PdC concentrate

65,4 kPa

Prevalenza totale

78,1 kPa

Portata

17,05685619 kg/s

Potenza resa al fluido

1332,0 W

Rendimento

85%

Tratto tubo		lunghezza	tubo circolare		alternative tubo rettangolare		alternative			velocità	materiale	scabrezza	sezione calcolata	perimetro calcolato	Ø idraulico	Q calcolata	Reynolds	Moody	P. di carico specifiche	Perdite di carico distribuite	
n.	nome		Ø	Ø interno	larghezza	altezza	portata	potenza	ΔT												
		m	mm	mm	mm	mm	kg/s	W	°C	m/s		ε mm	mm²	mm	mm	kg/s			Pa/m	Pa	
1	Accumulo - collettore	5	6"					317000	5	0,76	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	19931	500	159,3	15,1	✓120573	0,0	ok	32,0	160,2
2	Accumulo collettore	5	6"					317000	5	0,76	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	19931	500	159,3	15,1	✓120573	0,0	ok	32,0	160,2
3	tratto coll-ventilconv	240	1" 1/2					30000	5	1,01	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	1419	134	42,5	1,4	✓42770	0,0	ok	268,9	64.541,9
4			1"						5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	611	88	27,9	0,0	✗ 0	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
5			3/4"					0	5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	391	70	22,3	0,0	✗ 0	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
6			1/2"					0	5	0,00	tubo nuovo in PE, PVC,	0,01	219	52	16,7	0,0	✗ 0	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
7			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
8			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
9			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
10			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
11			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
12			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
13			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
14			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
15			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
16			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
17			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
18			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
19			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
20			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
21			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
22			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
23			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
24			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0
25			altro ->						1	#DIV/0!		#N/D	0	0	#DIV/0!	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!	0,0

Perdite di carico concentrate

31,3 kPa

31268

n.	nome tratto	descrizione elemento	n.	PdC nota	velocità	ξ Caleffi	Σξ	Z	Perdite di carico concentrate											PdC distribuite	64,9 kPa
					m/s	mm c.a.			Pa	caratteristiche geometriche per perdite concentrate curve (h=orizzontale; v=verticale)										PdC concentrate	31,3 kPa
										r/a h	b/a h	r/a v	b/a v	Ø interno [mm]	larghezza [mm]	altezza [mm]	Prevalenza totale	96,1 kPa			
1	Accumulo - collettore	ingresso accumulo	1		0,76	1,00	1	29,43	288,62	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	Portata	15,14572384			
1	Accumulo - collettore	uscita accumulo	1		0,76	0,50	0,5	14,72	144,31	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	Potenza resa al fluido	1456,0			
1	Accumulo - collettore	curva stretta 90°	2		0,76	0,80	1,6	47,09	461,80	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0	Rendimento	85%			
1	Accumulo - collettore	valvola	6		0,76	6,00	36	1059,60	10.390,41	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0					
1	Accumulo - collettore	valvola non ritorno	1		0,76	1,00	1	29,43	288,62	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0					
3	tratto coll-ventilconv	valvola	1	15000	1,01	6,00	6	312,19	18.061,35	0,00	0,00	0,00	150,00	0	0	0					
4	0	ventilcon			0,00	6,00	0	0,00	0,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	Prevalenza	100 kPa			
5	0	valvola			0,00	6,00	0	0,00	0,00	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	Portata	16 kg/s			
																	Potenza assorbita	1720 W			