



**COMUNE DI VALSAMOGGIA**

Città metropolitana di Bologna  
Servizio Affari Generali, Innovazione e Controlli  
segreteria@comune.valsamoggia.bo.it  
051/836403 – 051/836446



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU

**COMUNE DI VALSAMOGGIA**  
*Città Metropolitana di Bologna*

**PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA  
PRESSO LA MUNICIPALITA' DI CASTELLO DI SERRAVALLE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN ASILO NIDO  
CUP B48H22000000006**

*finanziato con Fondi PNRR-Missione 4 "Istruzione e ricerca"-Componente 1-Inv.1.1  
NextGenerationEU*

**PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO**

*La Proprietà :* **COMUNE DI VALSAMOGGIA**  
*Bazzano (BO), Piazza Garibaldi 1*

*Responsabile Unico  
del procedimento :* **Geom. STEFANO CREMONINI**  
*Bazzano (BO), Piazza Garibaldi 1*

*Progetto e Direzione Lavori :* **Ing. ROBERTO BALLANDI**  
*Zola Predosa (BO), via Salgari 10*

*Collaboratori :*

- Sviluppo del Progetto: Ing. Simona Ballandi
- Progetto e assistenza esecutiva Impianti meccanici:  
Per.Ind. Riccardo Cervelier
- Progetto e assistenza esecutiva Impianti elettrici e speciali:  
Ing. Luca Nanni
- Coordinatore per la sicurezza del cantiere:  
Geom. Paolo Guastella
- Progetto strutturale e assistenza esecutiva:  
Ing. Pietro Bassi

---

**RELAZIONE T0 - RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTI MECCANICI  
ED AERAILICI**

---

**APRILE 2023**

## 1) Introduzione

Trattasi di edificio di nuova costruzione da adibire ad uso asilo nido così strutturato:

- Unico piano di superficie utile da climatizzare pari a 243,83 mq;
- Volume utile da climatizzare: 954,79 mc;
- Numero aule per bambini: 2;
- Numero alunni: 28
- Numero totale assistenti e collaboratori: 7;
- Numero 1 servizio igienico per bimbi completo di lavabo a canale da 6 postazioni, n.4 vasi ed un lavabo per Fasciatoio;
- Numero 2 servizi igienici per spogliatoi completi ciascuno di n.1 vaso, n.1 bidet, n.1 lavabo e n.1 doccia;
- Numero 1 servizio igienico per disabili completo di n.1 vaso, n.1 lavabo e n.1 doccetta.
- N.1 lavello da cucina.

Le nuove strutture edilizie che delimiteranno il volume riscaldato saranno realizzate con grado di isolamento termico non inferiore a quanto previsto delle vigenti normative in materia di risparmio energetico ed uso razionale dell'energia e nel rispetto dei criteri di progettazione DNSH "Regime 2" e del D.M. 11 Ottobre 2017 "Criteri Minimi Ambientali" e ss.mm.ii..

## 2) Normative di riferimento

L'ampliamento sarà progettato nel rispetto delle normative vigenti in materia di contenimento dei consumi energetici, in particolare:

- NORMA UNI 378: "Sistemi di refrigerazione e pompe di calore - requisiti di sicurezza e ambientali - parte 2: progettazione, costruzione, prova, marcatura e documentazione";
- LEGGE 9 GENNAIO 1991, N.10: Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;
- D.P.R. 26/08/1993 N° 412: Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della l. 9 gennaio 1991, n. 10.
- DECRETO LEGISLATIVO 19 AGOSTO 2005, N. 192: Attuazione della direttiva 2002/91/ce relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- UNI EN ISO 13790:2008: Prestazione energetica degli edifici - calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento;
- UNI/TS 11300-1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI/TS 11300-2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- DECRETO INTERMINISTERIALE 26 GIUGNO 2015: Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici;
- UNI 10339:1995 Impianti aeraulici a fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;

- UNI EN 12237:2004 Ventilazione degli edifici - reti delle condotte - resistenza e tenuta delle condotte circolari di lamiera metallica;
- UNI EN 1507:2008 Ventilazione degli edifici - condotte rettangolari di lamiera metallica - requisiti di resistenza e di tenuta;
- D.M. 18 DICEMBRE 1975: Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica;
- UNI EN 16798-1: Prestazione energetica degli edifici - ventilazione per gli edifici - parte 1: parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - modulo M1-6.
- UNI EN 1264:2021: Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture;
- UNI EN 15232-1:2017: Prestazione energetica degli edifici - parte 1: impatto dell'automazione, del controllo e della gestione tecnica degli edifici - moduli M10-4,5,6,7,8,9,10;
- UNI EN ISO 6946:2008: Componenti ed elementi per edilizia - resistenza termica e trasmittanza termica;
- UNI EN ISO 10077: Trasmittanza termica dei componenti finestrati;
- UNI 10349: 2016 – Parte 1. Dati climatici;
- UNI EN ISO 14683:2008: Ponti termici in edilizia – coefficiente di trasmissione lineica;
- UNI 9182/2014: "Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda – Progettazione, installazione e collaudo".
- UNI EN 806/08: "Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 3: Dimensionamento delle tubazioni – Metodo semplificato"
- DECRETO LEGISLATIVO 3 MARZO 2011, N. 28: Attuazione della direttiva 2009/28/ce sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
- UNI EN ISO 7730:2006: Ergonomia degli ambienti termici - determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale;
- D.M. 11 Ottobre 2017 "Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento dei servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici" e ss.mm.ii.;
- UNI 10355:1994: Murature e solai valori della resistenza termica e metodo di calcolo;
- UNI-TS 11300 – parte 4. Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

### **3) Descrizione generale degli impianti meccanici ed aeraulici**

La soluzione impiantistica individuata prevede la realizzazione di un impianto per i servizi di riscaldamento invernale, produzione di acqua calda sanitaria e rinnovo dell'aria con recupero energetico, in linea con le più efficienti soluzioni tecnologiche presenti attualmente sul mercato in grado di conferire al fabbricato il massimo comfort climatico, elevate efficienze dei sistemi di generazione e distribuzione dei fluidi termovettori, integrare i sistemi di emissione direttamente nelle strutture del fabbricato e rendere l'aria salubre.

3.1) Sistema di generazione per il servizio di riscaldamento invernale:

I fluidi tecnici di riscaldamento invernale vengono prodotti da un sistema di generazione del tipo in pompa di calore monoblocco a 2 tubi ad alta efficienza funzionante totalmente ad energia elettrica da porre all'esterno del fabbricato. Tale macchina scambia energia con l'aria esterna per produrre direttamente acqua calda da inviare all'impianto, attraverso il circuito frigorifero interno funzionante a gas refrigerante ecologico R410A.

La pompa di calore prevista è costruita con tecnologia E.V.I ad "iniezione di gas caldo" ovvero, nei momenti in cui la pompa di calore si porta (inevitabilmente) in modalità "sbrinamento" invernale, viene destinata parte del gas frigorifero caldo al riscaldamento della batteria, mentre il restante gas continua ad essere disponibile all'impianto che continua a svolgere la sua normale funzione di riscaldamento e produzione.

L'efficienza invernale nominale del sistema in pompa di calore individuato (denominato COP) è superiore ai valori minimi imposti dalle vigenti normative.

Secondariamente la pompa di calore svolge anche il servizio di post-riscaldamento del sistema di rinnovo aria meccanico al fine di immettere aria primaria in ambiente a condizioni neutre.

Per la verifica del corretto dimensionamento del generatore si rimanda al capitolo 4.1) della presente relazione.

Per le caratteristiche tecnico prestazionali della pompa di calore scelta si rimanda invece all'art. 43 del capitolato speciale d'appalto.

3.2) Sistema di produzione di acqua calda sanitaria:

La produzione dell'acqua calda sanitaria viene realizzata da bollitore in pompa di calore monoblocco da lt 200 a basamento, posto all'interno del locale tecnico.

L'apparecchio è a funzionamento totalmente elettrico completo di circuito frigorifero interno ad alta efficienza e condotti di espulsione e presa aria esterna comunicanti con l'ambiente esterno.

Il bollitore è indipendente dalla pompa di calore aria/acqua di cui al punto precedente, garantendo la continuità del servizio di produzione dell'acqua calda sanitaria.

All'interno dell'apparecchio sono previste resistenze elettriche di backup per permettere all'utente di ridurre i tempi di ricarica del bollitore ovvero di effettuare cicli di innalzamento termico programmato anti-legionella.

L'efficienza invernale nominale del sistema in pompa di calore individuato (denominato COP) è superiore ai valori minimi imposti dalle vigenti normative.

Per la verifica del corretto dimensionamento del generatore si rimanda al capitolo 4.3) della presente relazione.

Per le caratteristiche tecnico prestazionali della pompa di calore scelta si rimanda invece all'art. 43 del capitolato speciale d'appalto.

3.3) Locale tecnico

Il locale tecnico è ricavato all'interno della volumetria del fabbricato realizzato con dimensioni tali da poter contenere i componenti di completamento del sistema di generazione, collegati a valle della pompa di calore, compresi gli spazi tecnici di manutenzione necessari. Il locale conterrà dunque:

- Serbatoio di accumulo acqua di riscaldamento di capacità lt 300;
- Bollitore in pompa di calore di capacità 200 lt;
- Recuperatore energetico per rinnovo aria meccanico con installazione orizzontale, in vista a soffitto;
- Circolatori, valvole d'intercettazione, sistemi di filtrazione, miscelatori termostatici, sistemi di contabilizzazione dell'energia termica e dei consumi dell'acqua sanitaria, regolatori elettronici per termoregolazione, tubazioni complete di idonee coibentazioni e finiture esterne, e tutto quanto individuabile nelle tavole di progetto allegate.



3.4) Sistema di distribuzione ed emissione:

Si realizza sistema radiante a pavimento di tipo tradizionale ad umido, annegato nel massetto della pavimentazione, con effetto ad irraggiamento ad alta inerzia termica. Il sistema si compone essenzialmente di:

- Tubazioni di alimentazione dorsali realizzate in multistrato complete di coibentazione, con posa sottotraccia a pavimento;
- Collettori premontati di distribuzione delle serpentine radianti in ottone cromato, completi ciascuno di flussometri, detentori incorporati per bilanciamento circuiti, collettore di mandata, collettore di ritorno, valvole di intercettazione predisposte per comando elettrotermico, raccordo intermedio in ottone cromato completo di valvola automatica di sfogo aria, termometro e rubinetto carico/scarico, (sia su collettore di mandata che su collettore di ritorno), staffe di fissaggio.
- Pannello isolante bugnato in polistirene di spessore totale 6.2 cm, del tipo espanso sinterizzato (EPS), presagomato, esente da CFC, ricoperto con film rigido termoformato in polistirene estruso alta densità (HIPS) da 0,6 mm di spessore con funzione di barriera vapore secondo DIN 18560; densità 25 Kg/mc, conduttività calore: 0,034 W/mK.
- Serpentine realizzate con tubo PE-Xa Ø17x2 mm in polietilene reticolato ad alta densità; reticolato ai perossidi, conforme alla norma DIN 16892/93; con barriera antiossigeno, in EVOH, conforme alla norma DIN 4726/4729. La barriera antiossigeno è costituita da una pellicola superficiale. Conduttività termica: 0,40 W/mK.
- Accessori a completamento quali attuatori elettrotermici del tipo a 4 fili (con micro di fine corsa) con otturatori di precisione ad alta affidabilità e durata nel tempo, da installare su tutte le partenze dei diversi collettori, curve, guaine, banda perimetrale, giunti di dilatazione, valvole d'intercettazione per collettori, cavallotti, adattatori, additivo per massetto, fibre di rinforzo e rete metallica.

Per la verifica del corretto dimensionamento del sistema radiante si rimanda al capitolo 4.2) della presente relazione.

Per le caratteristiche tecnico prestazionali di dettaglio del sistema radiante si rimanda invece all'art. 43 del capitolato speciale d'appalto.

3.5) Impianto di rinnovo aria meccanico con recupero energetico

E' prevista la realizzazione di sistema di rinnovo aria meccanico con unità di ventilazione ad alto recupero energetico, abbinate a specifica rete aeraulica con canalizzazioni prevalentemente in lamiera zincata circolari e bocchette/griglie di ripresa installate direttamente sui condotti.

La scelta delle macchine ventilanti è stata effettuata in funzione del corretto tasso di rinnovo aria ambiente da realizzare in ogni locale e parallelamente per verificare i limiti massimi di immissione del rumore attraverso le canalizzazioni dell'aria, in linea con i requisiti acustici previsti per l'edificio.

Ogni recuperatore è equipaggiato di pannello di comando remoto, interfaccia di comunicazione bus, sonde aria interne sui diversi flussi, sistema di post-riscaldamento ad acqua.

Si utilizzano canalizzazioni in pannelli sandwich coibentati per la realizzazione dei tratti di espulsione e presa aria esterna di ogni singola macchina.

Per la verifica del corretto dimensionamento del sistema di rinnovo si rimanda al capitolo 4.6) della presente relazione.

Per le caratteristiche tecnico prestazionali di dettaglio dei recuperatori e della rete aeraulica si rimanda invece all'art. 43 del capitolato speciale d'appalto.

3.6) Impianto igienico sanitario e rete di scarico e ventilazione

La rete idrica viene realizzata con tubi in multistrato adatti per l'adduzione di acqua calda e fredda sanitaria, completi di idonea coibentazione, con posa sottotraccia a pavimento/parete. Al fine di evitare il più possibile la posa di giunti sottotraccia a pavimento si utilizzano collettori di distribuzione installati entro apposita cassetta da incasso, per l'alimentazione ed intercettazione dei singoli apparecchi sanitari. Tutta la distribuzione a valle dei collettori viene realizzata con tubazioni in multistrato in rotolo precoibentate.

Il sistema si completa di idonea rete di ricircolo sanitario al fine di minimizzare i tempi di attesa per l'erogazione dell'acqua calda.

Tutti i sanitari e le rubinetterie sono del tipo con flusso di erogazione ridotto.

Le cassette dei vasi igienici sono del tipo con placca doppio tasto per regolazione cacciata 3-6 lt.

Particolare attenzione è stata prevista per la scelta delle rubinetterie di lavabi e docce, del tipo temporizzato ed a controllo di flusso (6 lt/min per i lavabi, 8 lt/min per le docce), in linea con i criteri DNSH.

La rete di scarico e ventilazione viene realizzata con tubazioni in polietilene con distribuzione a pavimento, collegate alle colonne verticali inserite nelle murature o in appositi cavedi tecnici. Le colonne di scarico sono del tipo fonoassorbenti a 3 strati che riducono la trasmissione acustica. Ogni colonna è dotata di canna di esalazione sfociante oltre il coperto dell'edificio.

Per la verifica del corretto dimensionamento dell'impianto idrico e di scarico/ventilazione si rimanda ai capitoli 4.4) e 4.5) della presente relazione.

Per le caratteristiche tecnico prestazionali di dettaglio dei componenti delle reti e la tipologia di sanitari e rubinetterie si rimanda invece all'art. 43 del capitolato speciale d'appalto.

#### **4) Dimensionamento degli impianti**

##### **4.1) Impianto di riscaldamento invernale**

a) Condizioni climatiche esterne:

- temperatura esterna invernale: -5°C
- umidità relativa esterna invernale: 76.03%

b) Condizioni climatiche interne:

- temperatura di tutti gli ambienti nel periodo diurno: +20°C
- umidità relativa interna: 50%

c) Trasmittanze strutture:

- Pavimento su terreno: 0.241 W/mqK
- Muri perimetrali: 0.195 W/mqK
- Tetto in falda: 0.218 W/mqK
- Controsoffitto: 0.214 W/mqK
- Parete di confine su locale tecnico B: 0.20 W/mqK
- Vetri basso emissivi comprensivo di telaio in pvc: 1.25 W/mqK (valore medio)

Nota: per la trattazione termoigrometrica esaustiva delle strutture si fa riferimento alla relazione T1 di Legge 10/91.

d) Ricambio aria forzato con sistemi di ventilazione meccanica controllata a recupero statico a flussi incrociati: per il calcolo delle portate di progetto si rimanda al capitolo 4.6) della presente relazione.

e) Ricambio aria naturale medio considerato 0.1 Vol/h.

## RISULTATI DI CALCOLO:

Vano	Sup.	Vol.	Dispersioni e ponti termici	Ventilazione naturale	Immissione aria primaria con VMC a recupero energetico*	Carichi totali invernali
//	m2	m3	W	W	mc/h-W	W
1) Attività libere/ordinate	98,39	411,87	1988	1275	1004-1707	4970
2) Riposo	67,19	276,57	1768	235	925-1573	3576
3) Ingresso + filtro	24,03	64,88	497	275	110-187	959
4) Wc disabili	3,28	11,66	130	10	//	140
5) Spogliatoio	8,00	32,43	242	27	75-128	397
6) Wc spogliatoio	1,40	5,30	22	5	//	27
7) Disimpegno	2,72	11,09	41	10	//	51
8) Bagno bimbi	11,33	44,49	312	39	//	351
9) Lavanderia	2,47	10,02	58	43	//	101
10) Spogliatoio	7,77	31,59	230	27	75-128	385
11) Wc spogliatoio	1,40	5,91	91	7	//	98
12) Cucinetta	10,16	27,43	181	234	//	415
13) Ripostiglio	2,55	9,70	64	9	//	73
14) Dispensa	3,14	11,85	158	11	//	169
TOTALE	243,83	954,79	5782	2207	2189-3723	11712

\* efficienza recuperatori energetici 82% alle condizioni di progetto. Essendo le macchine VMC provviste di batteria di post-riscaldamento non rappresentano un carico termico da compensare con l'impianto radiante a pavimento.

Il generatore in pompa di calore, con resistenza elettrica integrativa di kW 3, verifica la copertura del 100% dei fabbisogni di potenza termica sopra riportati, alle condizioni invernali di progetto ed alle temperature dei fluidi termovettore considerate. Di seguito si riporta il report tecnico di dimensionamento del generatore scelto:

**Modello: LZTi16****Opzione: BRCA-DCCF-DSSE-E1NT-F410-INSE-KAVG-PACK-PCRL-RAES-SOND-VTEE****RISCALDAMENTO**

Dati di prestazione		
Potenza termica	kW	11.3
Potenza assorbita totale	kW	3.29
Potenza ass. compressori	kW	3.18
Corrente assorbita	A	6.00
Fattore di potenza	-	0.90
COP	W/W	3.43
SCOP BT <sup>(B2)</sup> /MT <sup>(B3)</sup>	W/W	4.27/3.61
$\eta_{s,h}$ BT <sup>(B2)</sup> /MT <sup>(B3)</sup>	%	168/142
Sorgente		
Altitudine	m	0.0
Aria esterna bulbo secco	°C	-5.0
Aria esterna umidità relativa	%	75.0
Portata aria	m³/h	6256
Potenza assorbita ventilatori	kW	0.11
Corrente ventilatori	A	0.315
Prevalenza utile ventilatori	Pa	0

Utenza		
Tipo di fluido		Acqua
Fat. sporcamento	m²K/kW	0.000
Temperatura fluido in/out	°C	30.0/35.0
Portata fluido	m³/h	1.961
Perdite di carico circuito	kPa	11.4
Dati sonori		
Potenza sonora calcolata	dB(A)	75
Pressione sonora <sup>(D0)</sup> [10.0 m]	dB(A)	43

## DATI DI DIMENSIONAMENTO

DATI GENERALI		
Tipo compressore		Scroll
Numero compressori		1
Circuiti frigoriferi		1
Gradini di parzialeizzazione		Inverter
Minimo gradino di parzialeizzazione	%	45.6
Tipo refrigerante		R410A
GWP		2088.0
Carica refrigerante totale	kg	4.30
Carica equivalente CO2	kg	8978

DIMENSIONI		
Lunghezza	mm	650
Larghezza	mm	1600
Altezza	mm	1450
Peso di trasporto	kg	270
Peso in funzionamento	kg	0.00

VENTILATORI		
Tipo ventilatore		Assiale
Motore ventilatore		EC
Numero ventilatori		1
Potenza massima assorbita	kW	1.00
Corrente massima assorbita	A	1.80

DATI ELETTRICI		
Tensione di alim. nom.	Ph/V/Hz	3/400/50
Tensione di alim. max	V	430
Tensione di alim. min	V	380
Potenza massima assorbita	kW	9.11
Corrente massima assorbita	A	15.9
Corrente di spunto massima	A	22.9
Pot. elet. assorbita in stand-by	kW	0.0200
Fattore di potenza		0.88

(A0) I dati tecnici riportati non sono vincolanti. L'Adenda si riserva il diritto di apportare in qualunque momento le modifiche necessarie per il miglioramento del prodotto.

(A2) Secondo lo standard Londo

(B2) Calcolato in accordo al regolamento (UE) 2013/813 della Commissione: Temperatura/Aria esterna/Bassa temperatura/Uscita variabile/Portata utenza costante/-

(B3) Calcolato in accordo al regolamento (UE) 2013/813 della Commissione: Temperatura/Aria esterna/Media temperatura/Uscita variabile/Portata utenza costante/-

(C0) La pressione sonora è calcolata secondo il seguente modello di propagazione del suono Emisferica sorgente ISO EN 3746

La portata d'acqua attraverso lo scambiatori dell'unità non deve scendere al di sotto di un valore tale da provocare un  $\Delta T$  di 8°C misurato alle condizioni seguenti:

Si riportano di seguito le caratteristiche prestazionali alle condizioni "nominali" di funzionamento per la verifica del valore COP della macchina rispetto ai minimi previsti di legge:

Dati di prestazione		
Potenza termica	kW	14.7
Potenza assorbita totale	kW	3.35
Potenza ass. compressori	kW	3.27
Corrente assorbita	A	6.09
Fattore di potenza	-	0.91
<b>COP</b>	W/W	<b>4.39</b>
SCOP BT <sup>(B2)</sup> /MT <sup>(B3)</sup>	W/W	4.27/3.61
$\eta_{s,h}$ BT <sup>(B2)</sup> /MT <sup>(B3)</sup>	%	168/142
Sorgente		
Altitudine	m	0.0
Aria esterna bulbo secco	°C	7.0
Aria esterna umidità relativa	%	75.0
Portata aria	m³/h	5710
Potenza assorbita ventilatori	kW	0.0844
Corrente ventilatori	A	0.253
Prevalenza utile ventilatori	Pa	0

Utenza		
Tipo di fluido		Acqua
Fat. sporcamento	m²K/kW	0.000
Temperatura fluido in/out	°C	30.0/35.0
Portata fluido	m³/h	2.550
Perdite di carico circuito	kPa	18.3
Dati sonori		
Potenza sonora calcolata	dB(A)	75
Pressione sonora <sup>(C0)</sup> [10.0 m]	dB(A)	43

Il valore di COP restituito dalla pompa di calore di 4.39 è ampiamente maggiore rispetto al limite minimi previsto dal D.M. "Requisiti minimi" di 3.8.

**4.2) Impianto di distribuzione ed emissione riscaldamento invernale:**

Il sistema radiante a pavimento verifica i fabbisogni termici dell'edificio alle condizioni di funzionamento di progetto ovvero con temperatura esterna -5°C e temperatura acqua di mandata +35°C, temperatura acqua di ritorno 30°C. Di seguito si riportano i principali risultati di calcolo:

Vano	Sup.	Passo serpentine	Carichi termici per dispersioni, ponti termici e ventilazione naturale	Resa termica nominale impianto radiante
//	m2	cm	W	W
1) Attività libere/ordinate	98,39	15	3263	4800
2) Riposo	67,19	15	2003	3370
3) Ingresso + filtro	24,03	15/10	772	1188
4) Wc disabili	3,28	10	140	198
5) Spogliatoio	8,00	10	269	485
6) Wc spogliatoio	1,40	10	27	85
7) Disimpegno	2,72	Passaggio adduzioni	//	//
8) Bagno bimbi	11,33	10	351	964
9) Lavanderia	2,47	10	101	154
10) Spogliatoio	7,77	10	257	465
11) Wc spogliatoio	1,40	10	98	105
12) Cucinetta	10,16	15	415	485
13) Ripostiglio	2,55	15	73	130
14) Dispensa	3,14	15	169	180

I risultati sopra riportati verificano positivamente la copertura dei fabbisogni di potenza termica richiesti stanza per stanza.

Il dimensionamento è stato eseguito secondo i seguenti criteri:

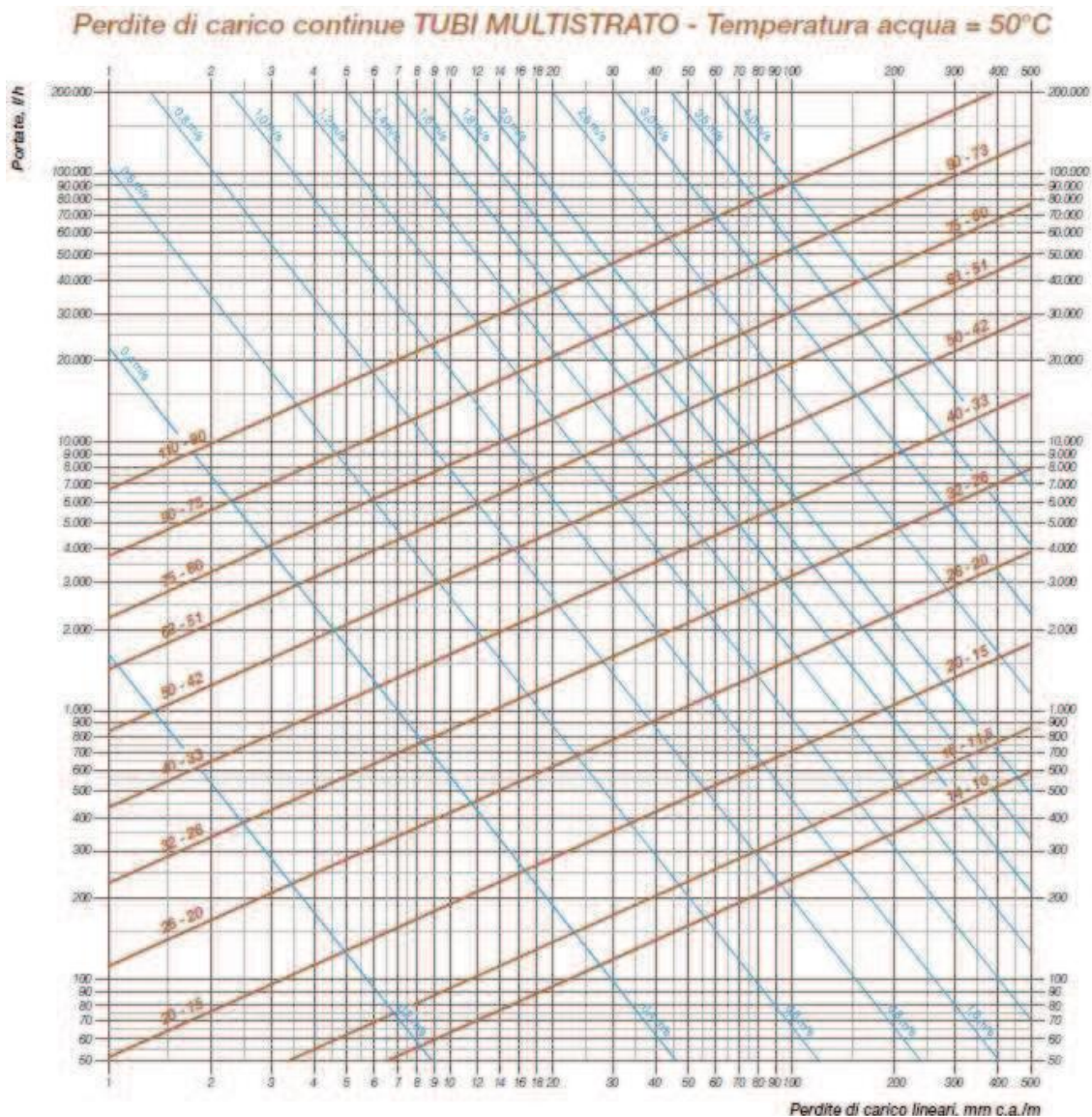
- Passo delle serpentine generalmente non superiore a 15 cm per garantire uniformità di emissione sulle superfici scambianti;
- Passo 10 cm per i locali bagno e spogliatoi al fine di garantire una maggiore resa termica assicurando il comfort in ogni condizione di utilizzo.

Il sistema di distribuzione e circolazione dell'acqua di riscaldamento relativo all'impianto radiante è costituito da specifica rete idraulica realizzata in multistrato coibentato, collettori di distribuzione e serpentine in polietilene reticolato.

Il diametro delle tubazioni della rete di distribuzione principale è stato progettato per il contenimento delle perdite di carico lineari nell'intorno dei 25 mm c.a. e velocità del fluido inferiore a 1 m/s. Le perdite accidentali sono state valutate a percentuale.

Di seguito si riportano le caratteristiche idrauliche delle tubazioni in multistrato dorsali:





Il diametro delle tubazioni della serpentine annegate sotto la pavimentazione dell'edificio è stato progettato per il contenimento delle perdite di carico lineari nell'intorno dei 15 mm c.a. con velocità del fluido ampiamente inferiore a 1 m/s. Il diametro interno considerato è 13 mm.

Di seguito si riportano le caratteristiche idrauliche delle serpentine:

### Perdite di carico continue TUBI IN PEX - Temperatura acqua = 50°C

r = perdite di carico continue, mm c.a./m														G = portata, l/h				v = velocità, m/s			
r	De	12	16	18	20-22	28	32	40	50	63	75	90	110	De	r						
	Di	8	10	13	16	20	26	32,6	40,8	51,4	61,2	73,6	90	Di							
2	G	14	25	52	61	166	339	626	1.150	2.153	3.458	5.705	9.849	G	2						
	v	0,08	0,09	0,11	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,29	0,33	0,37	0,43	v							
4	G	21	38	77	89	247	503	930	1.709	3.198	5.138	8.478	14.636	G	4						
	v	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,36	0,42	0,49	0,55	0,64	v							
6	G	25	47	97	110	311	634	1.172	2.155	4.034	6.478	10.688	18.452	G	6						
	v	0,14	0,17	0,20	0,23	0,28	0,33	0,39	0,46	0,54	0,61	0,70	0,81	v							
8	G	30	56	114	130	367	748	1.382	2.540	4.754	7.635	12.598	21.748	G	8						
	v	0,17	0,20	0,24	0,28	0,32	0,39	0,46	0,54	0,64	0,72	0,82	0,94	v							
10	G	35	63	129	147	417	849	1.558	2.886	5.401	8.873	14.311	24.706	G	10						
	v	0,19	0,22	0,27	0,31	0,37	0,44	0,52	0,61	0,72	0,82	0,93	1,08	v							
12	G	38	70	144	162	462	943	1.742	3.202	5.994	9.626	15.882	27.419	G	12						
	v	0,21	0,25	0,30	0,35	0,41	0,49	0,58	0,68	0,80	0,91	1,04	1,20	v							
14	G	42	77	157	176	505	1.029	1.902	3.457	6.546	10.812	17.345	29.944	G	14						
	v	0,23	0,27	0,33	0,38	0,45	0,54	0,63	0,74	0,86	0,99	1,13	1,31	v							
16	G	45	83	169	189	545	1.111	2.053	3.775	7.065	11.346	18.723	32.318	G	16						
	v	0,25	0,29	0,35	0,41	0,48	0,58	0,68	0,80	0,95	1,07	1,22	1,41	v							
18	G	48	89	181	201	583	1.188	2.196	4.037	7.567	12.136	20.024	34.568	G	18						
	v	0,27	0,31	0,38	0,44	0,52	0,62	0,73	0,85	1,01	1,15	1,31	1,51	v							
20	G	51	94	192	212	619	1.262	2.332	4.288	8.026	12.889	21.266	36.713	G	20						
	v	0,28	0,33	0,40	0,47	0,55	0,65	0,77	0,90	1,07	1,22	1,39	1,60	v							
22	G	54	100	203	223	654	1.333	2.463	4.528	8.415	13.610	22.457	38.768	G	22						
	v	0,30	0,35	0,42	0,49	0,58	0,68	0,80	0,93	1,10	1,25	1,42	1,69	v							
24	G	57	105	213	233	687	1.401	2.588	4.759	8.907	14.304	23.601	40.744	G	24						
	v	0,32	0,37	0,45	0,52	0,61	0,72	0,85	1,01	1,19	1,35	1,54	1,79	v							
26	G	60	112	223	243	719	1.466	2.709	4.981	9.324	14.973	24.706	42.651	G	26						
	v	0,33	0,39	0,47	0,54	0,64	0,77	0,90	1,06	1,25	1,41	1,61	1,86	v							
28	G	62	114	233	253	750	1.530	2.827	5.197	9.721	15.621	25.776	44.496	G	28						
	v	0,34	0,40	0,49	0,57	0,66	0,80	0,94	1,10	1,30	1,48	1,68	1,94	v							
30	G	65	119	242	262	781	1.591	2.940	5.406	10.118	16.249	26.911	46.286	G	30						
	v	0,35	0,42	0,51	0,59	0,68	0,83	0,98	1,15	1,35	1,53	1,75	2,02	v							
35	G	71	130	265	285	853	1.738	3.211	5.904	11.050	17.745	28.280	50.548	G	35						
	v	0,38	0,45	0,55	0,64	0,75	0,91	1,07	1,25	1,48	1,66	1,91	2,21	v							
40	G	77	140	288	308	920	1.875	3.466	6.372	11.926	19.152	31.601	54.556	G	40						
	v	0,40	0,50	0,60	0,69	0,81	0,96	1,15	1,35	1,60	1,81	2,06	2,39	v							
45	G	82	150	306	326	984	2.006	3.707	6.815	12.757	20.496	33.802	58.354	G	45						
	v	0,43	0,53	0,64	0,74	0,87	1,02	1,23	1,45	1,71	1,93	2,21	2,55	v							
50	G	87	159	325	345	1.045	2.131	3.937	7.238	13.548	21.757	35.899	61.975	G	50						
	v	0,46	0,56	0,68	0,79	0,92	1,11	1,31	1,54	1,81	2,06	2,34	2,71	v							
60	G	95	177	360	380	1.160	2.364	4.389	8.033	15.036	24.746	39.841	68.780	G	60						
	v	0,50	0,61	0,73	0,87	1,00	1,24	1,45	1,71	2,01	2,28	2,60	3,00	v							
70	G	105	193	393	413	1.267	2.582	4.771	8.773	16.421	26.969	43.570	75.114	G	70						
	v	0,55	0,67	0,80	0,92	1,06	1,25	1,45	1,65	1,90	2,16	2,44	2,79	v							
80	G	114	208	425	445	1.367	2.787	5.150	9.468	17.723	28.450	46.960	81.069	G	80						
	v	0,60	0,74	0,89	1,03	1,17	1,40	1,61	1,81	2,07	2,35	2,67	3,04	v							
90	G	122	224	454	474	1.452	2.981	5.508	10.128	18.966	30.442	50.229	86.713	G	90						
	v	0,62	0,76	0,91	1,05	1,19	1,42	1,63	1,84	2,10	2,38	2,69	3,09	v							
100	G	129	237	482	502	1.553	3.166	5.850	10.756	20.733	32.331	53.345	92.094	G	100						
	v	0,71	0,84	1,01	1,17	1,32	1,56	1,80	2,09	2,37	2,66	3,06	3,48	v							

Se = superficie esterna, m <sup>2</sup> /m														Si = sezione interna, mm <sup>2</sup>				V = contenuto acqua, l/m			
De (mm)	12	16	18	20-22	28	32	40	50	63	75	90	110	De (mm)					90	110	De (mm)	
Di (mm)	8	10	13	16	20	26	32,6	40,8	51,4	61,2	73,6	90	Di (mm)								
Se (m <sup>2</sup> /m)	0,038	0,047	0,057	0,062-0,069	0,088	0,101	0,126	0,157	0,198	0,236	0,283	0,345	Se (m <sup>2</sup> /m)								
Si (mm <sup>2</sup> )	50	79	133	201	314	531	895	1.307	2.075	2.942	4.254	6.352	Si (mm <sup>2</sup> )								
V (l/m)	0,05	0,08	0,13	0,20	0,31	0,53	0,83	1,31	2,07	2,94	4,25	6,35	V (l/m)								

Note dunque i carichi termici da garantire con il sistema radiante a pavimento, le portate ai singoli anelli, perdite di carico delle tubazioni e la geometria della rete è possibile calcolare le prestazioni idrauliche del circolatore posto in centra termica:

- Portata: 2,12 mc/h (vedasi tabella tavola T3)

- Prevalenza: dP tubi al coll. C1 + (dP coll.C1 + dP serpentina più lunga)

Dove:

- dP tubi al coll. C1 = (25 mt x 0,025 m c.a.) + perdite accidentali (30%) = 0,81 m c.a.

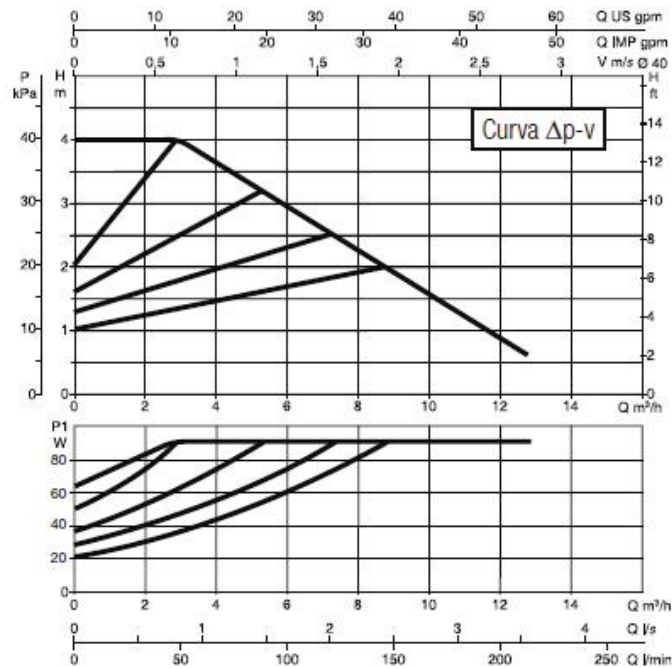
- dP coll.C1 + dP serpentina più lunga = 2 m c.a. (vedasi tabella tavola T3).

Dunque la prevalenza della pompa non sarà inferiore a 2,81 m c.a.

La pompa individuata è del tipo a portata/pressione variabile il cui punto di lavoro di progetto ricade ampiamente entro il range di funzionamento del componente. Viene prevista in esecuzione gemellare con funzionamento del tipo "una pompa pienamente attiva, l'altra di scorta" con rotazione periodica.

Si riporta di seguito il grafico di selezione del circolatore individuato:





#### **4.3) Sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria**

Il dimensionamento del bollitore in pompa di calore è stato eseguito in funzione del calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria secondo la UNI/TS 11300-2, ossia:

Condizioni d'ingresso:

- Acqua fredda sanitaria: 13,5°C;
- Acqua calda sanitaria: 40°C;
- Numero di bambini: 28.

Per gli edifici non residenziali il volume di acqua richiesto  $V_w$ , espresso in litri/giorno, è calcolato come:

$$V_w = a \times Nu \text{ [l/giorno]}$$

dove:

a è il fabbisogno specifico giornaliero in litri/(giorno  $\times$  Nu) ricavabile dal prospetto 31;

Nu è un parametro variabile in funzione del tipo di edificio ricavabile dal prospetto 31.

prospetto 31

**Valori dei parametri  $a$  ed  $N_u$  per gli edifici non residenziali**

Tipo di Attività	$a$	$N_u$	Categoria DPR 412/93
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel fino a tre stelle	60	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero di letti	E.1 (3)
Attività ospedaliera con pernottamento	80	Numero di letti	E.3
Attività ospedaliera day hospital (senza pernottamento)	15	Numero di letti	E.3
Scuole e istruzione	0,2	Numero di allievi	E.7
Scuole materne e asili nido	8	Numero di bambini	E.7
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata	E.6 (2)
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata	E.6 (3)
Uffici	0,2	Sup.netta climatizzata	E.2
Esercizio Commerciale senza obbligo di servizi igienici per il pubblico	0	-	E.5
Esercizio Commerciale con obbligo di servizi igienici per il pubblico	0,2	Sup.netta climatizzata	E.5
Ristoranti – Caffetterie	65	Numero di coperti <sup>1)</sup>	E.4 (3)
Catering, self service, Bar	25	Numero di coperti <sup>1)</sup>	E.4 (3)
Servizio lavanderia	50	Numero di letti	n.d.
Centri benessere	200	Numero di ospiti	n.d.
Altro	0	-	n.d.

Dunque si ottiene un consumo di acqua caldo sanitario giornaliero di:

$$V_w = 8 \times 28 = 224 \text{ lt}$$

Il bollitore in pompa di calore di capacità 200 lt di progetto, considerando una temperatura di mantenimento dell'accumulo di 48°C, risulta idoneo in quanto si calcola una capacità di stoccaggio equivalente di acqua calda sanitaria a 40° come segue:

$$1 \text{ lt di acqua a } 48^\circ\text{C equivale a } (48-13,5)/(40-13,5) = 1,3 \text{ lt}$$

Dunque la capacità equivalente disponibile di acqua calda sanitaria è di  $200 \times 1,3 = 260 \text{ lt}$

#### **4.4) Rete di distribuzione acqua calda e fredda sanitaria**

Si esegue il dimensionamento delle principali reti di adduzione idrica di acqua potabile fredda agli apparecchi sanitari installati presso gli ambienti di servizio dell'edificio.

##### Condizioni d'ingresso:

I seguenti calcoli di dimensionamento valgono entro i seguenti limiti di pressione nella rete

##### **Condizioni di pressione**

Pressione statica nel punto di prelievo      max. 500 kPa  
 (eccetto: rubinetti giardino/garage max. 1 000 kPa);  
 pressione dinamica nel punto di prelievo      min. 100 kPa.

##### Velocità massime di flusso:

I seguenti calcoli di dimensionamento valgono entro i seguenti limiti di velocità massime di flusso





### Perdite di carico continue TUBI IN PE 100 - PN 16 - Temperatura acqua = 10°C

r = perdite di carico continue, mm c.a./m																	G = portata, l/h																	v = velocità, m/s	
r	Ge	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	Gi	r																		
2	G	79	154	297	548	1.008	1.887	3.058	5.001	8.633	12.190	16.634	23.816	32.817	43.714	Gi	2																		
	v	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21	0,25	0,29	0,33	0,38	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58	v																			
4	G	118	228	441	815	1.498	2.904	4.544	7.431	12.828	18.114	24.719	35.390	48.796	64.959	G	4																		
	v	0,15	0,19	0,23	0,27	0,32	0,38	0,43	0,49	0,56	0,61	0,67	0,73	0,80	0,86	v																			
6	G	149	288	556	1.027	1.889	3.536	5.728	9.368	16.173	22.837	31.163	44.617	61.481	81.896	G	6																		
	v	0,21	0,24	0,29	0,34	0,40	0,47	0,54	0,61	0,71	0,77	0,84	0,92	1,00	1,08	v																			
8	G	176	339	655	1.211	2.225	4.167	6.752	11.042	19.063	26.918	36.731	52.589	72.499	96.528	G	8																		
	v	0,24	0,29	0,34	0,40	0,47	0,55	0,63	0,72	0,83	0,91	0,99	1,09	1,18	1,28	v																			
10	G	199	385	744	1.376	2.529	4.734	7.670	12.544	21.665	30.578	41.726	59.741	82.321	109.656	G	10																		
	v	0,28	0,33	0,39	0,46	0,54	0,63	0,72	0,82	0,95	1,04	1,12	1,23	1,34	1,45	v																			
12	G	221	428	826	1.527	2.807	5.254	8.512	13.921	24.033	33.936	46.308	66.300	91.361	121.697	G	12																		
	v	0,31	0,36	0,43	0,51	0,60	0,70	0,80	0,91	1,05	1,15	1,25	1,37	1,48	1,61	v																			
14	G	242	467	902	1.667	3.065	5.738	9.295	15.203	26.246	37.061	50.572	72.405	99.793	132.903	G	14																		
	v	0,33	0,40	0,47	0,55	0,65	0,77	0,87	0,99	1,15	1,25	1,36	1,50	1,63	1,76	v																			
16	G	261	504	974	1.799	3.308	6.193	10.033	16.409	28.327	40.000	54.582	78.146	107.684	143.440	G	16																		
	v	0,36	0,43	0,51	0,60	0,70	0,82	0,94	1,07	1,24	1,35	1,47	1,62	1,76	1,93	v																			
18	G	279	539	1.042	1.925	3.539	6.524	10.732	17.551	30.299	42.784	58.982	83.587	115.181	153.427	G	18																		
	v	0,39	0,46	0,54	0,64	0,75	0,88	1,01	1,15	1,33	1,45	1,57	1,73	1,88	2,03	v																			
20	G	296	573	1.106	2.044	3.758	7.035	11.397	18.540	32.180	45.439	62.006	88.774	122.329	162.948	G	20																		
	v	0,41	0,49	0,58	0,68	0,80	0,94	1,07	1,22	1,41	1,54	1,67	1,84	2,00	2,16	v																			
22	G	313	605	1.168	2.159	3.969	7.429	12.035	19.683	33.981	47.983	65.475	93.743	129.176	172.069	G	22																		
	v	0,43	0,51	0,61	0,72	0,84	0,99	1,13	1,29	1,48	1,62	1,75	1,94	2,11	2,27	v																			
24	G	329	636	1.228	2.269	4.171	7.907	12.649	20.687	35.713	50.429	68.913	98.522	135.761	180.840	G	24																		
	v	0,45	0,54	0,64	0,75	0,89	1,05	1,19	1,35	1,56	1,71	1,85	2,04	2,22	2,39	v																			
26	G	344	665	1.285	2.375	4.365	8.179	13.281	21.655	37.384	52.780	72.039	103.133	142.115	189.304	G	26																		
	v	0,48	0,57	0,67	0,79	0,93	1,09	1,24	1,41	1,63	1,79	1,94	2,13	2,32	2,50	v																			
28	G	359	694	1.341	2.478	4.555	8.526	13.814	22.592	39.002	55.072	75.149	107.594	148.263	197.462	G	28																		
	v	0,50	0,59	0,70	0,82	0,97	1,13	1,30	1,46	1,70	1,86	2,02	2,23	2,44	2,61	v																			
30	G	373	722	1.395	2.577	4.738	8.869	14.369	23.500	40.570	57.287	78.171	111.921	154.224	205.434	G	30																		
	v	0,52	0,61	0,73	0,86	1,01	1,19	1,35	1,53	1,77	1,94	2,11	2,31	2,55	2,71	v																			
35	G	408	788	1.523	2.814	5.175	9.585	15.692	25.664	44.306	62.562	85.370	122.227	168.426	224.351	G	35																		
	v	0,55	0,67	0,80	0,94	1,10	1,30	1,47	1,68	1,93	2,12	2,30	2,53	2,78	2,96	v																			
40	G	440	851	1.644	3.038	5.585	10.454	16.937	27.695	47.819	67.523	92.139	131.918	181.780	242.140	G	40																		
	v	0,61	0,72	0,86	1,01	1,19	1,40	1,60	1,81	2,05	2,29	2,49	2,73	2,97	3,20	v																			
45	G	471	910	1.758	3.249	5.974	11.181	18.116	29.528	51.148	72.224	98.553	141.102	194.436	258.958	G	45																		
	v	0,65	0,77	0,92	1,08	1,27	1,50	1,70	1,93	2,23	2,45	2,65	2,92	3,17	3,42	v																			
50	G	500	967	1.867	3.451	6.344	11.875	19.240	31.466	54.322	76.706	104.669	149.858	206.502	275.070	G	50																		
	v	0,69	0,82	0,98	1,15	1,35	1,59	1,80	2,05	2,37	2,62	2,82	3,10	3,37	3,63	v																			
60	G	555	1.073	2.072	3.830	7.041	13.179	21.353	34.921	60.287	85.128	115.162	166.313	229.177	306.274	G	60																		
	v	0,74	0,87	1,04	1,22	1,43	1,69	1,93	2,21	2,54	2,81	3,10	3,41	3,74	4,07	v																			
70	G	606	1.172	2.263	4.182	7.689	14.393	23.319	38.137	65.835	92.967	126.859	181.628	250.280	333.384	G	70																		
	v	0,81	0,94	1,11	1,30	1,53	1,82	2,07	2,35	2,71	3,02	3,35	3,71	4,08	4,47	v																			
80	G	654	1.265	2.443	4.514	8.299	15.534	25.168	41.161	71.058	100.338	136.917	196.029	270.124	359.818	G	80																		
	v	0,90	1,07	1,26	1,47	1,72	2,03	2,30	2,63	3,10	3,40	3,79	4,20	4,61	5,05	v																			
90	G	700	1.353	2.613	4.828	8.877	16.616	26.920	44.026	76.006	107.324	146.450	209.677	288.931	384.969	G	90																		
	v	0,97	1,15	1,37	1,61	1,89	2,22	2,53	2,87	3,32	3,63	3,94	4,33	4,72	5,19	v																			
100	G	743	1.437	2.775	5.128	9.428	17.547	28.590	46.758	80.722	113.984	155.538	222.689	306.861	408.752	G	100																		
	v	1,03	1,22	1,45	1,71	2,03	2,36	2,69	3,02	3,52	3,86	4,30	4,80	5,31	5,80	v																			

Se = superficie esterna, mm																	Si = sezione interna, mm²																	V = contenuto acqua, l/m	
Ge [mm]	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	Ge [mm]																				
Gi [mm]	16	20,4	26	32,6	40,8	51,4	61,4	73,6	90	102,2	114,6	130,8	147,2	163,6	Gi [mm]																				
Se [m²/m]	0,063	0,079	0,101	0,126	0,157	0,198	0,236	0,283	0,346	0,393	0,440	0,503	0,566	0,628	Se [m²/m]																				
Si [mm]	201	327	531	835	1.307	2.075	2.961	4.254	6.362	8.203	10.315	13.437	17.018	21.021	Si [mm]																				
V [l/m]	0,20	0,33	0,53	0,83	1,31	2,07	2,96	4,25	6,36	8,20	10,31	13,44	17,02	21,02	V [l/m]																				

#### Apparecchi collegati e Unità di Carico

Al fine della determinazione delle Unità di Carico Idraulico competenti a ciascun punto di utilizzo si adotta la seguente tabella:

#### 5.4

#### Unità di carico

1 unità di carico (UC) è equivalente alla portata di prelievo  $Q_A$  di 0,1 l/s.

prospetto 2 Portate di prelievo  $Q_A$ , portate minime ai punti di prelievo  $Q_{min}$  e unità di carico per punti di prelievo

Punti di prelievo	$Q_A$	$Q_{min}$	Unità di carico
	l/s	l/s	
Lavello, lavabo, bidé, cassetta WC	0,1	0,1	1
Lavello cucina, lavatrice domestica <sup>a)</sup> , lavastoviglie, lavabo, doccia	0,2	0,15	2
Orinatoio	0,3	0,15	3
Vasca da bagno domestica	0,4	0,3	4
Rubinetti giardino/garage	0,5	0,4	5
Lavello cucina non domestica	0,8	0,8	8
DN 20, vasca da bagno non domestica			
Scarico DN 20	1,5	1,0	15

a) Per apparecchiature non domestiche fare riferimento ai fabbricanti.

I valori contenuti nel presente prospetto non corrispondono ai valori contenuti nelle norme di prodotto. Sono utilizzati esclusivamente per il dimensionamento delle tubazioni.

Ai fini del dimensionamento del diametro nominale delle tubazioni si è adottata la seguente tabella in funzione delle perdite di carico e già tenendo conto della contemporaneità di utilizzo delle apparecchiature:

prospetto 3 Unità di carico per la determinazione dei diametri della tubazione

Prospetto 3.4 - PE-X												
Carico massimo	UC	1	2	3	4	5	8	16	35	100	350	700
Valore più alto	UC					4	5	8				
$d_a \times s$	mm	12 × 1,7		16 × 2,2			20 × 2,8	25 × 3,5	32 × 4,4	40 × 5,5	50 × 6,9	63 × 8,6
$d_i$	mm	8,4		11,6			14,4	18,0	23,2	29	36,2	45,6
Lunghezza massima della tubazione	m	13	4	9	5	4						

#### CALCOLO DEI DIAMETRI DEI DIVERSI RAMI:

Tratto interrato in partenza dal contatore sino all'ingresso del vano tecnico B:

- Unità di carico massimo: 7 wc + 10 lavabi + 2 bidet + 1 lavello cucina + 1 lavatrice + 1 lavastoviglie + 1 doccetta + 2 docce =  $(7 \times 1) + (10 \times 1) + (2 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 2) + (1 \times 2) + (2 \times 2) = 29$  UC

Diametro esterno minimo da prospetto 3: 32 mm

- Tipologia tubazione e diametro minimo adottate: polietilene da interro PN16 diametro 40 mm per compensare il tratto interrato di ampia estensione.

Tratto di alimentazione collettore C1:

- Unità di carico massimo: 2 wc + 2 lavabi + 1 bidet + 1 lavello cucina + 1 lavatrice + 1 lavastoviglie + 1 doccetta + 1 doccia =  $(2 \times 1) + (2 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 2) + (1 \times 2) + (1 \times 2) + (1 \times 2) + (1 \times 2) = 16$  UC

Diametro esterno minimo da prospetto 3: 25 mm

- Tipologia tubazione e diametro minimo adottate: multistrato diametro esterno 25 mm.

Tratto di alimentazione collettori C2+C3:

- Unità di carico massimo: 1 wc + 1 lavabi + 1 bidet + 1 doccia 4 wc + 7 lavabi + 1 bidet + 1 doccia =  $(4 \times 1) + (7 \times 1) = (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 2) + (4 \times 1) + (7 \times 1) = 16$  UC

Diametro esterno minimo da prospetto 3: 25 mm

- Tipologia tubazione e diametro minimo adottate: multistrato diametro esterno 32 mm.

Tratto di alimentazione collettore C2:

- Unità di carico massimo: 1 wc + 1 lavabi + 1 bidet + 1 doccia =  $(1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 2) = 5$  UC

Diametro esterno minimo da prospetto 3: 16 mm

- Tipologia tubazione e diametro minimo adottate: multistrato diametro esterno 25 mm.

Tratto di alimentazione collettore C3:

- Unità di carico massimo: 4 wc + 7 lavabi + 1 bidet + 1 doccia =  $(4 \times 1) + (7 \times 1) = 11$  UC

Diametro esterno minimo da prospetto 3: 25 mm

- Tipologia tubazione e diametro minimo adottate: multistrato diametro esterno 25 mm.

E' prevista rete di ricircolo sanitario con estensione sino al collettore C2 più lontano in grado di garantire:

- Tempo di erogazione dell'acqua calda sanitaria per singolo apparecchio inferiore a 30 sec (ovvero viene verificato un contenuto d'acqua nei tratti terminali di tubazioni di acqua calda sanitaria a valle della chiusura della rete di ricircolo inferiore a 1t 3)

#### **4.5) Rete di scarico e ventilazione**

I reflui vengono inviati alla linea fognaria comunale esistente. La rete di scarico viene dimensionata secondo i criteri previsti dalla norma UNI EN 12056 per scarichi a gravità sistema I del tipo con diramazioni riempite parzialmente (50%), ossia:

prospetto 2 **Unità di scarico (DU)**

Apparecchio sanitario	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
	DU l/s	DU l/s	DU l/s	DU l/s
Lavabo, bidè	0,5	0,3	0,3	0,3
Doccia senza tappo	0,6	0,4	0,4	0,4
Doccia con tappo	0,8	0,5	1,3	0,5
Orinatoio con cassetta	0,8	0,5	0,4	0,5
Orinatoio con valvola di cacciata	0,5	0,3	-	0,3
Orinatoio a parete	0,2*	0,2*	0,2*	0,2*
Vasca da bagno	0,8	0,6	1,3	0,5
Lavello da cucina	0,8	0,6	1,3	0,5
Lavastoviglie (domestica)	0,8	0,6	0,2	0,5
Lavatrice, carico max. 6 kg	0,8	0,6	0,6	0,5
Lavatrice, carico max. 12 kg	1,5	1,2	1,2	1,0
WC, capacità cassetta 4,0 l	**	1,8	**	**
WC, capacità cassetta 6,0 l	2,0	1,8	da 1,2 a 1,7***	2,0
WC, capacità cassetta 7,5 l	2,0	1,8	da 1,4 a 1,8***	2,0
WC, capacità cassetta 9,0 l	2,5	2,0	da 1,6 a 2,0***	2,5
Pozzetto a terra DN 50	0,8	0,9	-	0,6
Pozzetto a terra DN 70	1,5	0,9	-	1,0
Pozzetto a terra DN 100	2,0	1,2	-	1,3

\* Per persona.  
 \*\* Non ammesso.  
 \*\*\* A seconda del tipo di cassetta (valido unicamente per WC a cacciata con cassetta e sifone).  
 - Non utilizzata o dati mancanti.

Collettore di scarico sub-orizzontale acque nere e grigie relativo al bagno disabili, servizi igienici spogliatoio 1 e lavanderia:

- Scarico wc:  $2 \text{ l/s} \times 2 \text{ U.S.} = 4 \text{ lt/s}$
- Scarico bidet:  $0.5 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.5 \text{ lt/s}$
- Scarico lavabi:  $0.5 \text{ l/s} \times 2 \text{ U.S.} = 1 \text{ lt/s}$
- Scarico docce:  $0.8 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.8 \text{ lt/s}$
- Scarico lavatrice:  $1.5 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 1.5 \text{ lt/s}$
- Scarico pozzetto a terra dn50:  $0.8 \times 1 \text{ U.S.} = 0.8 \text{ lt/s}$
- Scarico totale:  $8.6 \text{ l/s}$
- Portata acqua massima istantanea:  $K \times (DU_{\text{tot}})^{1/2} = 0.5 \times (8.6)^{1/2} = 1.47 \text{ l/s}$   
dove K è il coefficiente di contemporaneità per intensità di scarico variabile in tempi brevi.

Considerando una pendenza del collettore cautelativamente dello 0.5%, il diametro minimo esterno della tubazione è di 90 mm. Si adotta diametro 110 mm.



Collettore di scarico sub-orizzontale acque nere e grigie relativo ai servizi igienici spogliatoio 2:

- Scarico wc:  $2 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 2 \text{ lt/s}$
- Scarico bidet:  $0.5 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.5 \text{ lt/s}$
- Scarico lavabi:  $0.5 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.5 \text{ lt/s}$
- Scarico docce:  $0.8 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.8 \text{ lt/s}$
- Scarico totale:  $3.8 \text{ l/s}$
- Portata acqua massima istantanea:  $K \times (DU_{\text{tot}})^{1/2} = 0.5 \times (3.8)^{1/2} = 0.97 \text{ l/s}$   
dove K è il coefficiente di contemporaneità per intensità di scarico variabile in tempi brevi.

Considerando una pendenza del collettore cautelativamente dello 0.5%, il diametro minimo esterno della tubazione è di 90 mm. Si adotta diametro 110 mm.

Collettore di scarico sub-orizzontale acque nere e grigie relativo ai servizi igienici bagno bimbi:

- Scarico wc:  $1 \text{ l/s} \times 4 \text{ U.S.} = 4 \text{ lt/s}$
- Scarico lavabi:  $0.5 \text{ l/s} \times 6 \text{ U.S.} = 3.5 \text{ lt/s}$
- Scarico totale:  $7.5 \text{ l/s}$
- Portata acqua massima istantanea:  $K \times (DU_{\text{tot}})^{1/2} = 0.5 \times (7.5)^{1/2} = 1.37 \text{ l/s}$   
dove K è il coefficiente di contemporaneità per intensità di scarico variabile in tempi brevi.

Considerando una pendenza del collettore cautelativamente dello 0.5%, il diametro minimo esterno della tubazione è di 110 mm. Si adotta diametro 110 mm.

Collettore di scarico sub-orizzontale acque saponose cucinetta:

- Scarico lavello:  $0.8 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.8 \text{ lt/s}$
- Scarico lavastoviglie:  $0.8 \text{ l/s} \times 1 \text{ U.S.} = 0.8 \text{ lt/s}$
- Scarico totale:  $1.6 \text{ l/s}$
- Portata acqua massima istantanea:  $K \times (DU_{\text{tot}})^{1/2} = 0.5 \times (1.6)^{1/2} = 0.63 \text{ l/s}$   
dove K è il coefficiente di contemporaneità per intensità di scarico variabile in tempi brevi.

Considerando una pendenza del collettore cautelativamente dello 0.5%, il diametro minimo esterno della tubazione è di 75 mm. Si adotta diametro 75 mm.

## ANALISI DELLE DIRAMAZIONE

Per diramazione si intende il tratto che collega l'apparecchio sanitario con il collettore esterno

Le diramazioni sono del tipo ventilate e si adottano diametri non inferiori a 50 mm secondo quanto previsto al prospetto 7 di seguito riportato:

prospetto 7 Portata idraulica massima ( $Q_{max}$ ) e diametro nominale (DN)

$Q_{max}$ l/s	Sistema I DN	Sistema II DN	Sistema III DN	Sistema IV DN
	Diramazione/ Ventilazione	Diramazione/ Ventilazione	Diramazione/ Ventilazione	Diramazione/ Ventilazione
0,60	*	30/30	Vedere prospetto 6	30/30
0,75	50/40	40/30		40/30
1,50	60/40	50/30		50/30
2,25	70/50	60/30		60/30
3,00	80/50**	70/40**		70/40**
3,40	90/60***	80/40****		80/40****
3,75	100/60	90/50		90/50
* Non ammesso. ** Senza WC. *** Massimo due WC e cambiamenti di direzione per un totale massimo di 90°. **** Massimo un WC.				

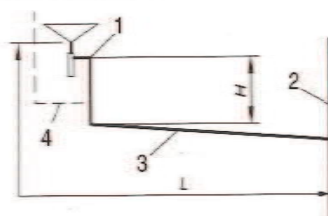
Tutte le portate di scarico risultano inferiori a 1.5 lt/s

Le stesse dovranno pertanto sottostare alle seguenti limitazioni di natura geometrica:

figura 7 Limiti di applicazione per i condotti di diramazione con ventilazione dei sistemi I, II e IV

Legenda

- 1) Curva di raccordo
- 2) Colonna di scarico
- 3) Diramazione di scarico
- 4) Ventilazione del condotto di diramazione



prospetto 8 Limiti di applicazione

Limiti di applicazione	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
Lunghezza massima del tubo (L)	10,0 m	Senza limitazioni	Vedere prospetto 6	10,0 m
Numero max. di curve a 90°	Senza limitazioni	Senza limitazioni		Senza limitazioni
Dislivello massimo (H) (inclinazione di 45° o maggiore)	3,0 m	3,0 m		3,0 m
Gradiente minimo	0,5%	1,5%		0,5%
* Curva di raccordo non compresa.				



**4.6) Impianto di ventilazione meccanico controllata e qualità dell'aria**

E' previsto un sistema di ventilazione meccanico con recuperatori energetici ad alta efficienza al fine di effettuare il rinnovo continuo dell'aria ambiente in accordo con quanto previsto dalla norma UNI EN 16798-1 e dal D.M. 18 Dicembre 1975, più precisamente:

- Zona aule asilo vani 1 e 2 (UNI EN 16798-1):

Categoria	Portata per persona l/(s persona)		+	Portata per superficie l/ (s m²)		
	Non adattata	Adattata		VLPB	LPB	NLPB
I	10	3,5		0,5	1	2,0
II	7*	2,5		0,35	0,7*	1,4
III	4	1,5		0,2	0,4	0,8
IV	2,5	1		0,15	0,3	0,6
VLPB: Very Low Polluting Buildings – LPB: Low Polluting Buildings – NLPB: Non Low Polluting Buildings						
*Valori da applicare secondo decreto CAM						

Si applica la categoria II in accordo con i criteri CAM (LPB).

Si procede con il calcolo della portata aria minima di rinnovo:

$$P = (7 \text{ l/s} \times 35p) + [(98,39 + 67,19) \text{ mq} \times 0,7 \text{ lt/s}] = 245 + 165,58 = 410,58 \text{ lt/s} = 1478,09 \text{ mc/h}$$

Che per singola aula, vista l'occupazione alternata dei locali, si ottiene:

$$- P \text{ locale 1} = (7 \text{ l/s} \times 30p) + (98,39 \text{ mq} \times 0,7 \text{ lt/s}) = 210 + 68,87 = 278,87 \text{ lt/s} = 1003,93 \text{ mc/h}$$

Si adotta una portata di rinnovo di 1004 mc/h

$$- P \text{ locale 1} = (7 \text{ l/s} \times 30p) + (67,19 \text{ mq} \times 0,7 \text{ lt/s}) = 210 + 47,03 = 257,03 \text{ lt/s} = 925,31 \text{ mc/h}$$

Si adotta una portata di rinnovo di 925 mc/h

- Zone ingresso, spogliatoi con servizi igienici (D.M. 18 Dicembre 1975):

Altri ambienti		
Ambienti di passaggio	uffici	Servizi igienici, palestre, refettori
1,5 h <sup>-1</sup>		2,5 h <sup>-1</sup>

Si procede con il calcolo della portata aria minima di rinnovo:

$$- \text{Zona ingresso: } 64,88 \text{ mc} \times 1,5 \text{ Vol/h} = 97,32 \text{ mc/h}$$

Si adotta una portata di rinnovo di 110 mc/h.

$$- \text{Spogliatoi con servizi igienici: } 86,89 \text{ mc} \times 1,5 \text{ Vol/h} = 130,34 \text{ mc/h}$$

Si adotta una portata di rinnovo di 150 mc/h.

Al fine di ottemperare i criteri acustici richiesti per la specifica tipologia di utilizzo del fabbricato si è reso necessario prevedere due unità ventilati ad alta efficienza di recupero energetico, con potenza sonora in immissione alle canalizzazioni dell'aria inferiore a 67 dB(A), in quanto un'unica macchina avrebbe generato una potenza sonora non conforme ai limiti previsti.

Vengono installati anche silenziatori da canale posti immediatamente in uscita dai recuperatori energetici per implementare un ulteriore abbattimento acustico garantendo un basso livello di rumorosità trasmesso attraverso la rete aeraulica.

Ogni macchina viene accessoriata di sonde di CO<sub>2</sub> in grado di modulare la portata dell'aria di rinnovo in funzione della reale occupazione dei locali da essa servita.

Inoltre vengono previsti su ogni macchina ventilata organi di filtrazione dell'aria in mandata e ripresa in accordo con i livelli previsti dalla norma UNI 10339:1995. Si adottano dunque filtri F8 sulla mandata dell'aria e G3 sulla ripresa.

I sistemi di rinnovo realizzano anche l'estrazione forzata continua di aria dai bagni ciechi di almeno 5 vol/h, come richiesto dai criteri CAM.

#### DIMENSIONAMENTO RETE AEREAULICA

La rete di distribuzione, ripresa, estrazione ed espulsione dell'aria interna all'edificio viene realizzata con canalizzazioni in lamiera zincata a forma circolare e rettangolare. Per la diffusione e ripresa dell'aria si adottano bocchette e griglie standard a doppio ordine di alette mobili, ciascuna munita di serranda di regolazione.

Per dimensionamento dei diversi tratti di canalizzazione si è proceduto nel seguente modo:

- Tratti dorsali in partenza/arrivo dalle ventilanti:
  - Velocità massima: 4.5 m/s
  - Perdita di carico lineare massima: 0.8 Pa/m
  - Perdita di carico curve/cambi di forma: 5 Pa cad.
- Tratti terminali:
  - Velocità massima: 2.5 m/s
  - Perdita di carico lineare massima: 0.5 Pa/m
  - Perdita di carico curve/cambi di forma: 2 Pa cad.
- Bocchette e griglie:
  - Velocità massima: 1.5 m/s
  - Perdita di carico: 15 Pa cad.
- Batterie di post riscaldamento:
  - Velocità di attraversamento: 1.36 m/s
  - Perdita di carico lato aria: 15 Pa cad.
- Silenziatori:
  - Perdita di carico lato aria: 20 Pa cad.

Ciò premesso si esegue la verifica del punto di lavoro delle reti di progetto:

- Recuperatore n.1:
  - Portata aria totale di immissione: 1025 mc/h
  - Prevalenza ventilatore d'immissione > dP massima rete aeraulica, ossia:
    - Tratti dorsali:  $15 \text{ ml} \times 0.8 = 12 \text{ Pa}$
    - Perdite accidentali tratti dorsali:  $6 \times 5 = 30 \text{ Pa}$
    - Tratti terminali:  $10 \text{ ml} \times 0.5 = 5 \text{ Pa}$
    - Perdite accidentali tratti terminali:  $1 \times 5 = 5 \text{ Pa}$
    - Perdite bocchetta più lontana e terminale di presa aria esterna:  $15 + 15 = 30 \text{ Pa}$
    - Perdite di carico batteria di posta e silenziatore:  $15 + 20 = 35 \text{ Pa}$

Dunque dP massimo = 117 Pa

- Recuperatore n.2:

- Portata aria totale di immissione: 1164 mc/h

- Prevalenza ventilatore d'immissione > dP massima rete aeraulica, ossia:

-- Tratti dorsali:  $12.5 \text{ ml} \times 0.8 = 10 \text{ Pa}$

-- Perdite accidentali tratti dorsali:  $7 \times 5 = 35 \text{ Pa}$

-- Tratti terminali:  $10 \text{ ml} \times 0.5 = 5 \text{ Pa}$

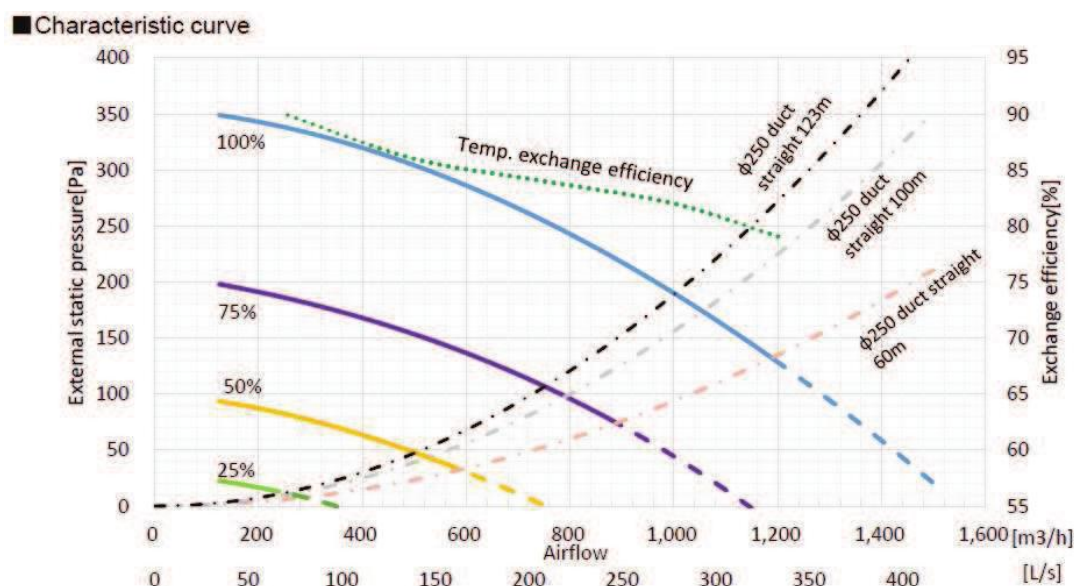
-- Perdite accidentali tratti terminali:  $1 \times 5 = 5 \text{ Pa}$

-- Perdite bocchetta più lontana e terminale di presa aria esterna:  $15 + 15 = 30 \text{ Pa}$

-- Perdite di carico batteria di posta e silenziatore:  $15 + 20 = 35 \text{ Pa}$

Dunque dP massimo = 120 Pa

Si riporta la curva caratteristica dei recuperatori energetici di progetto:



Dal grafico si evince dunque che la prevalenza disponibile per ogni ventilatore alla portata nominale di circa 160 Pa è ampiamente maggiore dei valori di perdite di carico sopra calcolati.

Non si riportano i valori di perdite di carico dei tratti di ripresa/espulsione in quanto inferiori rispetto a quelli di mandata visti i percorsi più brevi e l'assenza di batterie di post-riscaldamento. Essendo uguali i ventilatori di mandata e ripresa all'interno di ogni recuperatore si può asserire che le prestazioni aerauliche generali soddisfano le richieste fluido dinamiche di entrambe le reti aerauliche.

#### 4.7) Comfort termo-igrometrico

Al punto 2.3.5.7 del CAM "Comfort termo-igrometrico" viene richiesto il calcolo dei valori PWM e PPD secondo la ISO 7730:2005, garantendo l'attestazione in classe B.

Di seguito di riportano i risultati di calcolo:

##### Procedure di calcolo

##### Simboli e abbreviazioni

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
PMV	Voto Medio Previsto	-
PPD	Percentuale Prevista Insoddisfatti	%
M	Metabolismo energetico	W/m <sup>2</sup> oppure met
W	Potenza meccanica efficace	W/m <sup>2</sup> oppure met
I <sub>cl</sub>	Isolamento termico dell'abbigliamento	m <sup>2</sup> ·K/W oppure clo
f <sub>cl</sub>	Coefficiente di area dell'abbigliamento	m <sup>2</sup> ·K/W
t <sub>a</sub>	Temperatura dell'aria	°C
t <sub>r</sub>	Temperatura media radiante	°C
var	Velocità relativa dell'aria	m/s
U <sub>r</sub>	Umidità relativa	%
p <sub>a</sub>	Pressione parziale del vapor d'acqua	Pa
h <sub>c</sub>	Coefficiente di scambio termico convettivo	W/m <sup>2</sup> ·K
t <sub>cl</sub>	Temperatura superficiale dell'abbigliamento	°C
h <sub>r</sub>	Coefficiente di scambio termico radiante	W/m <sup>2</sup> ·K
t <sub>o</sub>	Temperatura operativa	°C
DR	Rischio correnti d'aria - Percentuale di insoddisfatti	%
t <sub>a,l</sub>	Temperatura locale dell'aria	°C
va,l	Velocità media locale dell'aria	m/s
Tu	Intensità locale di turbolenza	%
PD	Percentuale insoddisfatti	%
ΔT <sub>a,v</sub>	Differenza verticale della temperatura dell'aria	°C
T <sub>f</sub>	Temperatura pavimento	°C
ΔT <sub>pr</sub>	Asimmetria radiante	°C

##### VALUTAZIONE GLOBALE: DETERMINAZIONE DEL PMV E DEL PPD

Per la determinazione del comfort globale del corpo umano si calcolano PMV e PPD in base al modello di Fanger su cui si basa la UNI EN ISO 7730.

Il PMV prevede il valore medio dei voti sulla sensazione di comfort dati da un gran numero di soggetti per un certo ambiente e si calcola attraverso le equazioni seguenti.

$$\begin{aligned}
 \text{PMV} &= [0,303 \times \exp(-0,036 \times M) + 0,028] \times \\
 &\left\{ \begin{aligned} &(M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] \\ &- 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0,0014 \times M \times (34 - t_a) \\ &- 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \times (M - W) - \left[ 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \right] \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{per } 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} & \text{per } 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \times \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290/I_{cl} & \text{per } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \times \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645/I_{cl} & \text{per } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \times \text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

Per il calcolo di  $t_{cl}$  e  $h_c$ , che sono variabili dipendenti l'una dall'altra, si utilizza un algoritmo iterativo che si ferma quando trova una condizione di equilibrio/convergenza sul valore di  $t_{cl}$ .

L'equazione (1) rappresenta il bilancio termico tra corpo umano e ambiente: alla potenza generata dall'attività metabolica ( $M$ ) vengono sottratte le varie componenti disperse dal corpo umano: potenza meccanica per lavoro ( $W$ ), potenza termica dispersa per sudorazione e traspirazione  $a$ ) e  $b$ ), potenza termica dispersa nella respirazione  $c$ ) e  $d$ ), potenza termica scambiata per irraggiamento  $e$ ), potenza scambiata per convezione  $f$ ).

La pressione parziale del vapor d'acqua è ricavata a partire dall'umidità relativa ( $U_r$ ) e dalla  $t_a$ :

$$p_a = U_r \times 10 \times \exp(16,6536 - 4030,183 / (t_a + 235))$$

La temperatura operativa ( $t_o$ ) è ottenuta dalla seguente:

$$t_o = (h_r \times t_r + h_c \times t_a) / (h_r + h_c)$$

Il PPD dipende direttamente dal PMV e prevede la percentuale degli insoddisfatti per l'ambiente considerato:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2) \quad (5)$$

#### VALUTAZIONE DEI DISCOMFORT LOCALI

Per la previsione dei discomfort locali la UNI EN ISO 7730 considera i seguenti casi: correnti d'aria, differenza verticale della temperatura dell'aria, pavimenti caldi freddi, asimmetria radiante.

Per calcolare la percentuale di insoddisfatti si utilizzano le seguenti formule:

Correnti d'aria

$$DR = (34 - t_{a,l})(\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \times \bar{v}_{a,l} \times Tu + 3,14) \quad (6)$$

Differenza verticale della temperatura dell'aria

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \times \Delta t_{a,v})} \quad (7)$$

Pavimenti caldi freddi

$$PD = 100 - 94 \times \exp(-1,387 + 0,118 \times t_f - 0,0025 \times t_f^2) \quad (8)$$

Asimmetria radiante

**a) Soffitto caldo**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \times \Delta t_{pr})} - 5,5 \quad (9)$$

$$\Delta t_{pr} < 23 \text{ °C}$$

**b) Parete fredda**

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \times \Delta t_{pr})} \quad (10)$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$$



## c) Soffitto freddo

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 \times \Delta t_{pr})} \quad (11)$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

## d) Parete calda

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \times \Delta t_{pr})} - 3,5 \quad (12)$$

$$\Delta t_{pr} < 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

CATEGORIE AMBIENTE SECONDO UNI EN ISO 7730 E UNI EN 15251

Nella tabella successiva sono riepilogate le categorie ambiente secondo le norme UNI EN ISO 7730 (Classi A, B, C) e UNI EN 15251 (Classi I, II, III, IV che considerano soli i valori di PPD e PMV).

Categoria UNI EN ISO 7730 (UNI EN 15251)	Stato termico complessivo		Discomfort termico locale			
	PPD (%)	PMV	Corrente d'aria DR (%)	Differenza temp. verticale PD (%)	Pavimenti caldi o freddi PD (%)	Asimmetria radiante PD (%)
Classe A (I)	<6	-0.2 < PMV < +0.2	<10	<3	<10	<5
Classe B (II)	<10	-0.5 < PMV < +0.5	<20	<5	<10	<5
Classe C (III)	<15	-0.7 < PMV < +0.7	<30	<10	<15	<10
- (IV)	≥15	PMV ≥ +0.7 PMV ≤ -0.7	-	-	-	-

I CAM considerano come valide le condizioni conformi alla Classe B della UNI EN ISO 7730, in termini di PMV e PPD.

VALUTAZIONE COMFORT DEGLI AMBIENTI TERMICI

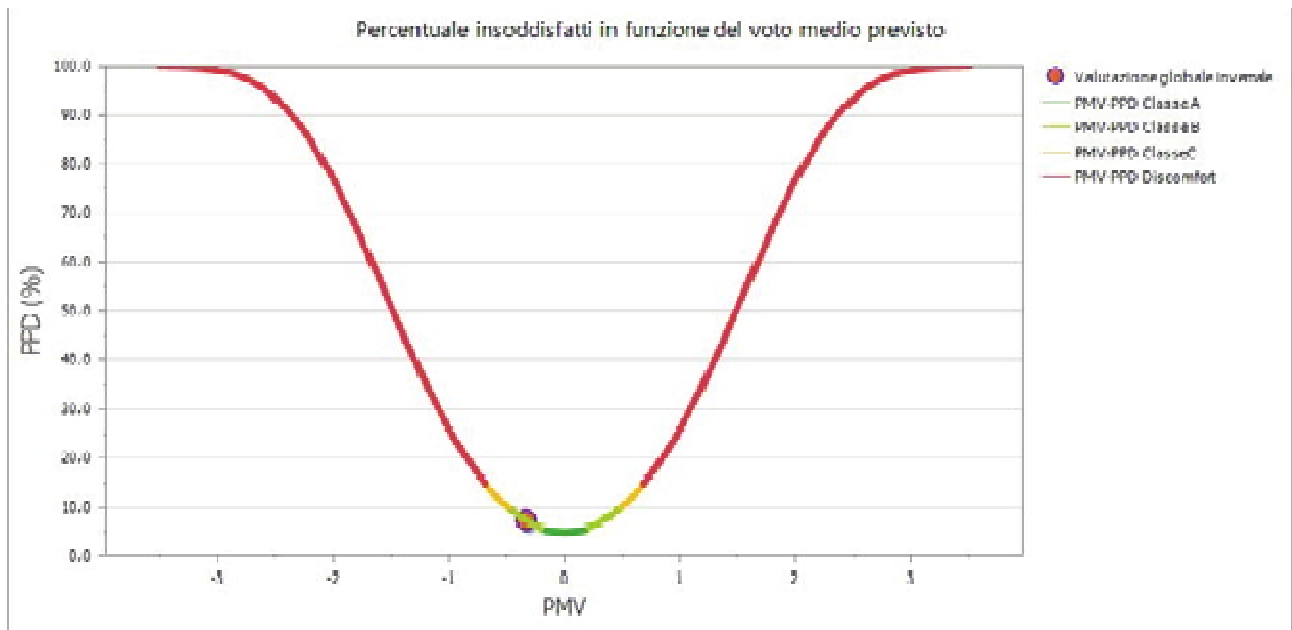
Di seguito sono riportate le valutazioni globali e le valutazioni di discomfort locale per l'ambiente termico.

## VALUTAZIONE GLOBALE "VALUTAZIONE GLOBALE INVERNALE"

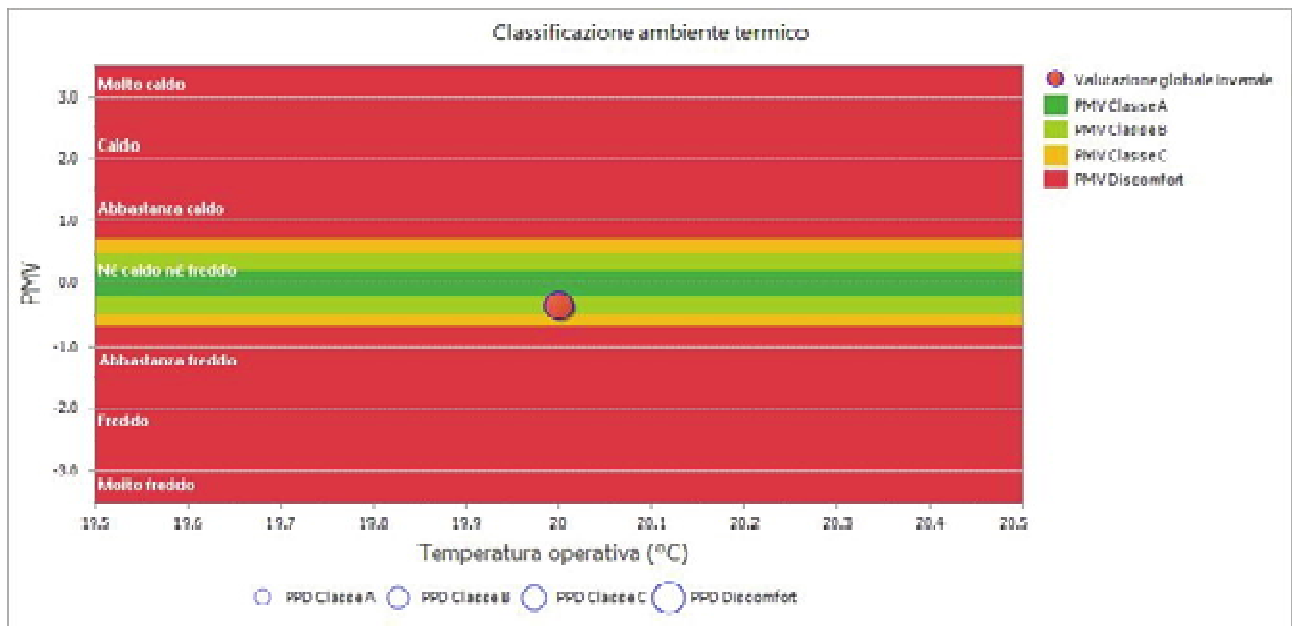
La seguente tabella riporta i dati del comfort termico per il corpo umano nel suo complesso:

Valutazione complessiva del comfort termico: "Valutazione globale invernale"	
Stagione	Invernale
Temperatura aria $t_a$ (°C)	20.0
Temperatura media radiante $t_r$ (°C)	20.0
Umidità relativa (%)	50.0
Velocità relativa aria $v_r$ (m/s)	0.10
Abbigliamento	Abbigliamento giornaliero - Slip, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe
Isolamento termico abbigliamento $I_{cl}$ (clo)	1.00
Metabolismo	Standard UNI EN ISO 7730 - Attività sedentarie (ufficio, abitazione, scuola, laboratorio)
Metabolismo energetico $M$ (met)	1.20
Potenza meccanica $W$ (met)	0.00
<b>Risultati</b>	
Temperatura operativa $t_o$ (°C)	20.0
Temperatura superficiale $t_{cl}$ (°C)	25.7
Voto medio previsto PMV	-0.34
Percentuale prevista insoddisfatti (%)	7.3
Categoria ambiente in termini di PMV e PPD	Classe B
Categoria UNI EN 15251	Categoria II
Sensazione termica	Né caldo né freddo

Il grafico seguente mostra la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV). La curva rappresenta la funzione (5) ed è colorata in base alla classificazione composta di PMV e PPD.



Il grafico seguente mostra il PMV previsto con evidenziate le fasce delle classificazioni e le sensazioni termiche. La dimensione dei cerchi sul grafico indica la diversa classificazione del PPD.

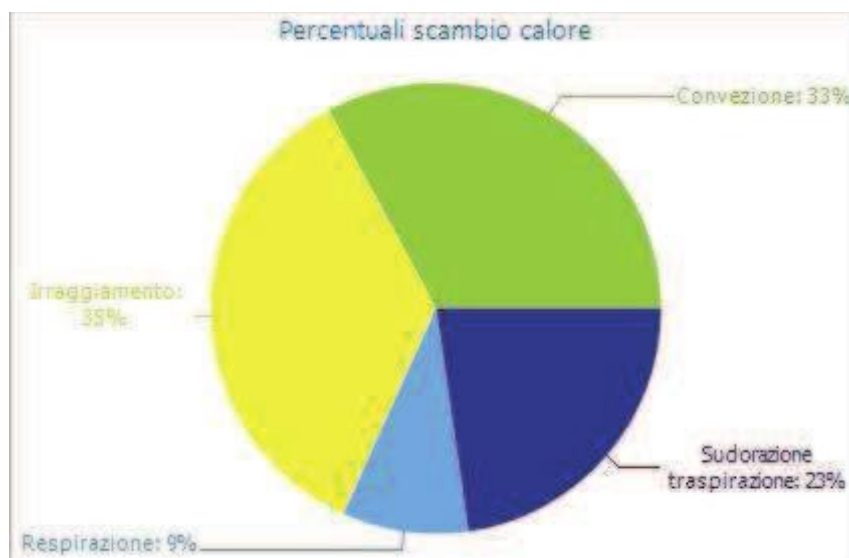


## SCAMBIO CALORE TRA CORPO UMANO E AMBIENTE

La tabella seguente dettaglia lo scambio di calore che avviene tra corpo umano e ambiente alle condizioni indicate nel paragrafo precedente.

Scambio di calore tra corpo umano e ambiente: "Valutazione globale invernale"	
Convezione (W/m <sup>2</sup> )	<b>25.05</b>
Irraggiamento (W/m <sup>2</sup> )	<b>26.86</b>
Respirazione (W/m <sup>2</sup> )	<b>6.94</b>
Sudorazione e traspirazione (W/m <sup>2</sup> )	<b>17.32</b>
Scambio calore totale (W/m <sup>2</sup> )	<b>76.17</b>
Cessione calore (W/m <sup>2</sup> )	<b>6.40 (Il totale del calore scambiato supera il metabolismo energetico decurtato della potenza meccanica)</b>

Lo scambio di calore tra corpo umano e ambiente, in percentuale, è mostrato nel grafico seguente:





## VALUTAZIONE DISCOMFORT LOCALI

Le tabelle seguenti mostrano le percentuali di insoddisfatti per i vari discomfort locali.

Correnti d'aria	
Temperatura aria $t_{a,l}$ (°C)	20.0
Velocità media aria $v_{a,l}$ (m/s)	0.10
Intensità turbolenza $Tu$ (%)	40
<b>Risultati</b>	
Rischio da correnti d'aria DR (%)	10.1
Categoria in termini di PMV, PPD e DR	Classe B

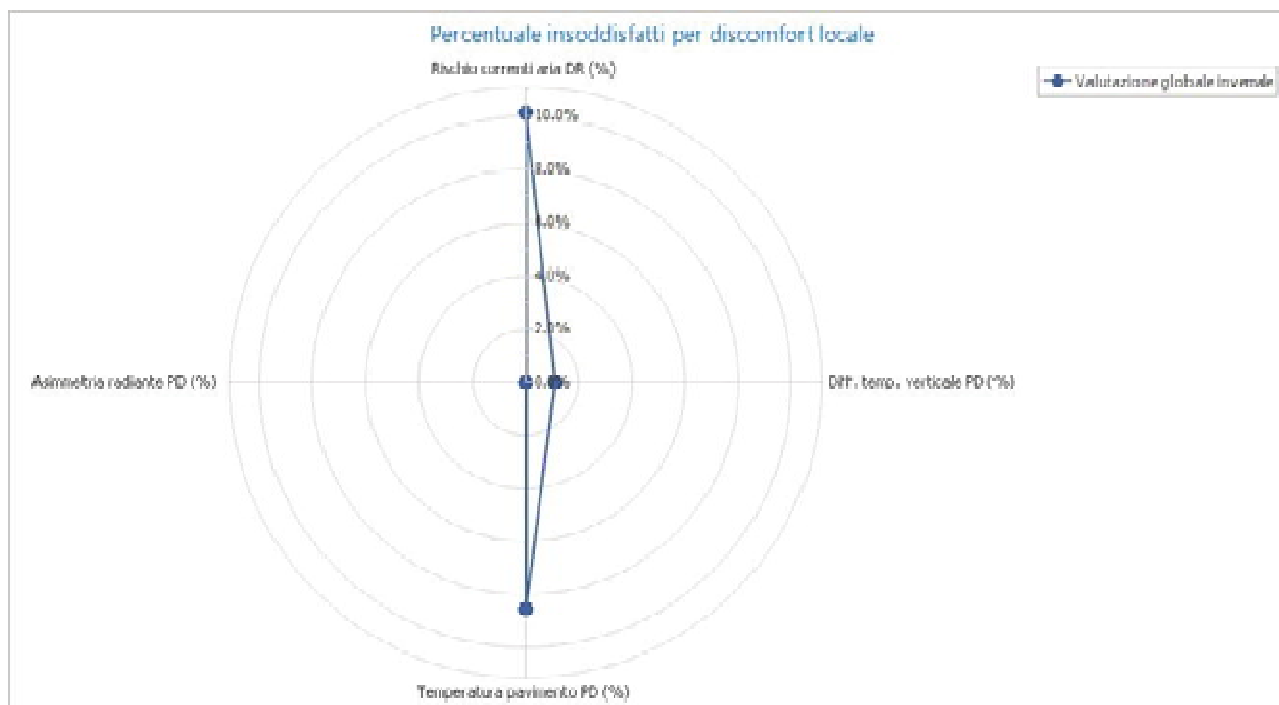
Differenza verticale della temperatura dell'aria	
Differenza temperatura testa-piedi $\Delta T_{a,v}$ (°C)	1.5
<b>Risultati</b>	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	1.1
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Pavimento caldo freddo	
Temperatura pavimento $T_f$ (°C)	20.0
<b>Risultati</b>	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	8.5
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante soffitto	
Temperatura superficiale $t_{cl}$ (°C)	25.7
Temperatura soffitto (°C)	20.0
Temperatura pavimento (°C)	20.0
Asimmetria temperatura radiante $\Delta T_{pr}$ (°C)	0.0
Tipo calcolo	-
<b>Risultati</b>	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Asimmetria radiante pareti	
Temperatura superficiale $t_{cl}$ (°C)	25.7
<b>Pareti frontale e posteriore</b>	
Temperatura parete frontale (°C)	20.0
Temperatura parete posteriore (°C)	20.0
Asimmetria temperatura radiante $\Delta T_{pr}$ (°C)	0.0
Tipo calcolo	-
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
<b>Pareti destra e sinistra</b>	
Temperatura parete destra (°C)	20.0
Temperatura parete sinistra (°C)	20.0
Asimmetria temperatura radiante $\Delta T_{pr}$ (°C)	0.0
Tipo calcolo	-
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
<b>Risultati</b>	
Percentuale insoddisfatti PD (%)	0.0
Categoria in termini di PMV, PPD e PD	Classe B

Il grafico seguente mostra le percentuali di insoddisfatti per i disagi locali:



**RISULTATI CONCLUSIVI****Valutazione globale ambienti**

Ambiente "Asilo"															
Dati ambiente termico								Risultati valutazione globale							
Ambiente termico	Stagione	t <sub>a</sub> (°C)	t <sub>r</sub> (°C)	U <sub>r</sub> (%)	v <sub>ar</sub> (m/s)	I <sub>cl</sub> (clo)	M (met)	t <sub>o</sub> (°C)	t <sub>cl</sub> (°C)	PMV	PPD (%)	Cat PMV PPD	Cat UNI 15251	Cat	Sensaz. termica
Valutazione globale invernale	Invernale	20.0	20.0	50.0	0.10	1.00	1.20	20.0	25.7	-0.34	7.3	<b>Classe B</b>	Categoria II	Classe B	Né caldo né freddo

**LEGENDA**

Dati ambiente termico t<sub>a</sub> (°C): Temperatura dell'aria (°C)

Dati ambiente termico t<sub>r</sub> (°C): Temperatura media radiante (°C)

Dati ambiente termico U<sub>r</sub> (%): Umidità relativa (%)

Dati ambiente termico v<sub>ar</sub> (m/s): Velocità relativa dell'aria (m/s)

Dati ambiente termico I<sub>cl</sub> (clo): Isolamento termico dell'abbigliamento (clo)

Dati ambiente termico M (met): Metabolismo energetico (met)

Risultati valutazione globale t<sub>o</sub> (°C): Temperatura operativa (°C)

Risultati valutazione globale t<sub>cl</sub> (°C): Temperatura superficiale dell'abbigliamento (°C)

Risultati valutazione globale PMV: Voto medio previsto

Risultati valutazione globale PPD (%): Percentuale prevista di insoddisfatti (%)

Risultati valutazione globale Cat PMV PPD: Categoria in termini di PMV e PPD

Risultati valutazione globale Cat UNI 15251: Categoria UNI 15251 in termini di PMV e PPD

Risultati valutazione globale Cat: Categoria comprensiva dei discomfort locali

Risultati valutazione globale Sensaz. Termica: Sensazione termica media prevista

Il tecnico  
Per. Ind. Riccardo Cervelier