

**NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE**

**LOTTO COSTRUTTIVO 1 / LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 02C/CHANTIER DE CONSTRUCTION 02C
RILOCALIZZAZIONE DELL'AUTOPORTO DI SUSÀ
DEPLACEMENT DE L'AUTOPORTO DE SUSE
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 682325367F**

**IMPIANTI FABBRICATI
IMPIANTI MECCANICI
Relazione Comfort Termico STAZIONE DI SERVIZIO**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04/2018	Prima emissione Première diffusion	A. BIANCHI (MUSINET ENG.)	A. LOVISOLO (MUSINET ENG.)	L. BARBERIS (MUSINET ENG.)

1	0	2	C	C	1	6	1	6	7	I	M	A	1	O	7
Lot Cos. Lot. Con.	Cantiere operativo/ Chantier de construction		Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre		Tratto Tronçon	Parte Partie					

E	I	M	R	E	2	4	2	0	0
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Objet		Numero documento Numéro de document			Indice Index	

**INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE/
/INTÉGRATION SPÉCIALISTE**



Dott. Ing. Andrea LOVISOLO
Albo di Torino
N° 11173 S



SCALA / ÉCHELLE
-

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

SOMMAIRE / INDICE

1. PREMESSA	3
2. CRITERI DI CALCOLO	4
2.1 Indici di comfort globale PMV e PPD.....	5
2.2 Discomfort locale.....	6
2.3 Considerazioni per il calcolo delle condizioni al contorno	7
3. RISULTATI COMFORT GLOBALE	9
4. RISULTATI. DISCOMFORT LOCALE.....	26
5. CONCLUSIONI.....	29

1. Premessa

La presente relazione analizza il comfort termico relativo al fabbricato STAZIONE DI SERVIZIO del nuovo aeroporto di San Didero (TO).

La qualità dell'aria interna e l'adeguatezza dell'impianto termico per garantire il comfort sono stati considerati dai progettisti degli impianti termici in fase di progetto. L'analisi del comfort termico è stata condotta mediante strumenti di analisi computazionale fluidodinamica (CFD).

Le condizioni di comfort termico per gli occupanti sono state verificate con il metodo descritto nella 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.

2. Criteri di calcolo

L'analisi degli indici di comfort globale è stata effettuata utilizzando il modulo di fluidodinamica computazionale del software Design Builder.

Sono stati selezionati alcuni ambienti destinati alla permanenza di persone (ufficio, Area Ristoro e Ingresso Bar), che si differenziano tra loro per terminali impiantistici in ambiente e caratteristiche geometriche, fornendo quindi una sintesi delle condizioni che caratterizzeranno l'edificio.

In particolare, sono stati valutati i seguenti ambienti del piano terra:

- ZONA UFFICI, SPOGLIATOI E SERVIZI CUCINA - Ufficio – n. 5;
- ZONA BAR, MARKET E RISTORANTE – Ingresso Bar – n. 1 e 2;
- ZONA BAR, MARKET E RISTORANTE – Area Ristoro – n. 3 e 4.



Figura 1 – Ambienti analizzati – Piano terra

2.1 Indici di comfort globale PMV e PPD

Il comfort termico può essere definito come la condizione mentale di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico. Gli studi sull'argomento mirano a stabilire relazioni fra la sensazione termica e i diversi parametri fisici che caratterizzano l'ambiente. La sensazione termica dell'uomo è, infatti, legata al bilancio di energia termica sul corpo umano visto nel suo complesso.

Per la valutazione del comfort termico degli ambienti termici "moderati", si utilizzano gli indici PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted percentage of dissatisfied).

Il PMV è un indice che predice il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone sulla seguente scala di sensazione termica a 7 punti:

- + 3 molto caldo
- + 2 caldo
- + 1 leggermente caldo
- 0 neutro
- 1 leggermente freddo
- 2 freddo
- 3 molto freddo.

L'indice PMV è basato sulla rielaborazione dell'equazione di bilancio termico del corpo umano, quando sono stimati:

- l'attività (energia metabolica - MET);
- l'abbigliamento (resistenza termica - CLO)

e misurati i seguenti parametri ambientali:

- temperatura dell'aria;
- temperatura media radiante;
- velocità relativa dell'aria;
- pressione parziale del vapore d'acqua.

L'indice PPD fornisce informazioni sul disagio termico, o sul malessere termico, prevedendo la percentuale di persone che sentirebbe troppo caldo o troppo freddo in un certo ambiente e può essere ricavato sulla base del PMV.

Per soddisfare le condizioni di comfort globale all'interno di un ambiente è necessario che la percentuale massima di insoddisfatti non superi il 15% e che di conseguenza il PMV non vada al di fuori dell'intervallo compreso fra -0,7 e 0,7. Si faccia riferimento alla tabella I.

Tabella I – UNI: 7730:2006

CATEGORIA	PPD (%)	PMV
A	< 6	-0,2 <PMV< 0,2
B	< 10	-0,5 <PMV< 0,5
C	< 15	-0,7 <PMV< 0,7

Per il rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) definiti all'interno dell'allegato del DM 11 ottobre 2017 – “Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.” (G.U. n. 259 del 06 novembre 2017) si richiede di assicurare le condizioni conformi almeno alla classe B (classe II) secondo la norma ISO 7730:2006 in termini di PMV e PPD.

2.2 Discomfort locale

Oltre alla valutazione degli indici di “comfort globale”, in precedenza descritti, è importante prendere in considerazione anche le principali cause che provocano discomfort locale dovuto alla disomogeneità del raffreddamento o riscaldamento del corpo umano, in particolare:

- differenza verticale di temperatura;
- asimmetria della temperatura media radiante;
- pavimento con temperatura eccessivamente bassa o alta;
- correnti d'aria.

Tabella II – UNI: 7730:2006

CATEGORIA	DR (%)	PD (%)		
		differenza verticale di temperatura	pavimento caldo o freddo	asimmetria radiante
A	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 30	< 10	< 15	< 10

2.3 Considerazioni per il calcolo delle condizioni al contorno

I valori di temperatura superficiale delle pareti dei locali sono stati ricavati a partire dal flusso termico che attraversa il componente edilizio (dipendente dal gradiente di temperatura esterno – interno e dalla trasmittanza termica (U) del componente), mediante il seguente procedimento:

$$\Phi = U \cdot \Delta T \quad [\text{W/m}^2] \quad [1]$$

$$T_{\text{super.int}} = T_{\text{interna}} - (\Phi/h_i) \quad [^\circ\text{C}] \quad [2]$$

Dove h_i è il coefficiente di adduzione che vale 7,7 W/m²K per le superfici verticali interne, 5,9 W/m²K per le superfici orizzontali interne con flusso discendente e 10 W/m²K per le superfici orizzontali interne con flusso ascendente (da norma UNI EN ISO 6946).

Si considera per il periodo invernale:

- temperatura dell'aria interna pari a 20 °C (valore di progetto);
- umidità relativa dell'aria interna pari a 50% (valore di progetto);
- temperatura esterna pari a -9 °C (corrispondente alla temperatura di progetto secondo la norma UNI 5364 e successivi aggiornamenti);
- temperatura del terreno pari a -3,2 °C (utilizzando fattore di correzione $b_{tr,U}$ da UNI EN 12831:2006);
- temperatura locali non climatizzati pari a 8,4 °C (utilizzando fattore di correzione $b_{tr,U}$ da UNI EN 12831:2006);
- irradianza solare considerata pari a zero (condizioni maggiormente gravose).

e per il periodo estivo:

- temperatura dell'aria interna pari a 26 °C (valore di progetto);
- umidità relativa dell'aria interna pari a 50% (valore di progetto);
- temperatura esterna pari a 30,5 °C (secondo la norma UNI 10349);
- temperatura del terreno pari a 22,5 °C (assumendo il valore medio mensile di temperatura dell'aria del mese più caldo);
- temperatura locali non climatizzati pari a 30,5 °C (assumendo, in via cautelativa, il valore di progetto per la temperatura esterna);
- irradianza solare massima estiva incidente sulle superfici alla latitudine di 45°N e per le diverse esposizioni secondo la normativa UNI 10349 (765 W/m²: parete esposta a ovest alle ore 16:00; 528 W/m²: parete esposta a sud alle ore 12:00; 192 W/m²: parete esposta a nord alle ore 6:00; 765 W/m²: parete esposta a est alle ore 8:00...). Per tenere conto dell'irradianza solare e per considerare quindi le condizioni più gravose, si considera per i calcoli di cui al punto [1] la temperatura sole-aria al posto della temperatura esterna, ossia la temperatura fittizia che apporterebbe sulla superficie esterna lo stesso flusso termico che si ha nella realtà per effetto della radiazione solare e scambio termico per convezione con l'aria esterna.

Si considerano inoltre le caratteristiche termiche dei diversi componenti edilizi come riportate negli elaborati progettuali (Relazione tecnica Legge n.10/1991 e s.m.i. STAZIONE DI SERVIZIO).

Valori trasmittanza termica (U):

- M1 - Muro verso esterno: $0,172 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- M2 - Muro verso locali non climatizzati: $0,195 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- P1 - Pavimento contro terra su igloo: $0,310 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- S1 - Soffitto verso esterno: $0,240 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- S2 - Soffitto verso locali tecnici: $0,290 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Valori trasmittanza termica infisso (U_w):

- W1 - Serramenti esterni: $1,600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- W2 - Serramenti esterni facciata continua: $1,600 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- W3 - Copertura vetrata giardino/ingresso: $1,500 \text{ W/m}^2\text{K}$;

L'impianto di climatizzazione a servizio dell'ufficio è costituito da un ventilconvettore abbinato ad un sistema di ventilazione meccanica. Gli ambienti della zona Bar, Market e Ristorante sono del tipo a tutt'aria. La descrizione dei terminali di impianto è riportata, ambiente per ambiente, nel capitolo dei risultati.

3. Risultati comfort globale

ZONA UFFICI, SPOGLIATOI E SERVIZI CUCINA - Ufficio – n. 5;

Descrizione Ambiente

L'ufficio, collocato al piano terra della STAZIONE DI SERVIZIO, è un ambiente di circa 11 m², progettato per ospitare una postazione lavorativa.

Il locale è climatizzato mediante un fancoil collocato sotto la finestra con una portata di aria pari a 350 m³/h. È inoltre presente una bocchetta di mandata dell'aria di ventilazione, la cui portata è desunta dagli elaborati progettuali ed è pari a 140 m³/h. Non sono presenti bocchette di ripresa dell'aria.

Il soffitto del locale confina con i locali tecnici non climatizzati del piano primo, e una delle pareti perimetrali confina con l'esterno. Le altre pareti sono considerate adiabatiche. Il pavimento è contro terra.

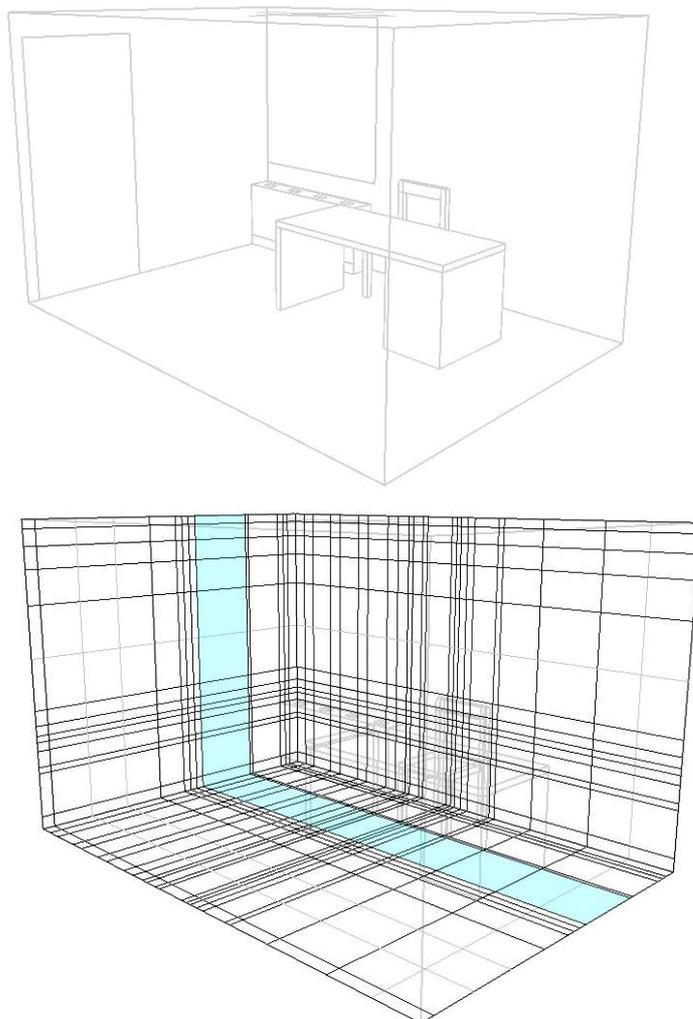


Figura 2 – Ufficio e distribuzione degli arredi (sopra) – griglia di analisi (sotto)

REGIME INVERNALE

Input

Temperatura superficiale pareti interne:	20,0 °C
Temperatura superficiale pareti confinanti con l'esterno:	19,4 °C
Temperatura superficiale serramento:	14,0 °C
Temperatura superficiale soffitto:	19,7 °C
Temperatura superficiale pavimento:	18,8 °C
Temperatura di immissione aria (ventilazione):	20,0 °C
Temperatura di immissione aria ventilconvettori:	35,0 °C
Flusso d'aria immesso ed estratto dall'ambiente:	140 m3/h
MET:	1,2 (attività sedentaria)
CLO:	1 (abbigliamento invernale)
Umidità relativa:	50%

Output

Dopo un numero di 1000 iterazioni, durante le condizioni invernali più gravose, emerge che l'indice PMV, nelle zone occupate, varia fra -0,3 e 0. L'ambiente rientra quindi in Categoria B con PPD inferiore al 10%.

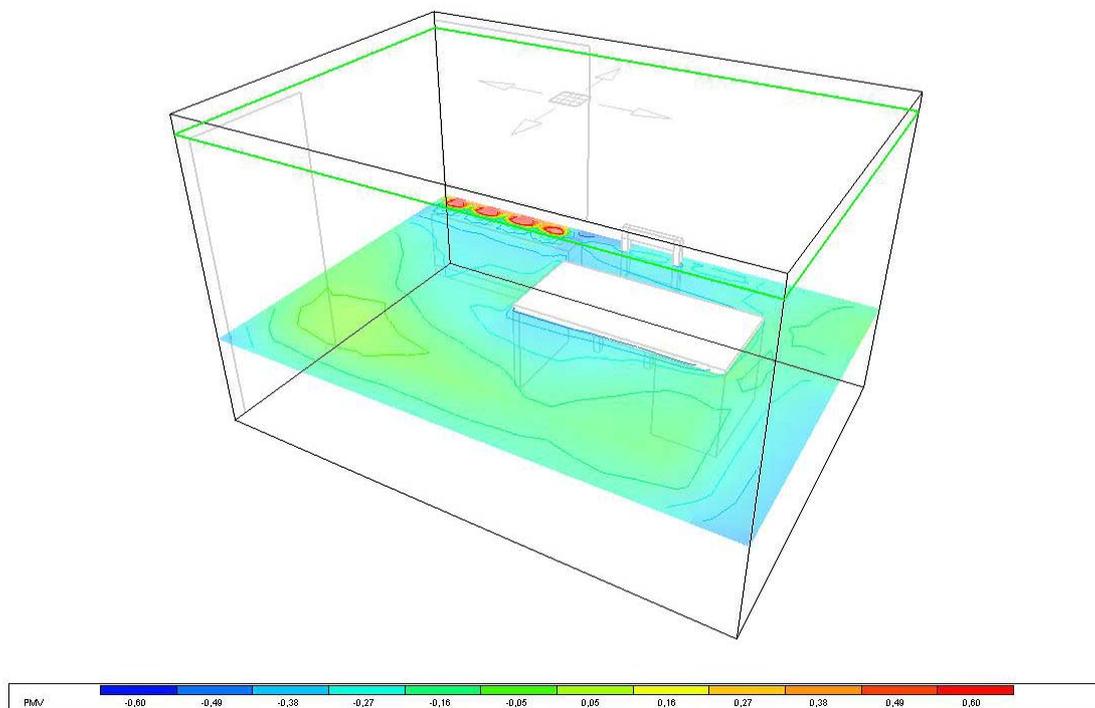


Figura 3 – PMV regime invernale – sezione orizzontale sul piano di lavoro

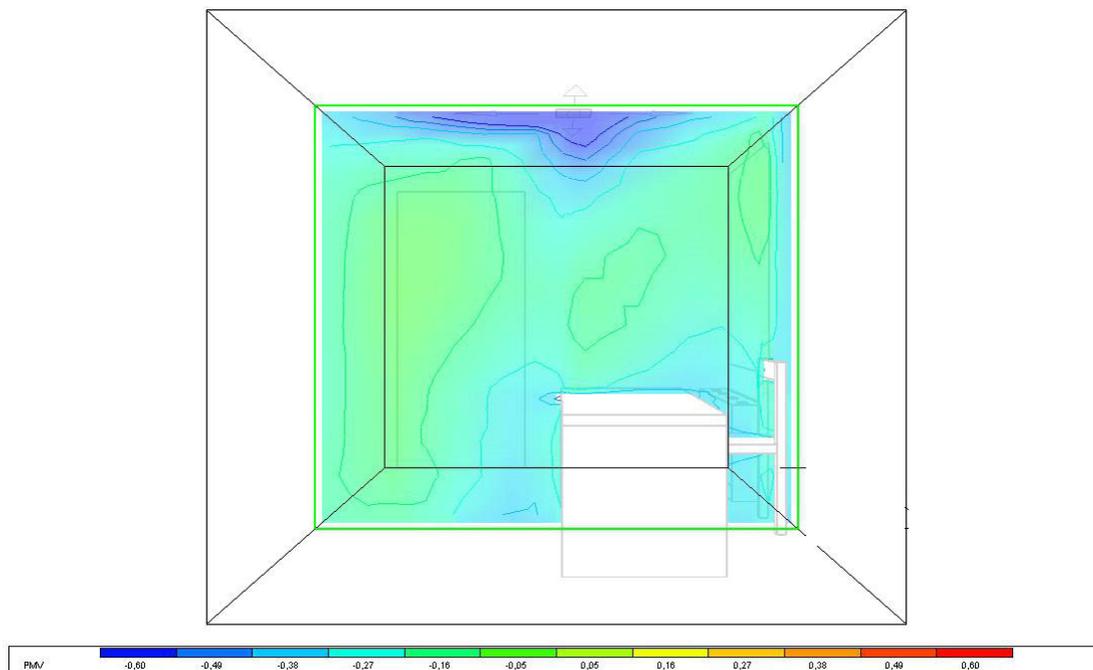


Figura 4 – PMV regime invernale – sezione verticale in corrispondenza della postazione lavorativa

REGIME ESTIVO

Input

Temperatura superficiali pareti interne:	26,0 °C
Temperatura superficiale pareti confinanti con l'esterno:	26,6 °C
Temperatura superficiale serramento:	28,1 °C
Temperatura superficiale soffitto:	26,2 °C
Temperatura superficiale pavimento:	25,8 °C
Temperatura di immissione aria (ventilazione):	26 °C
Temperatura di immissione aria ventilconvettori:	15 °C
Flusso d'aria immesso ed estratto dall'ambiente:	140 m ³ /h
MET:	1,2(attività sedentaria)
CLO:	0,7 (abbigliamento estivo)
Umidità relativa:	50%

Output

Dopo un numero di 1000 iterazioni, durante le condizioni estive più gravose, emerge che l'indice PMV, nelle zone occupate varia fra $-0,1$ e $+0,5$ rientrando quindi in Categoria B con indice PPD inferiore al 10%.

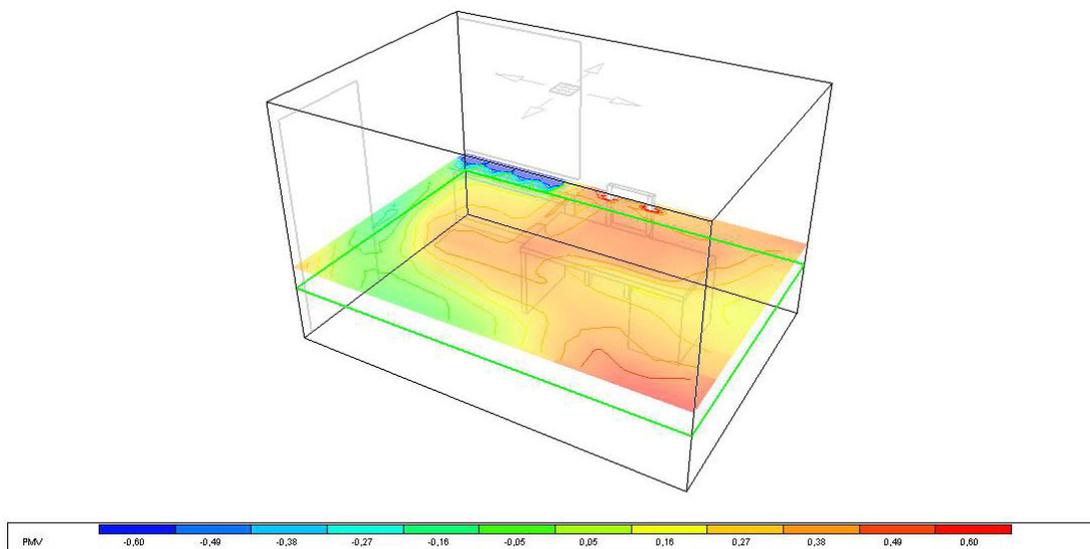


Figura 5: PMV regime estivo – sezione orizzontale sul piano di lavoro

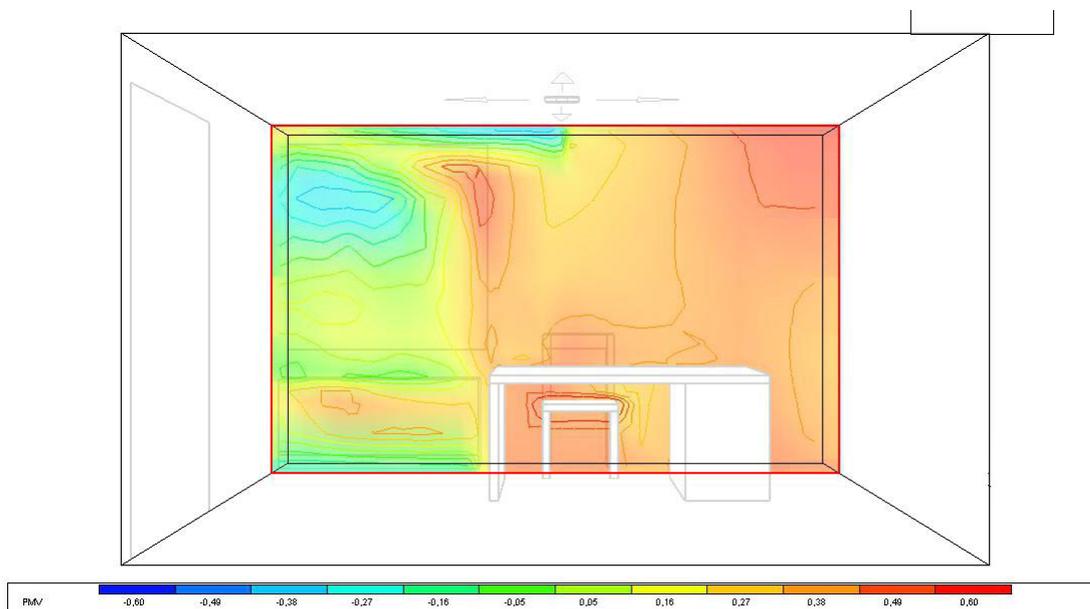


Figura 6: PMV regime estivo – sezione verticale in corrispondenza della postazione lavorativa

ZONA BAR, MARKET E RISTORANTE – Ingresso Bar – n. 1 e 2;Descrizione Ambiente

L'ingresso bar è collocato al piano terra della STAZIONE DI SERVIZIO ed è un ambiente di circa 400 m², che ospita l'area market e il bar.

Il locale è climatizzato da un impianto a tutt'aria. Sono presenti n° 42 ugelli di mandata aria a lunga gittata. Le portate sono desunte dagli elaborati tecnici e si considera una portata pari a 450 m³/h l'uno per n° 14 ugelli; per i restanti 28 ugelli la portata è pari a 350 m³/h l'uno.

Le bocchette di ripresa sono collocate nella zona del bancone del bar per un totale di 8.400 m³/h (4 bocchette da 300 m³/h incassate nel controsoffitto e 3 bocchette verticali, due da 1800 m³/h e una da 3600 m³/h).

Sulla porta d'ingresso principale è presente una lama d'aria con alimentazione elettrica, portata pari a 2700 m³/h e temperatura dell'aria in uscita pari a 31°C.

Il soffitto e tre delle pareti perimetrali del locale confinano con l'esterno, le altre pareti sono considerate adiabatiche. Il pavimento è contro terra.

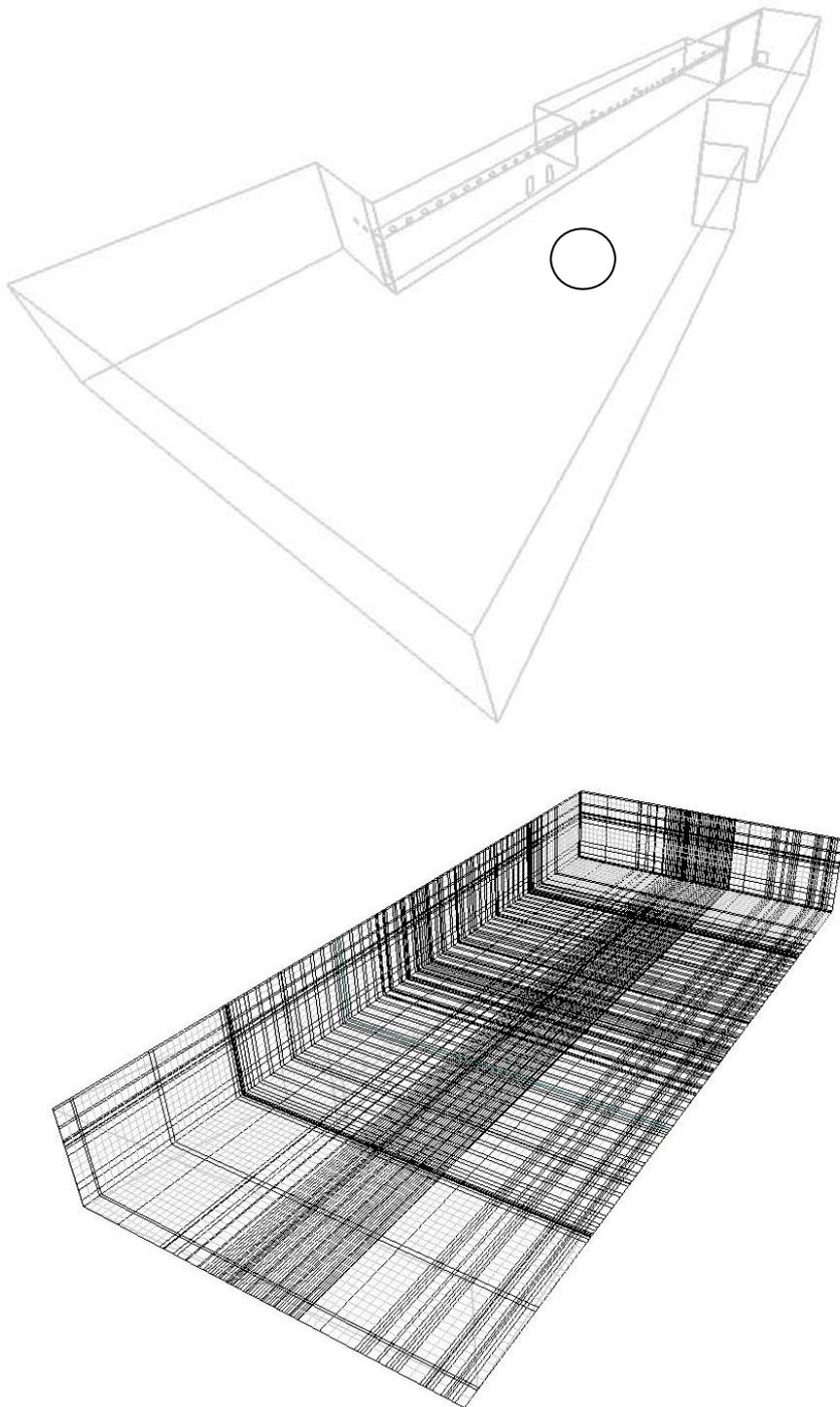


Figura 7: *Ingresso bar (sopra) – griglia di analisi (sotto)*

REGIME INVERNALE*Input*

Temperatura superficiali pareti interne:	20,0 °C
Temperatura superficiale pareti confinanti con l'esterno:	19,4 °C
Temperatura superficiale serramento:	14,0 °C
Temperatura superficiale soffitto:	19,3 °C
Temperatura superficiale pavimento:	18,8 °C
Temperatura di immissione aria:	30°C
Temperatura di immissione aria (lama d'aria):	31°C
Flusso d'aria immesso ed estratto dall'ambiente:	16.000 m ³ /h
MET:	1,2 (attività sedentaria)
CLO:	1 (abbigliamento invernale)
Umidità relativa:	50%

Output

Dopo un numero di 1000 iterazioni, durante le condizioni invernali più gravose, emerge che l'indice PMV, nelle zone occupate, varia fra -0,4 e 0,4. L'ambiente rientra quindi in Categoria B con PPD inferiore al 10%.

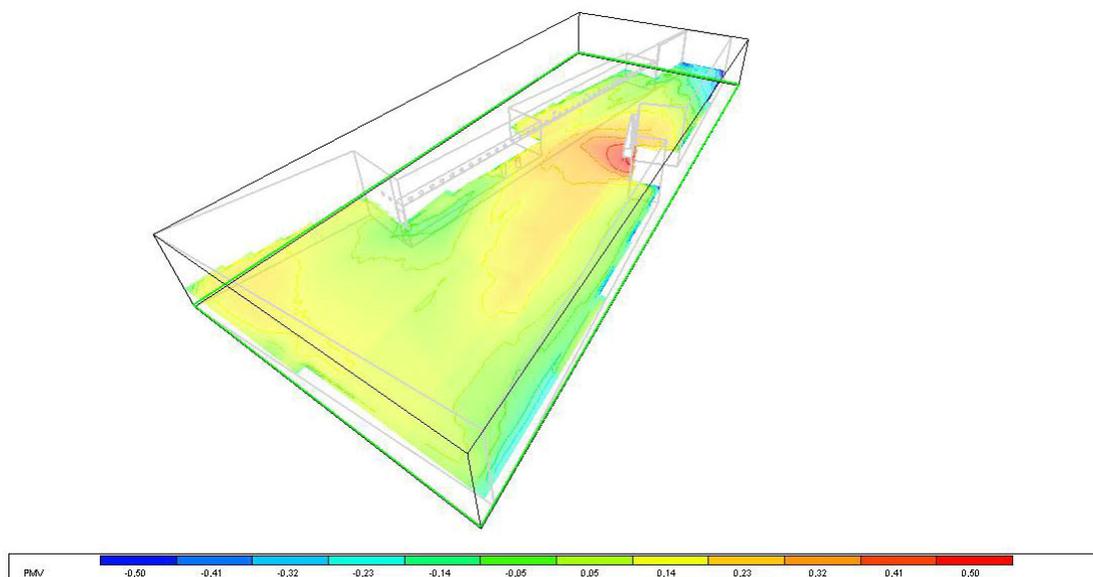


Figura 8: PMV regime invernale – sezione orizzontale

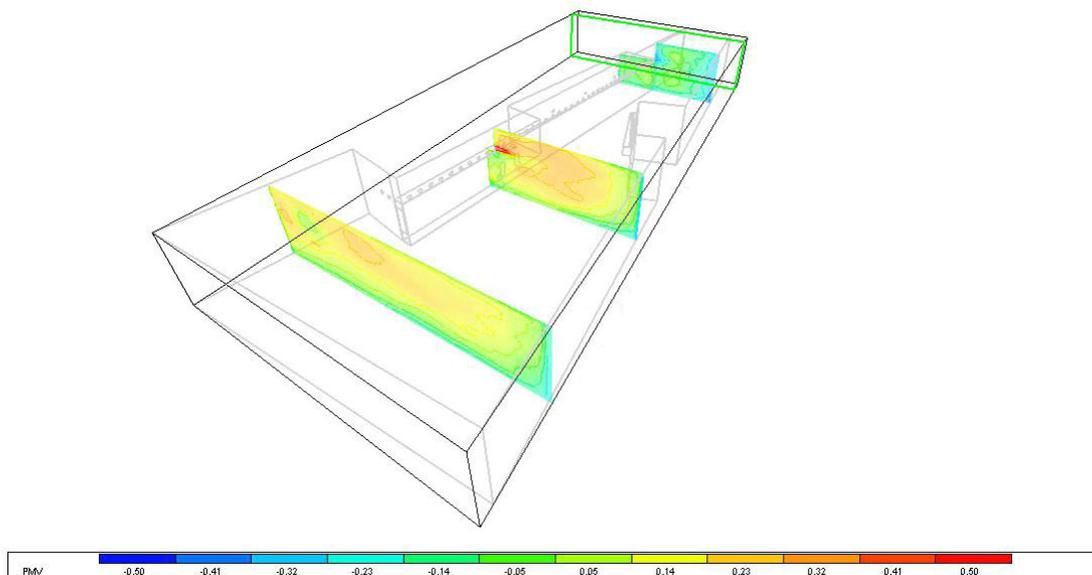


Figura 9: PMV regime invernale – sezione verticale

REGIME ESTIVO

Input

Temperatura superficiali pareti interne:	26,0 °C
Temperatura superficiale pareti confinanti con l'esterno:	26,1/26,4/26,6 °C
Temperatura superficiale serramento:	28,1 °C
Temperatura superficiale soffitto:	27,3 °C
Temperatura superficiale pavimento:	25,8 °C
Temperatura di immissione aria:	18 °C
Flusso d'aria immesso ed estratto dall'ambiente:	16.000 m ³ /h
MET:	1,2 (attività sedentaria)
CLO:	0,7 (abbigliamento estivo)
Umidità relativa:	50%

Output

Dopo un numero di 1000 iterazioni, durante le condizioni estive più gravose, emerge che l'indice PMV, nelle zone occupate varia fra $-0,5$ e $+0,3$ rientrando quindi in Categoria B con indice PPD inferiore al 10%.

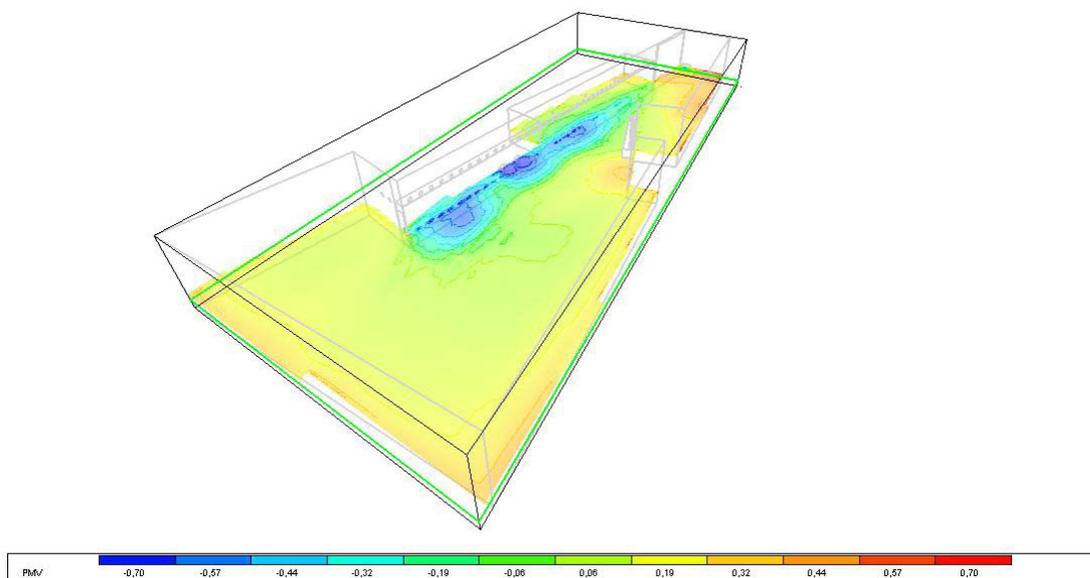


Figura 10: PMV regime estivo – sezione orizzontale

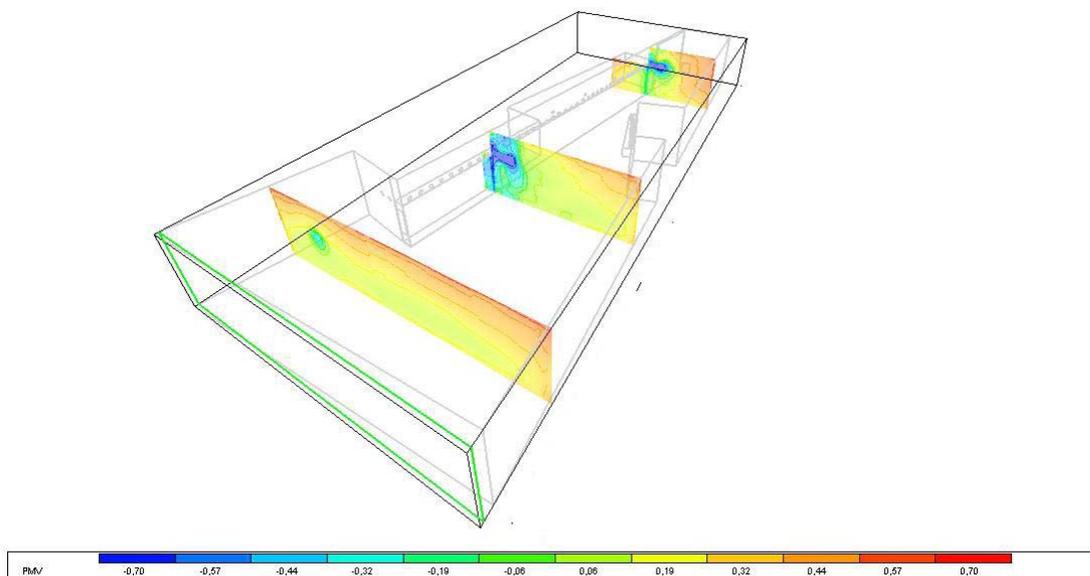


Figura 11: PMV regime estivo – sezioni verticali

ZONA BAR, MARKET E RISTORANTE – Area Ristoro – n. 3 e 4

Descrizione Ambiente

L'Area Ristoro (ristoro e area self-service) è collocata al piano terra della STAZIONE DI SERVIZIO, ed è un ambiente di circa 270 m².

Il locale è climatizzato da un impianto a tutt'aria. Sono presenti n° 16 diffusori quadrangolari microforati di mandata aria, incassati nel controsoffitto, con una portata di aria di 630 m³/h l'uno. Sono inoltre presenti n° 14 ugelli di mandata aria a lunga gittata con portata pari a 350 m³/h l'uno.

Le bocchette di ripresa dell'aria sono 5 da 600 m³/h, sono inoltre presenti n° 2 bocchette verticali da 5000 m³/h l'una.

Il soffitto, in parte vetrato, e una delle pareti perimetrali del locale (facciata vetrata) confinano con l'esterno le altre pareti sono considerate adiabatiche. Il pavimento è contro terra.

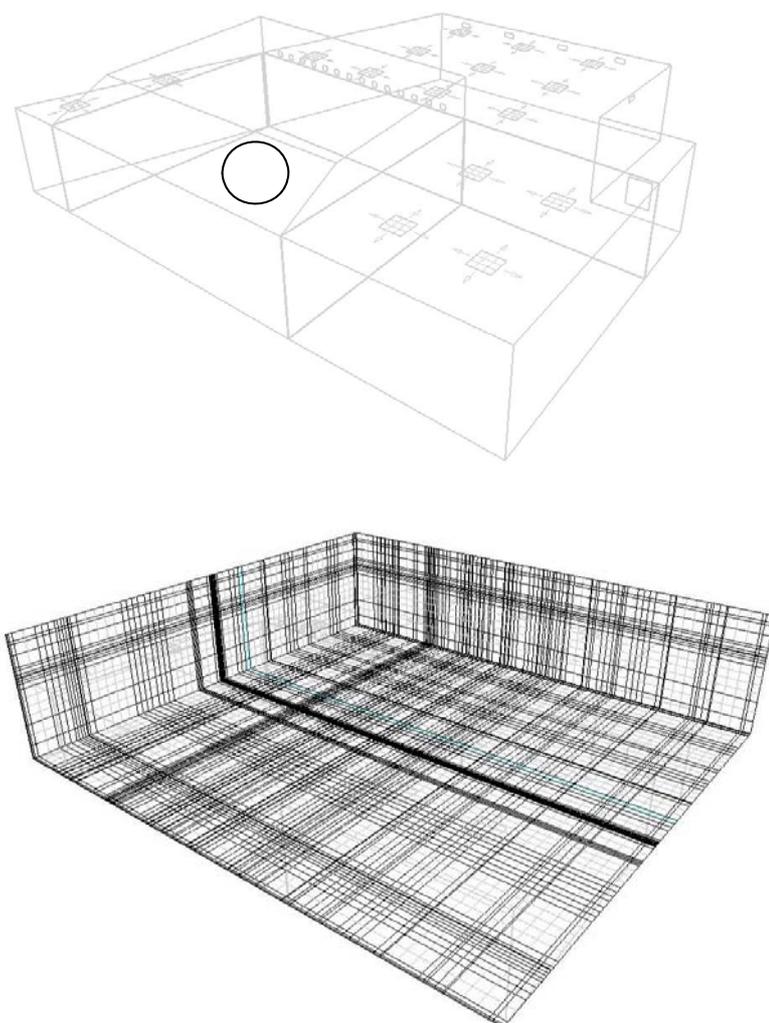


Figura 12: Area Ristoro (sopra) – griglia di analisi (sotto).

REGIME INVERNALE

Input

Temperatura superficiale pareti interne:	20,0 °C
Temperatura superficiale pareti confinanti con l'esterno:	19,4 °C
Temperatura superficiale serramento:	14,0 °C
Temperatura superficiale soffitto:	19,3 °C
Temperatura superficiale copertura vetrata:	15,7 °C
Temperatura superficiale pavimento:	18,8 °C
Temperatura di immissione aria:	30 °C
Flusso d'aria immesso ed estratto dall'ambiente:	15.000 m ³ /h
MET:	1,2 (attività sedentaria)
CLO:	1 (abbigliamento invernale)
Umidità relativa:	50%

Output

Dopo un numero di 1000 iterazioni, durante le condizioni invernali più gravose, emerge che l'indice PMV, nelle zone occupate, varia fra -0,2 e 0,3. L'ambiente rientra quindi in Categoria B con PPD inferiore al 10%.

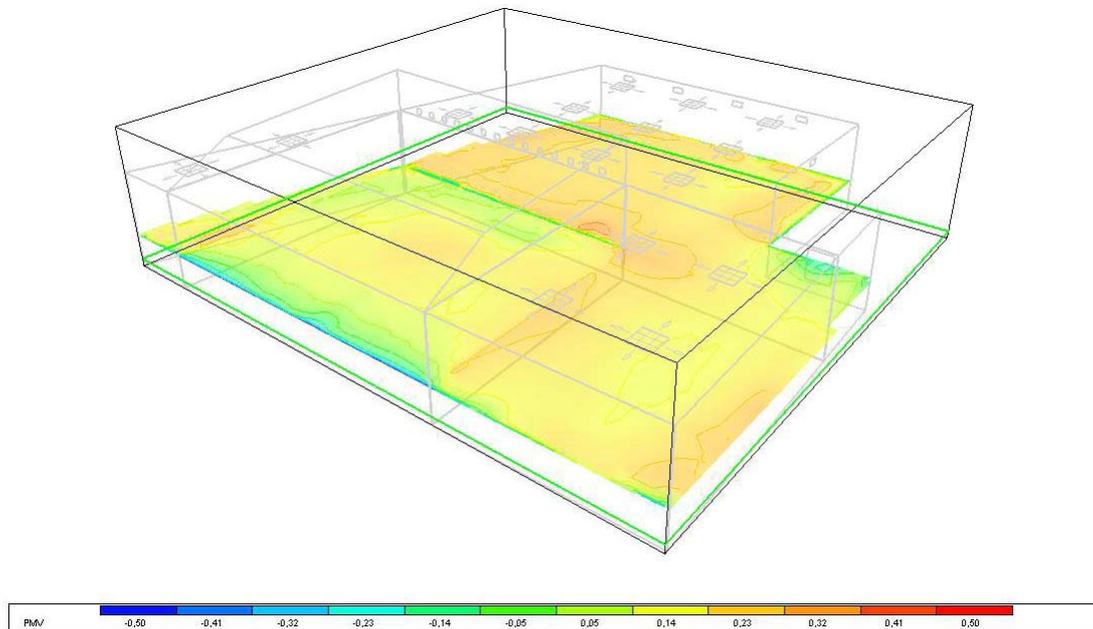


Figura 13: PMV regime invernale – sezione orizzontale

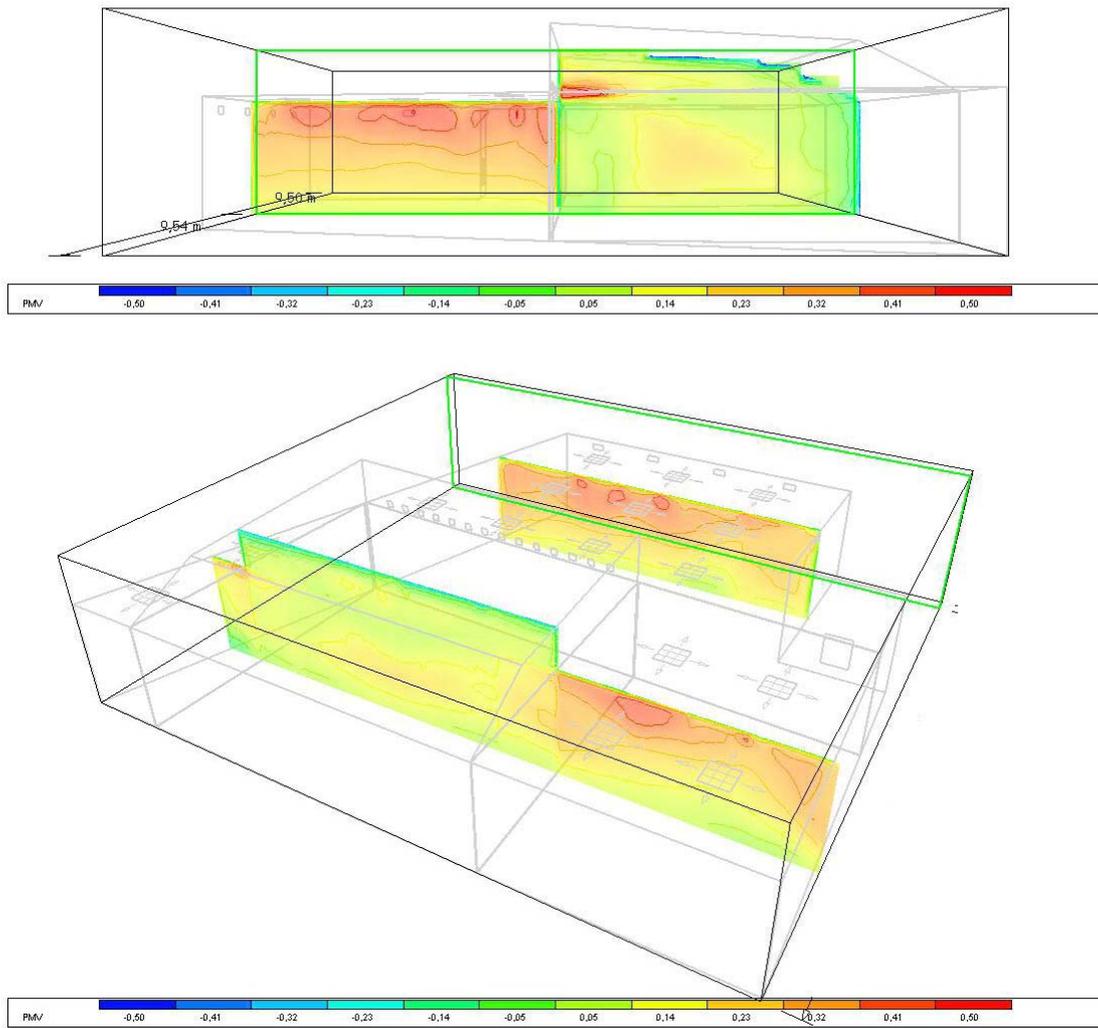


Figure 14 e 15: PMV regime invernale – sezioni verticali

REGIME ESTIVO*Input*

Temperatura superficiale pareti interne:	26,0 °C
Temperatura superficiale pareti confinanti con l'esterno:	26,4 °C
Temperatura superficiale serramento:	27,4 °C
Temperatura superficiale soffitto:	27,3 °C
Temperatura superficiale copertura vetrata:	29,0°C
Temperatura superficiale pavimento:	25,8 °C
Temperatura di immissione aria:	18 °C
Flusso d'aria immesso ed estratto dall'ambiente:	15.000 m ³ /h
MET:	1,2 (attività sedentaria)
CLO:	0,7 (abbigliamento estivo)
Umidità relativa:	50%

Output

Dopo un numero di 1000 iterazioni, durante le condizioni estive più gravose, emerge che l'indice PMV, nella maggior parte delle zone occupate varia fra - 0,5 e + 0,3 rientrando quindi in Categoria B con indice PPD inferiore al 10%.

Fa eccezione solamente una piccola area in prossimità delle bocchette verticali di ripresa per cui il valore di PMV calcolato è inferiore a -0,5. Tale comportamento è da attribuire a valori di velocità dell'aria elevati in prossimità della bocchetta di estrazione. Si specifica, tuttavia, che nel modello la bocchetta ha una forma differente e una dimensione inferiore rispetto a quella di progetto (per esigenze di semplificazione del software di modellazione) e che quindi le velocità reali potrebbero non essere così elevate. Tale considerazione, sommata alla limitazione di estensione dell'area a ridosso della bocchetta che può essere ragionevolmente esclusa dalle aree occupate, consente di poter non considerare tale area nelle valutazioni sul comfort globale dell'Area Ristoro.

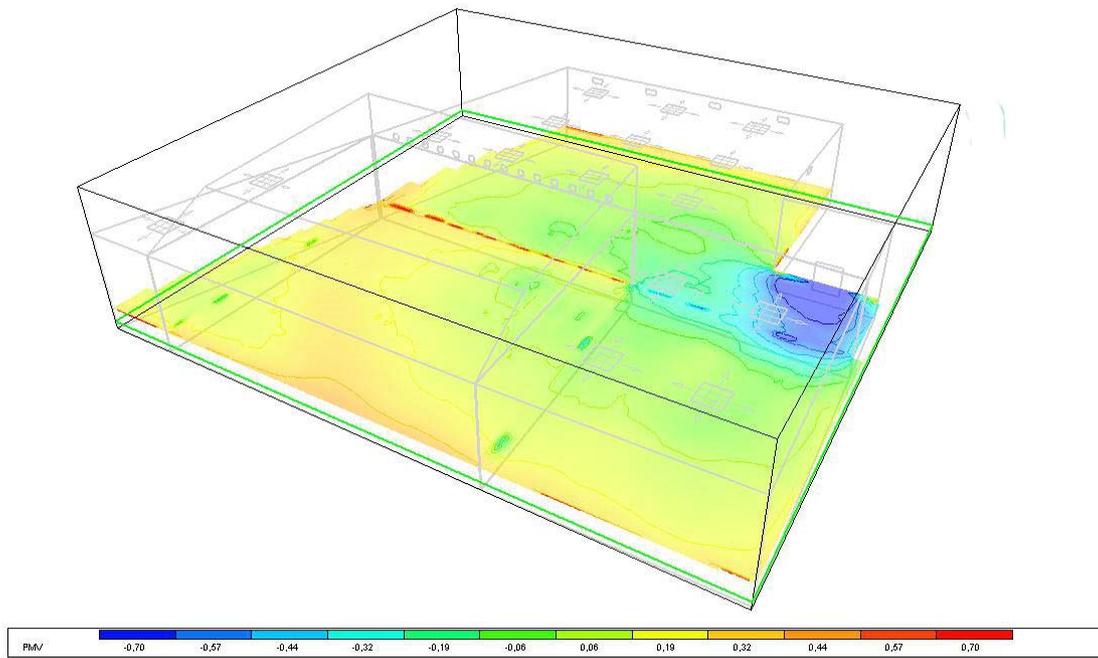


Figura 16: PMV regime estivo – sezione orizzontale

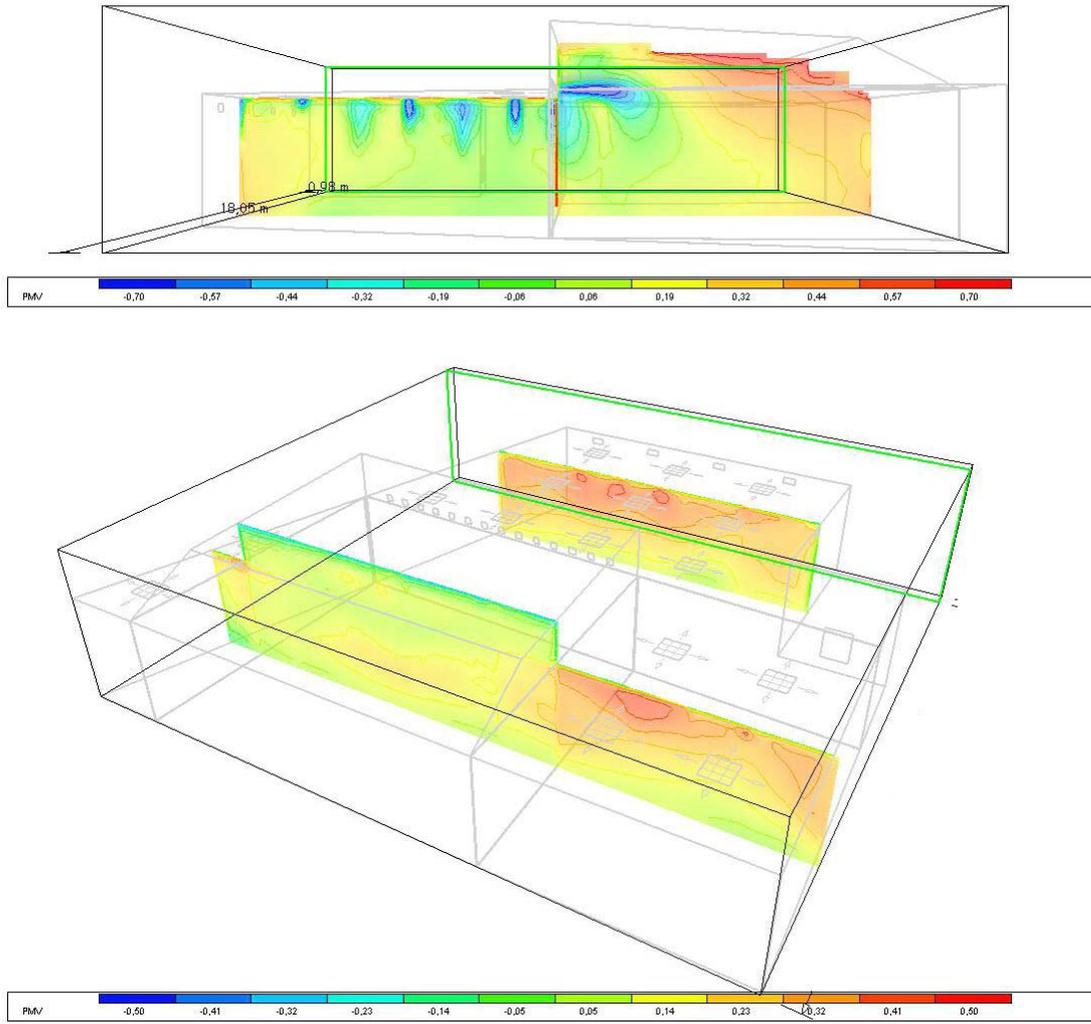


Figure 17 e 18: PMV regime estivo – sezioni verticali

VERIFICA RISULTATI. Comfort globale

La simulazione CFD fornisce dati dettagliati di temperatura, comfort e flusso d'aria all'interno degli edifici. Il software utilizzato (Design Builder CFD) restituisce immagini tridimensionali costituite da vettori e gradienti di colore con scale di rappresentazione modulabili, che consentono di studiare fenomeni che si verificano a livello locale. Tale software è stato testato mediante un lavoro di convalida, effettuato dalla Northumbria University, Newcastle.

Si riportano di seguito i risultati puntuali per le posizioni evidenziata nelle figure 2, 7, e 12, al fine di poter verificare i risultati della simulazione, secondo quanto previsto dall'appendice D della norma UNI EN ISO 7730:2006. I valori sono tratti dalle sezioni ricavate ad un'altezza di 1,1 metri. Dove non sono presenti postazioni lavorative, i dati sono stati rilevati al centro del locale.

Si specifica che i valori riportati nelle tabella nelle colonne 2, 3 e 4 (temperatura aria, temperatura media radiante e velocità dell'aria) sono ricavati dalle immagini di output del software. Nelle colonne 5, 6 e 7 (UR, MET e CLO) sono riportati i valori di progetto impostati. Il calcolo dei valori di PMV e PPD è effettuato mediante programma conforme all'Annex D della norma UNI EN ISO 7730. Risulta quindi verificata la corrispondenza fra i valori calcolati e gli output del software CFD utilizzato.

Regime invernale

Locale	temperatura aria (°C)	temperatura media radiante (°C)	velocità dell'aria (m/s)	umidità relativa (%)	MET	CLO	PMV	PPD	Classe
SS ufficio n.5	21,9	19,3	0,18	50	1,2	1	-0,3	7,0	B
SS ingresso bar	25,7	18,6	0,20	50	1,2	1	0,2	5,5	A
SS area ristoro	25,7	18,4	0,12	50	1,2	1	0,2	5,6	A

Regime estivo

Locale	temperatura aria (°C)	temperatura media radiante (°C)	velocità dell'aria (m/s)	umidità relativa (%)	MET	CLO	PMV	PPD	Classe
SS ufficio n.5	24,3	26,3	0,14	50	1,2	0,7	0,4	7,8	B
SS ingresso bar	21,7	26,0	0,09	50	1,2	0,7	0,1	5,1	A
SS area ristoro	21,7	26,3	0,16	50	1,2	0,7	-0,1	5,2	A

4. Risultati. Discomfort locale

Per i diversi ambienti sono state inoltre valutate le principali cause di discomfort locale. Si riportano i calcoli effettuati per le posizioni evidenziate nelle figure 2, 7 e 12.

Si specifica che i valori riportati nella tabella sono ricavati dalle immagini di output del software o, nel caso delle temperature superficiali, dai valori di input impostati. Il calcolo della percentuale di insoddisfatti è effettuato mediante le formule definite dalla norma UNI EN ISO 7730.

- differenza verticale di temperatura;

La differenza verticale di temperatura (differenza tra testa e caviglie) è risultata sempre inferiore ai 2°C per tutti i locali analizzati, sia nelle condizioni invernali che in quelle estive. La percentuale di insoddisfatti (PD%) risulta quindi inferiore al 3% (CLASSE A).

Regime invernale

Locale	temperatura 0,1 m (°C)	temperatura 1,1 m (°C)	ΔT	PD%
SS – ufficio n.5	20,9	21,9	1,0	0,7
SS - ingresso bar	24,5	25,7	1,2	0,9
SS - area ristoro	25,5	25,7	0,2	0,4

Regime estivo

Locale	temperatura 0,1 m (°C)	temperatura 1,1 m (°C)	ΔT	PD%
SS – ufficio n.5	24,0	24,3	0,3	0,4
SS - ingresso bar	22,2	21,7	0,5	0,5
SS - area ristoro	22,1	21,7	0,4	0,4

- pavimento con temperatura eccessivamente bassa o alta

I valori di temperatura superficiale considerati per il pavimento, nelle condizioni invernali ed estive più gravose, consentono di far rientrare i diversi ambienti nella categorie B e C di comfort in quanto la percentuale di insoddisfatti risulta prossima al 10% o inferiore.

Regime invernale

Locale	Temperatura pavimento (°C)	PD%
SS – ufficio n.5	18,8	10,2
SS - ingresso bar	18,8	10,2
SS - area ristoro	18,8	10,2

Regime estivo

Locale	Temperatura pavimento (°C)	PD%
SS – ufficio n.5	25,8	6,0
SS - ingresso bar	25,8	6,0
SS - area ristoro	25,8	6,0

- correnti d'aria.

I valori di velocità dell'aria (m/s) in prossimità delle postazioni di lavoro sono contenuti e sempre inferiori a 0,2 m/s. Non si evidenziano, di conseguenza, cause di discomfort locale legate a correnti d'aria. La percentuale di insoddisfatti risulta sempre inferiore al 10% (CLASSE A).

Regime invernale

Locale	temperatura aria (°C)	velocità aria (m/s)	intensità di turbolenza (%)	PD%
SS – ufficio n.5	21,9	0,18	40%	10,8
SS - ingresso bar	25,7	0,2	40%	8,1
SS - area ristoro	25,7	0,12	40%	5,0

Regime estivo

Locale	temperatura aria (°C)	velocità aria (m/s)	intensità di turbolenza (%)	PD%
SS – ufficio n.5	24,0	0,14	40%	7,1
SS - ingresso bar	21,7	0,09	40%	5,3
SS - area ristoro	21,7	0,16	40%	9,9

- asimmetria della temperatura media radiante;

Le persone sono maggiormente sensibili all'asimmetria radiante causata da soffitti caldi o pareti e finestre fredde. I valori di temperatura superficiale di soffitti e serramenti considerati per le simulazioni, consentono di escludere la presenza di cause di discomfort locale legato ad asimmetria radiante. In tabella sono riportate le percentuali di insoddisfatti massime calcolate che risultano sempre inferiori al 5%.

Regime invernale

Locale	Temperatura pareti (°C)	Tipo di calcolo	PD%
SS – ufficio n.5	T parete frontale: 20,0 T parete posteriore: 19,4 T parete destra: 20,0 T parete sinistra: 20,0 T soffitto: 19,7 T pavimento: 18,8	parete fredda	0,17
SS - ingresso bar	T parete frontale: 20,0 T parete posteriore: 14,0 T parete destra: 19,4 T parete sinistra: 19,4 T soffitto: 19,3 T pavimento: 18,8	parete fredda	1,06
SS - area ristoro	T parete frontale: 20,0 T parete posteriore: 14,0 T parete destra: 20,0 T parete sinistra: 20,0 T soffitto: 15,7 T pavimento: 18,8	parete fredda	1,06

Regime estivo

Locale	Temperatura pareti (°C)	Tipo di calcolo	PD%
SS – ufficio n.5	T parete frontale: 26,0 T parete posteriore: 26,6 T parete destra: 26,0 T parete sinistra: 26,0 T soffitto: 26,2 T pavimento: 25,8	soffitto caldo	0,20
SS - ingresso bar	T parete frontale: 26,0 T parete posteriore: 28,1 T parete destra: 26,1 T parete sinistra: 26,4 T soffitto: 27,3 T pavimento: 25,8	soffitto caldo	1,55
SS - area ristoro	T parete frontale: 26,0 T parete posteriore: 27,4 T parete destra: 26,0 T parete sinistra: 26,0 T soffitto: 29,0 T pavimento: 25,8	soffitto caldo	3,75

5. CONCLUSIONI

Le analisi effettuate a campione su alcuni ambienti rappresentativi, consentono di esprimere un giudizio sul comfort termico della Stazione di Servizio dell'autoporto di Susa.

Per tutti gli ambienti è garantito il raggiungimento della classe B di comfort termico secondo la norma ISO 7730:2006 in termini di comfort globale (indici PMV e PPD). Il risultato soddisfa dunque le richieste dei Criteri Ambientali Minimi (D.M. 11 ottobre 2017).

L'analisi condotta non ha evidenziato, inoltre, la presenza di particolari cause di discomfort locale.