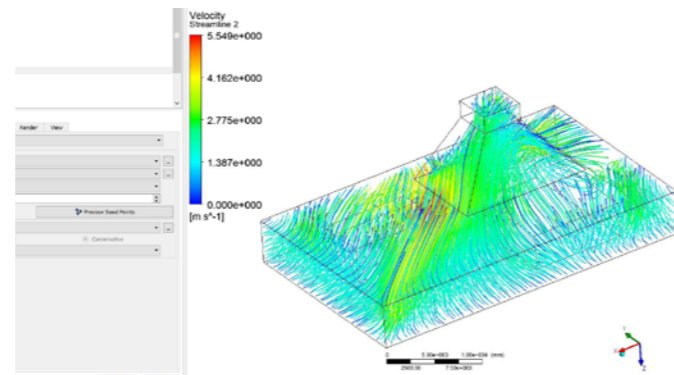
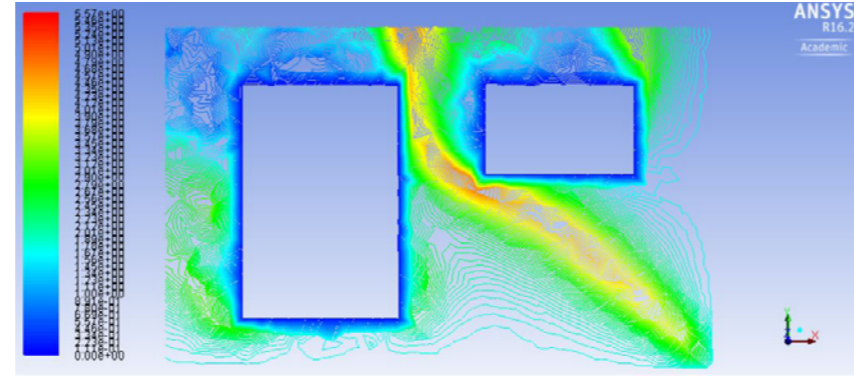
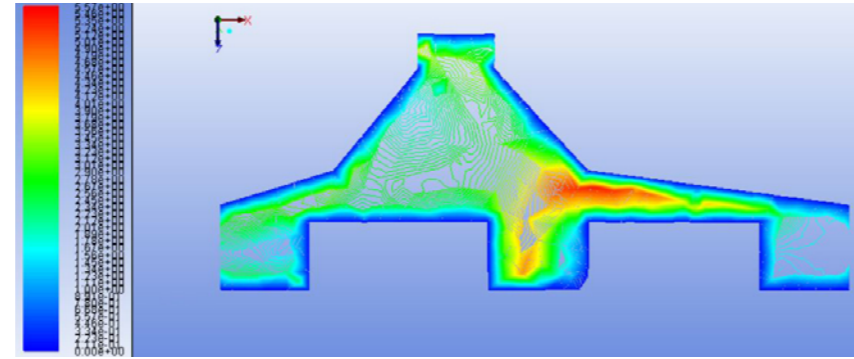


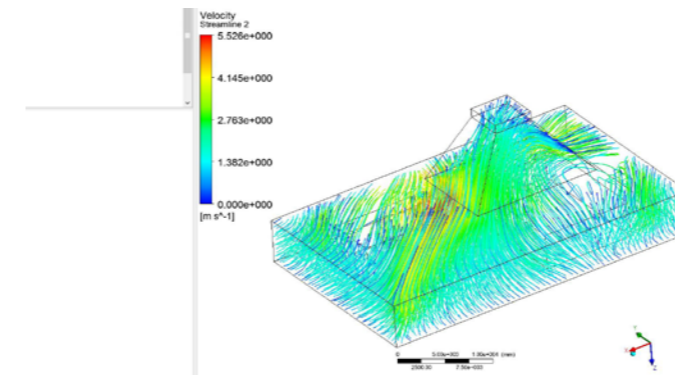
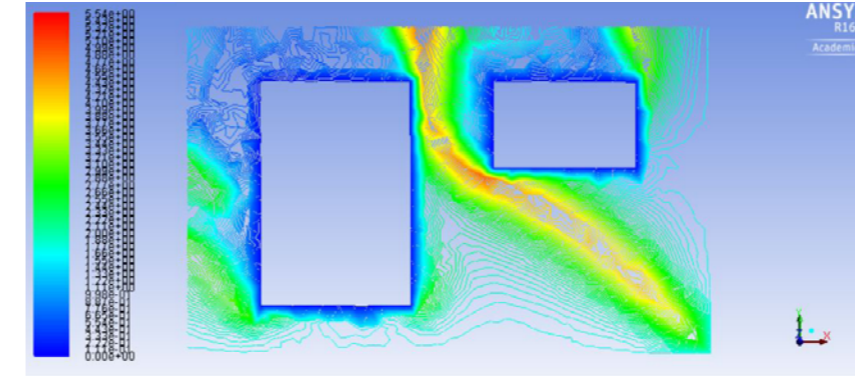
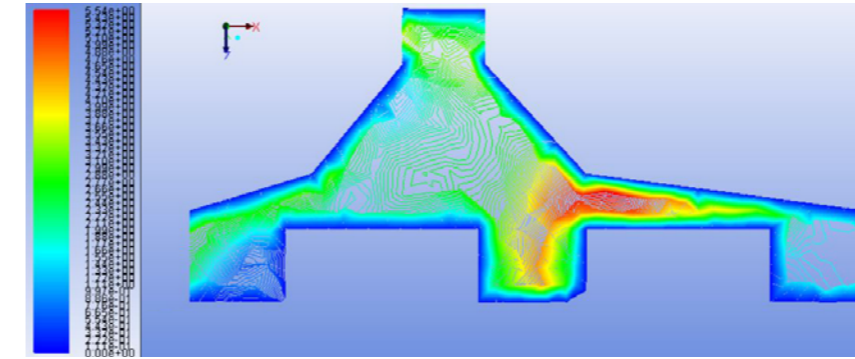
ANALISI 2: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	2m
Temperatura	297.15 K
Velocità vento	1.7 m/s (medio)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101145.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³



ANALISI 3: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	3m
Temperatura	297.15 K
Velocità vento	1.7 m/s (medio)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101145.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

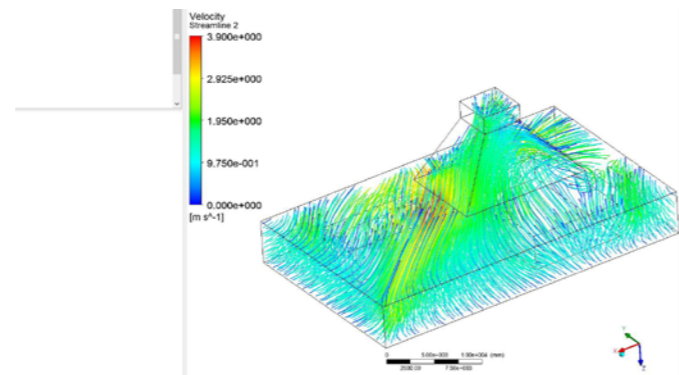
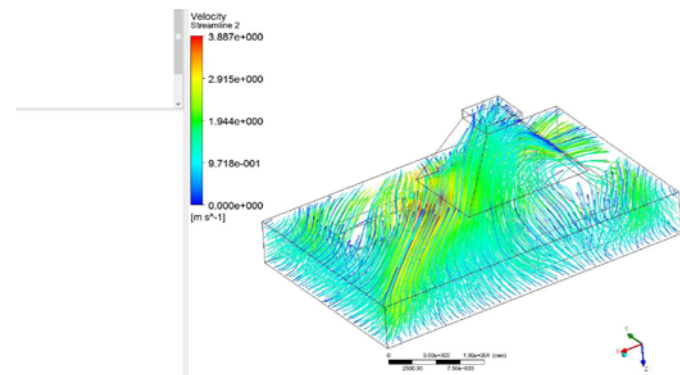
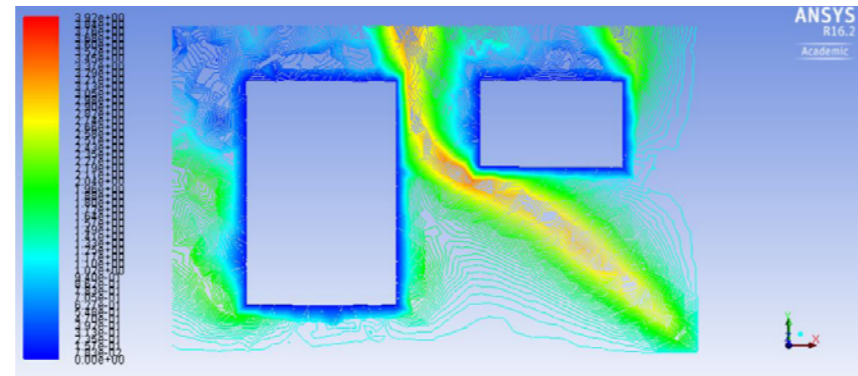
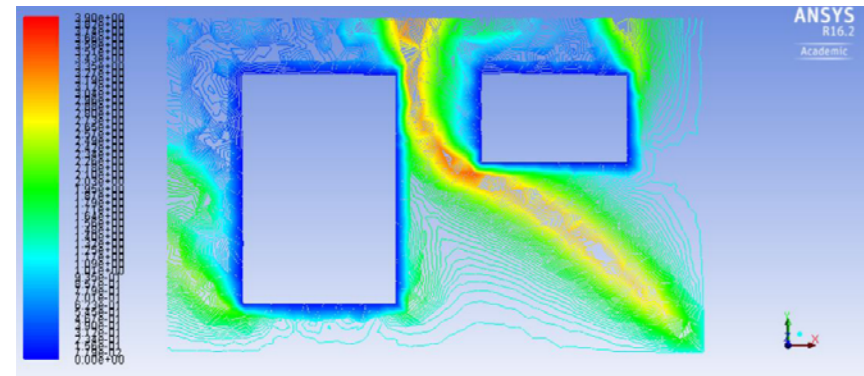
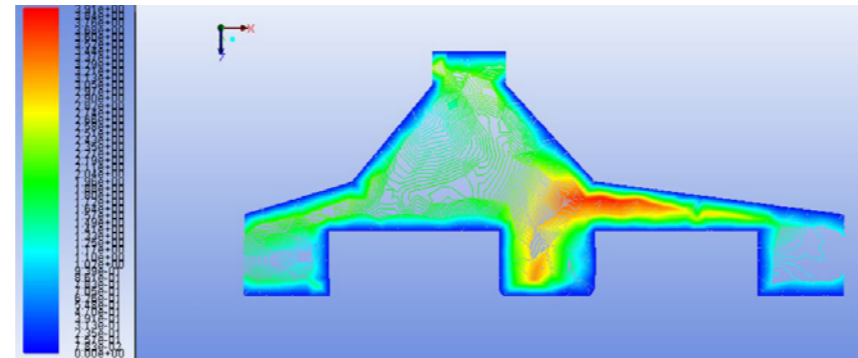
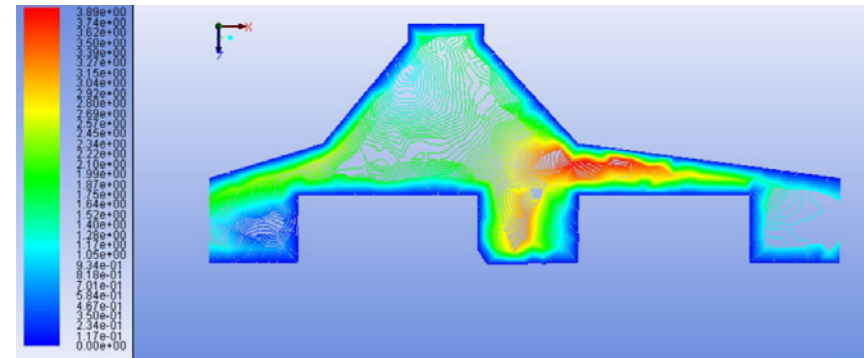


ANALISI 4: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	1m
Temperatura	297.15 K
Velocità vento	1.2 m/s (minima)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101145.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

ANALISI 5: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	2m
Temperatura	297.15 K
Velocità vento	1.2 m/s (minima)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101145.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

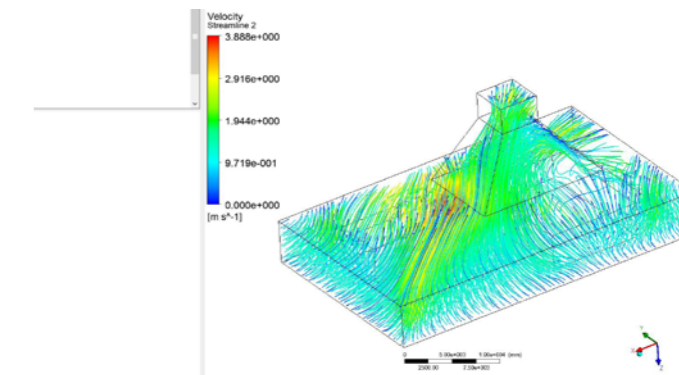
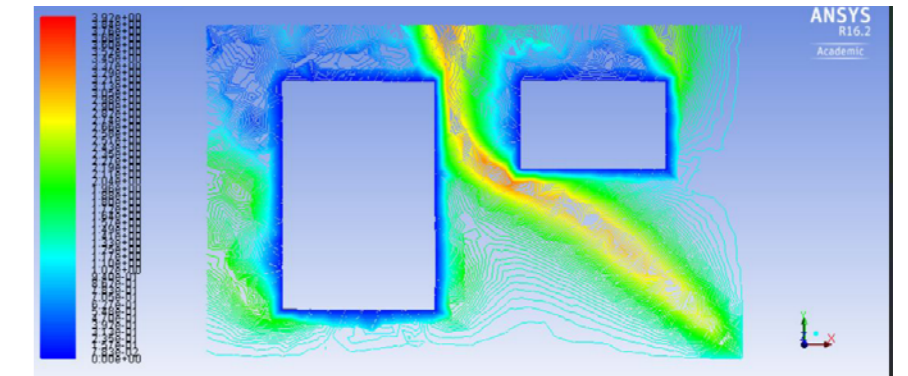
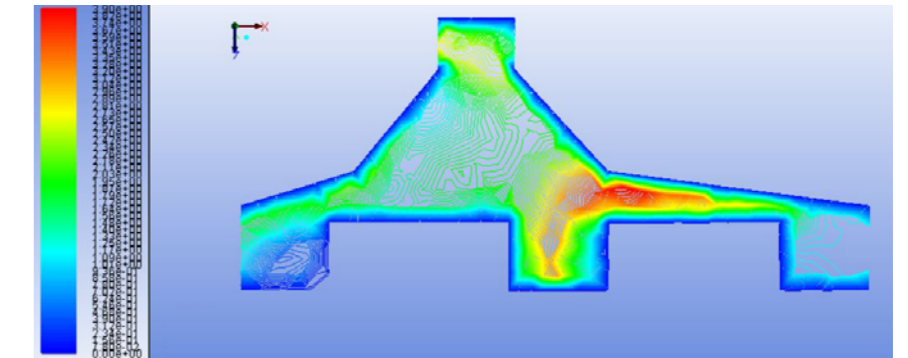


ANALISI 6: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	3m
Temperatura	297.15 K
Velocità vento	1.2 m/s (minima)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101145.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

ANALISI 7: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	1m
Temperatura	285.2 K
Velocità vento	0.5 m/s (media)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101137.5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

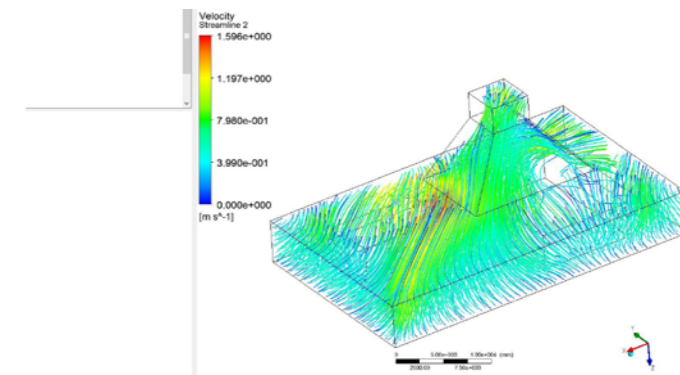
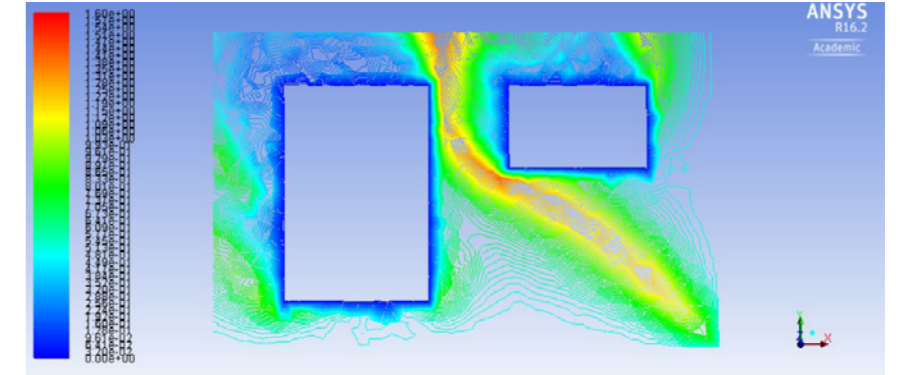
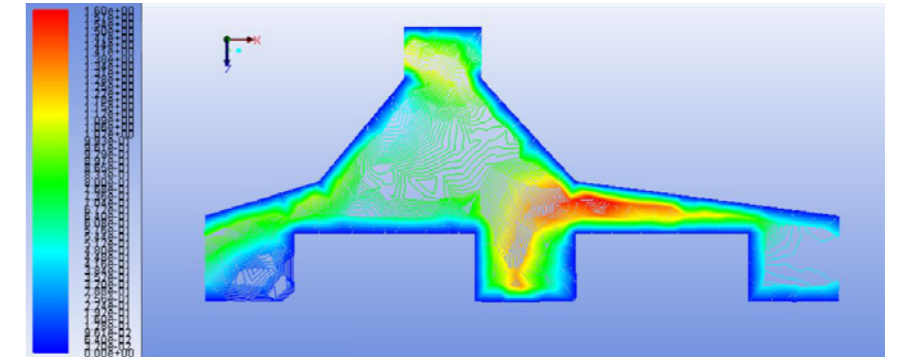
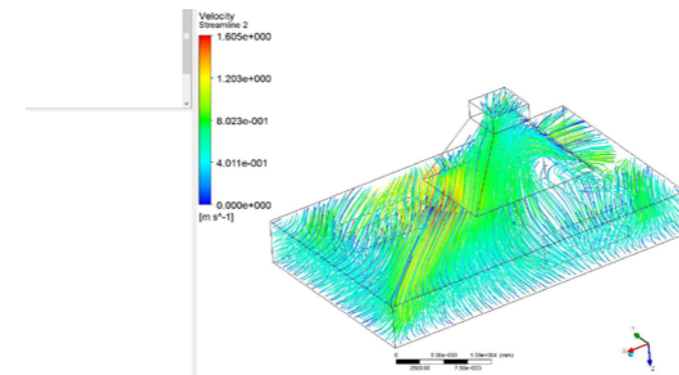
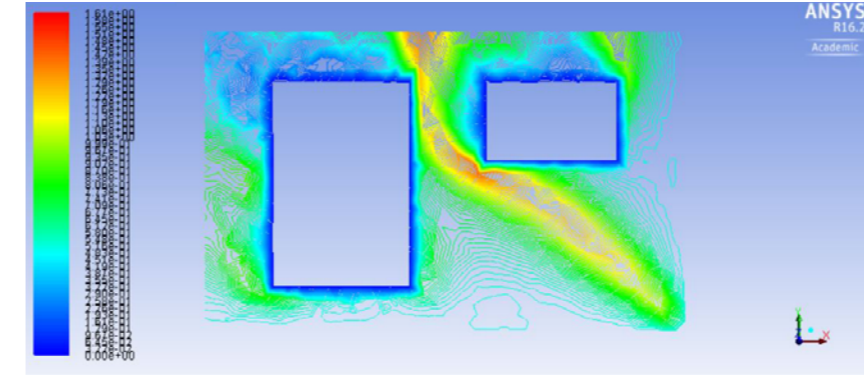
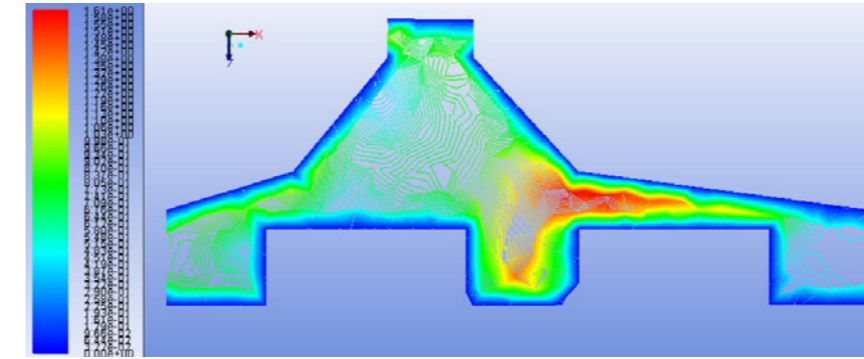
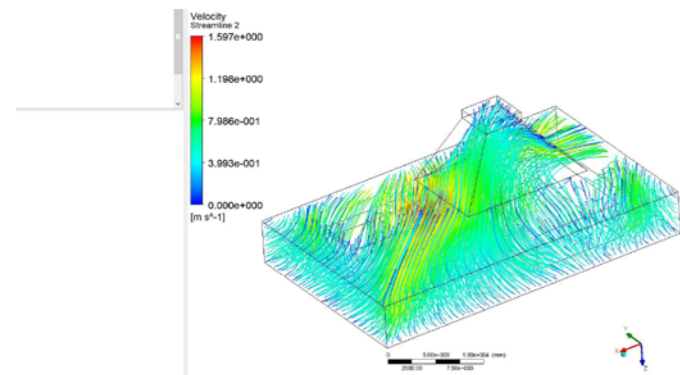
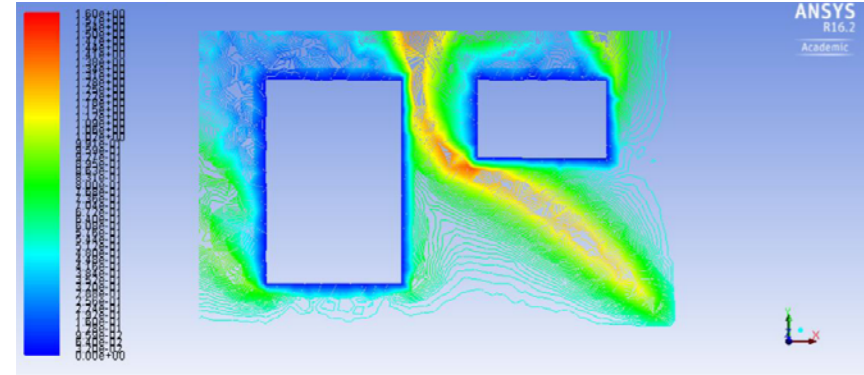
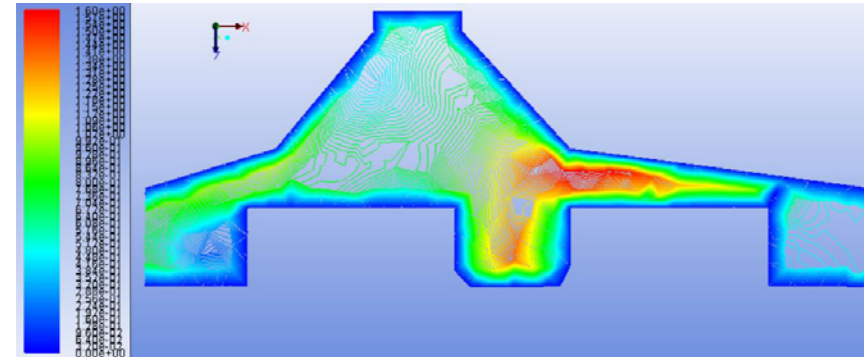


ANALISI 8: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	2m
Temperatura	285.2 K
Velocità vento	0.5 m/s (media)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	1101137.5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

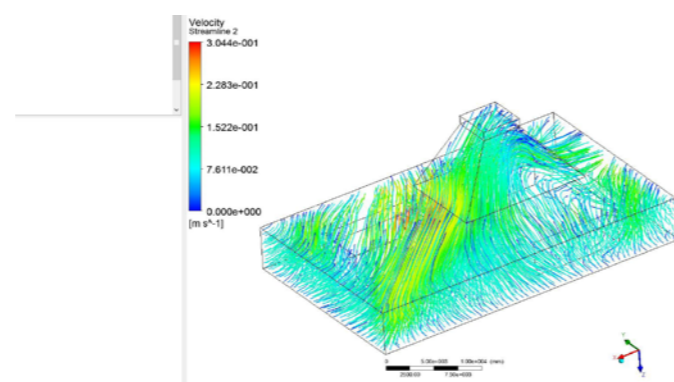
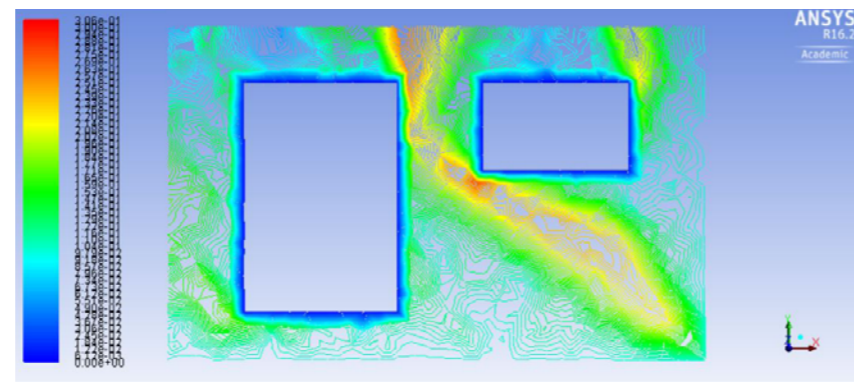
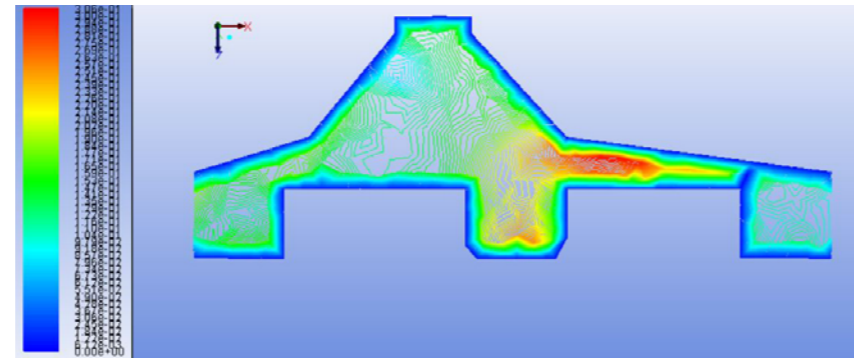
ANALISI 9: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	3m
Temperatura	285.2 K
Velocità vento	0.5 m/s (media)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101137.5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³



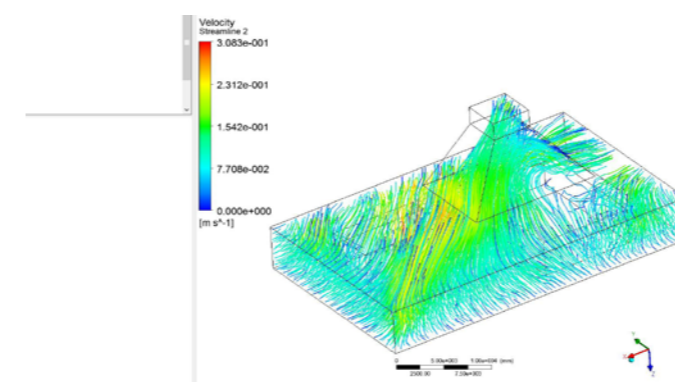
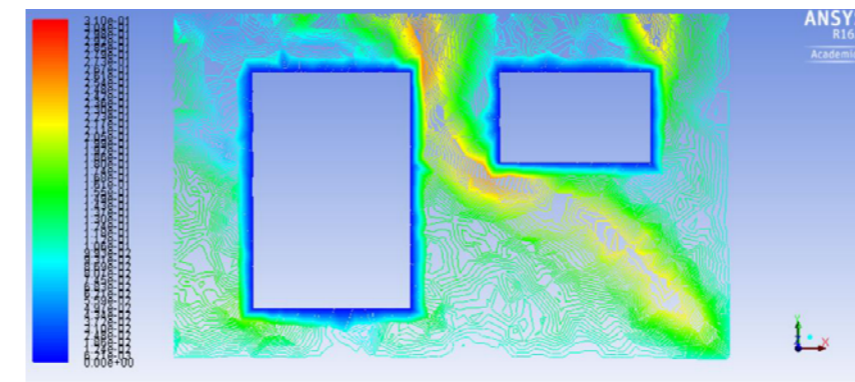
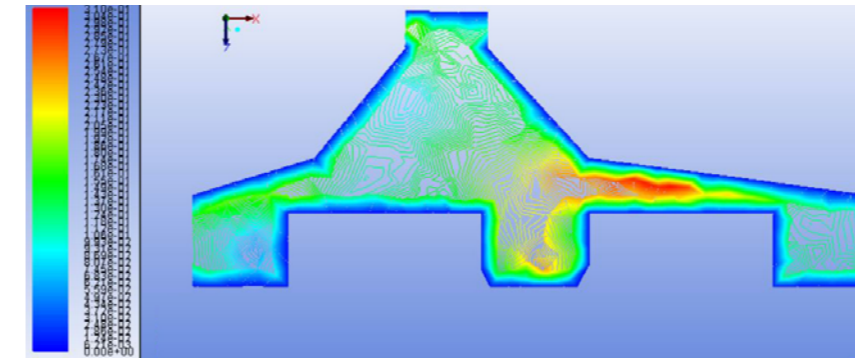
ANALISI 10: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	1m
Temperatura	285.2 K
Velocità vento	0.1 m/s (minima)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	1101137.5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³



ANALISI 11: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	2m
Temperatura	285.2 K
Velocità vento	0.1 m/s (minima)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101137.5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

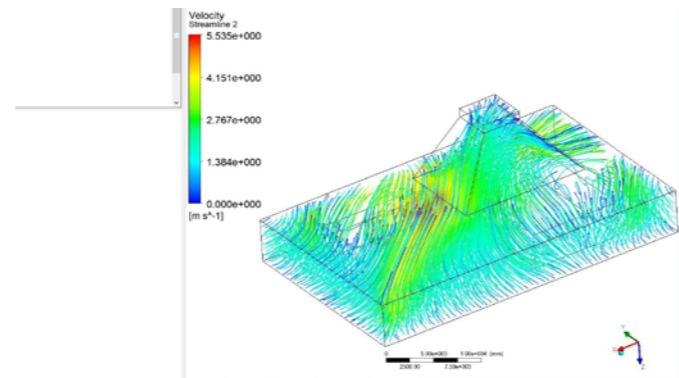
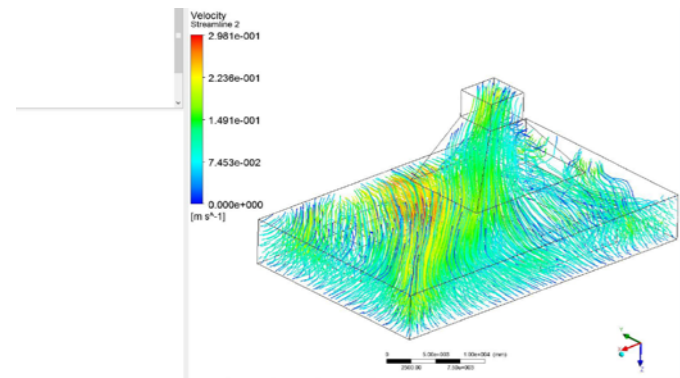
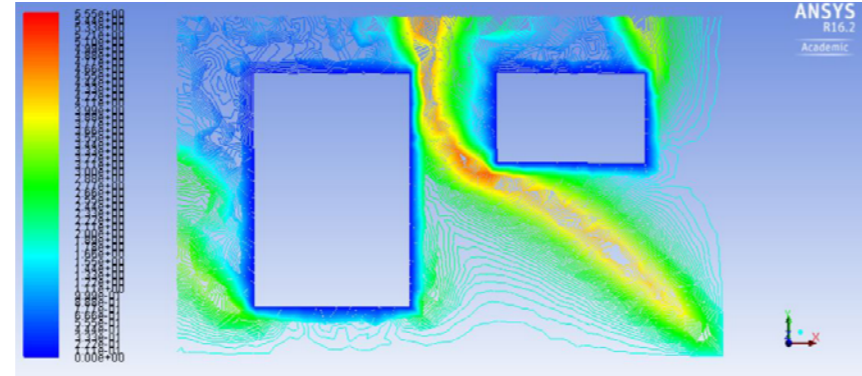
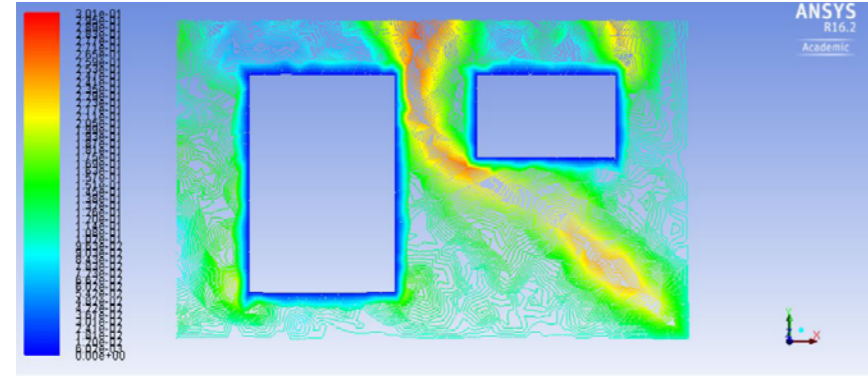
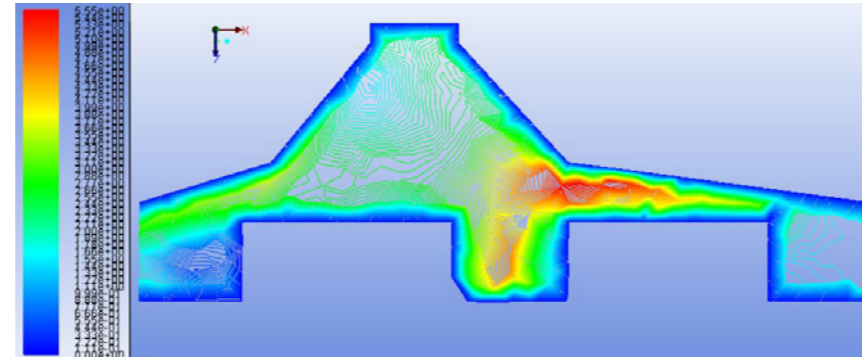
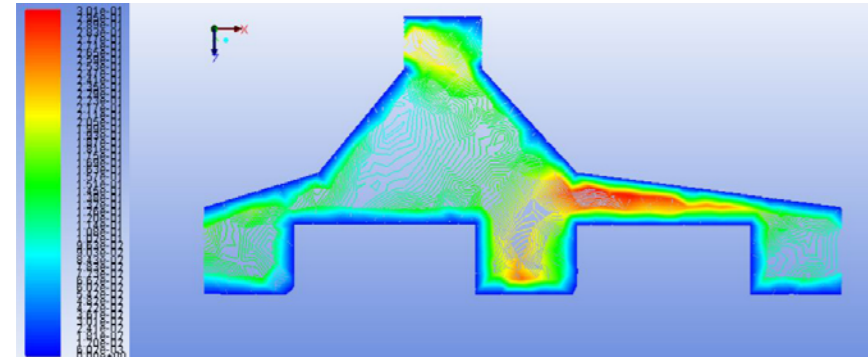


ANALISI 12: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	3m
Temperatura	285.2 K
Velocità vento	0.1 m/s (minima)
Cielo	coperto
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	1101137.5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

ANALISI 13: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	1m
Temperatura	328.15 K
Velocità vento	1.7 m/s (media)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101130.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

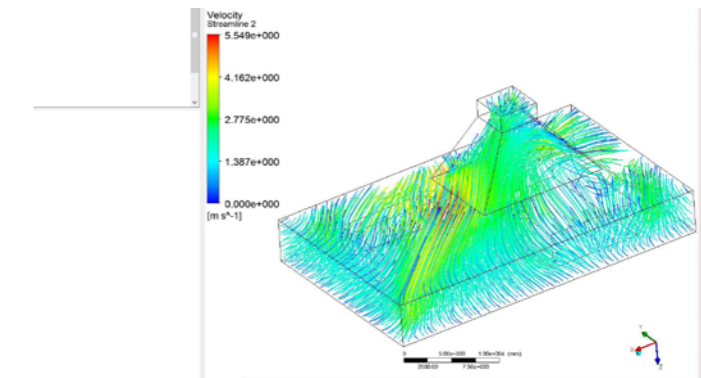
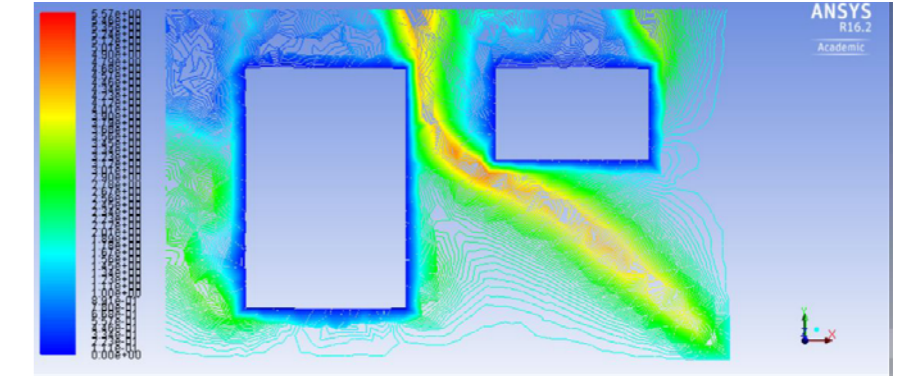
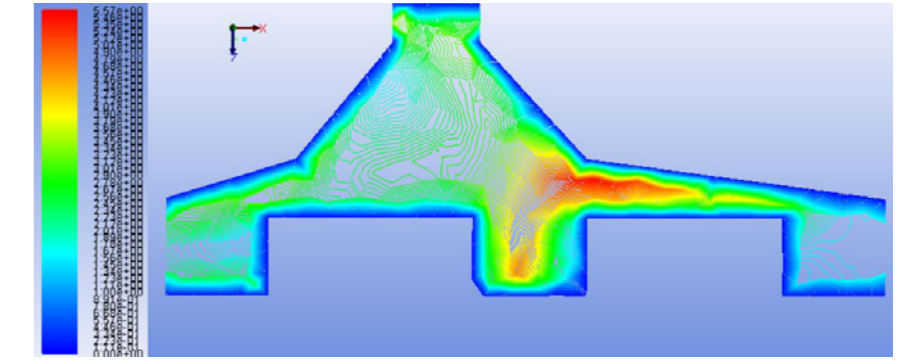


ANALISI 14: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	2m
Temperatura	2328015 K
Velocità vento	1.7 m/s (media)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101130.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

ANALISI 15: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	3m
Temperatura	328.15 K
Velocità vento	1.7 m/s (media)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101130.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

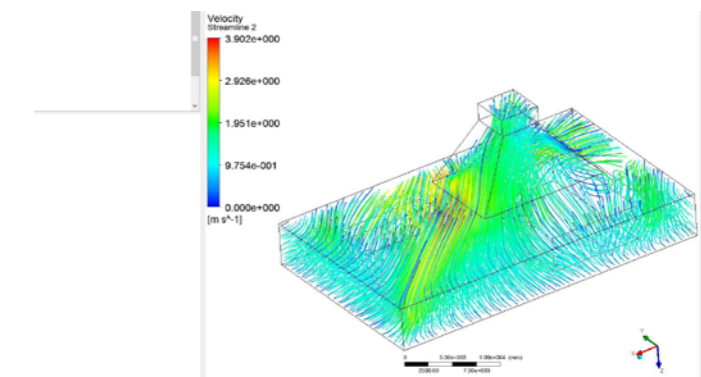
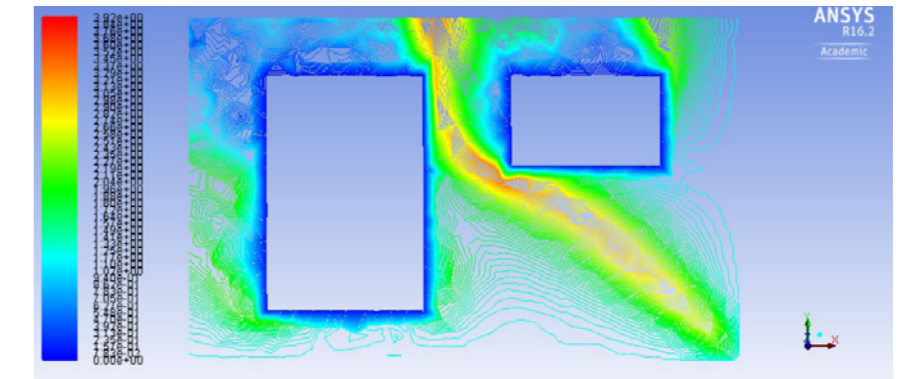
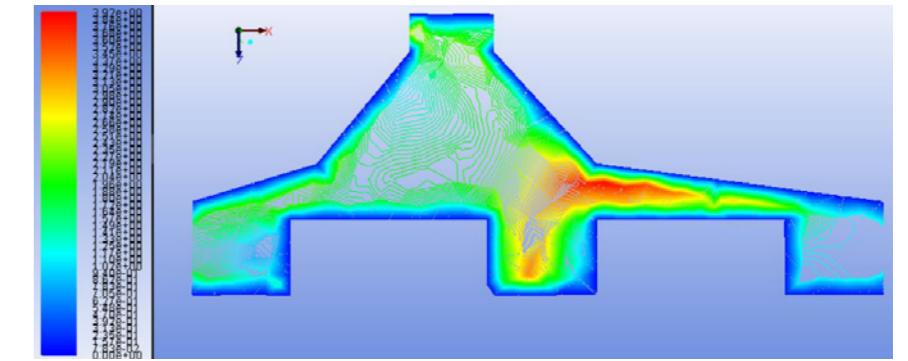
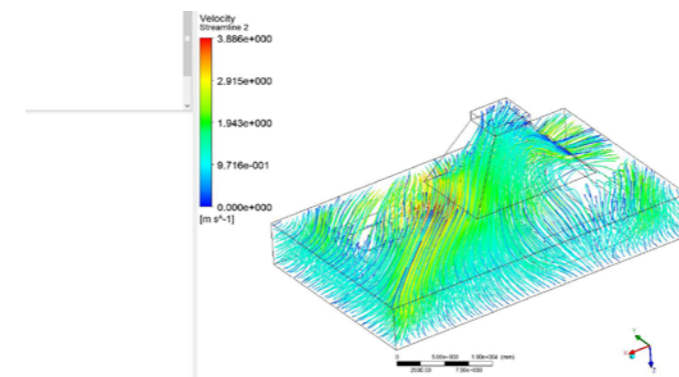
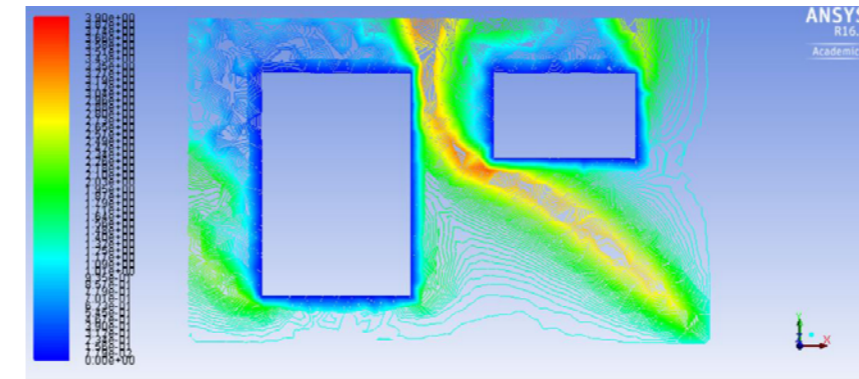
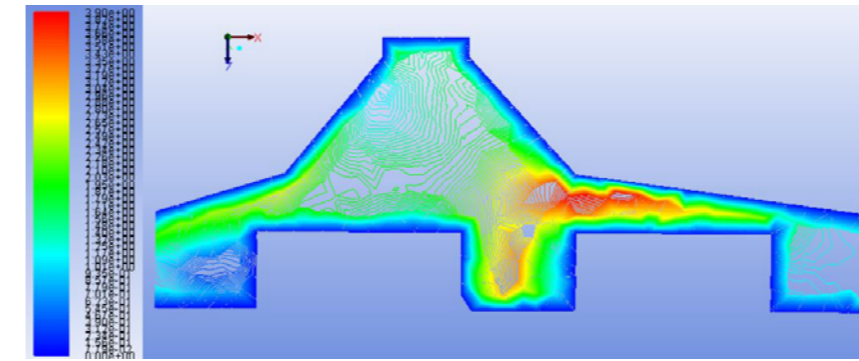
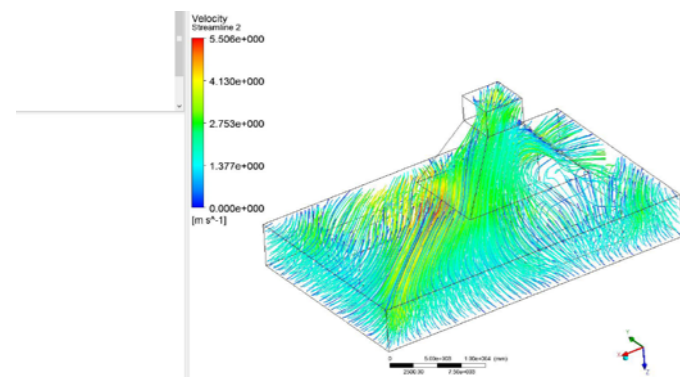
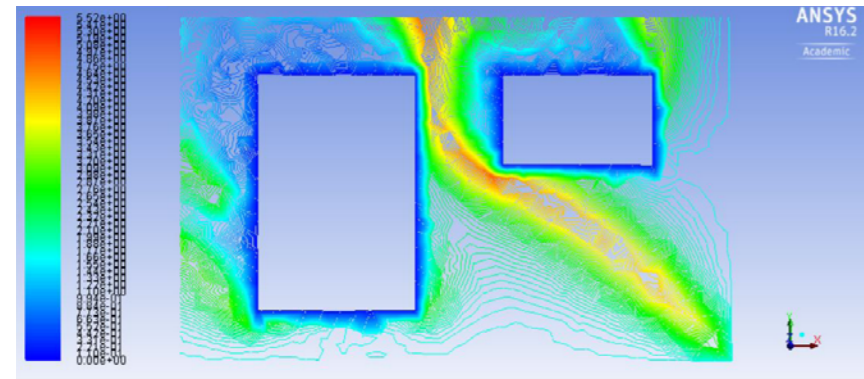
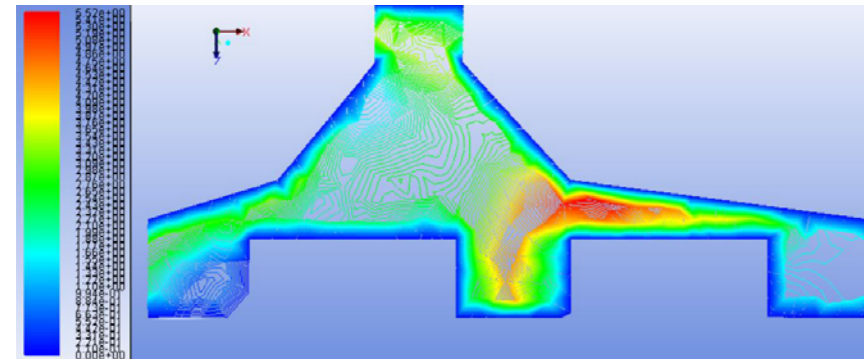


ANALISI 16: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	1m
Temperatura	2328015 K
Velocità vento	1.2 m/s (minima)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101130.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

ANALISI 17: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

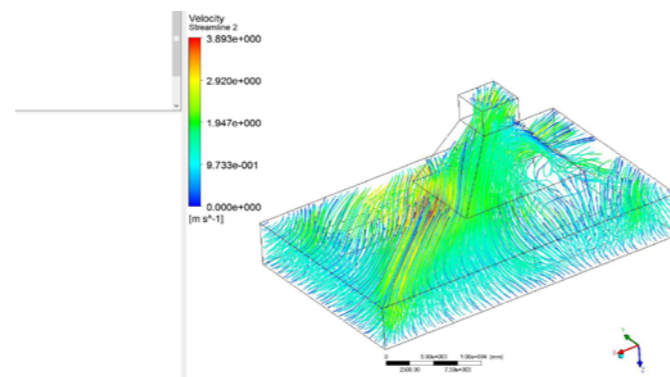
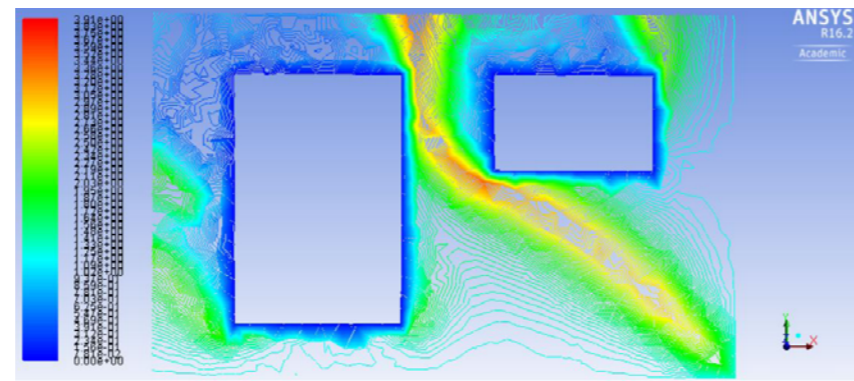
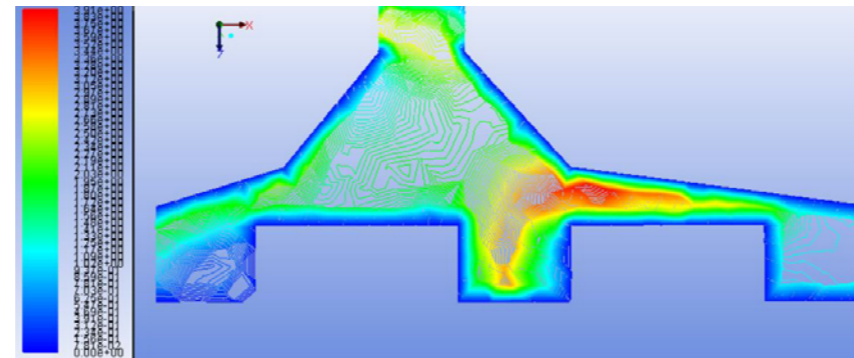
Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	2m
Temperatura	328.15 K
Velocità vento	1.2 m/s (minima)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101130.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³





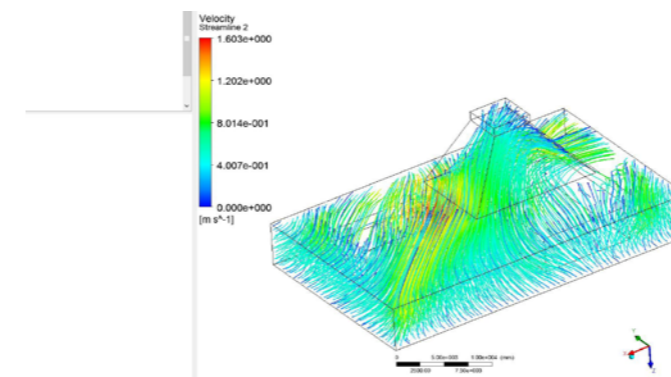
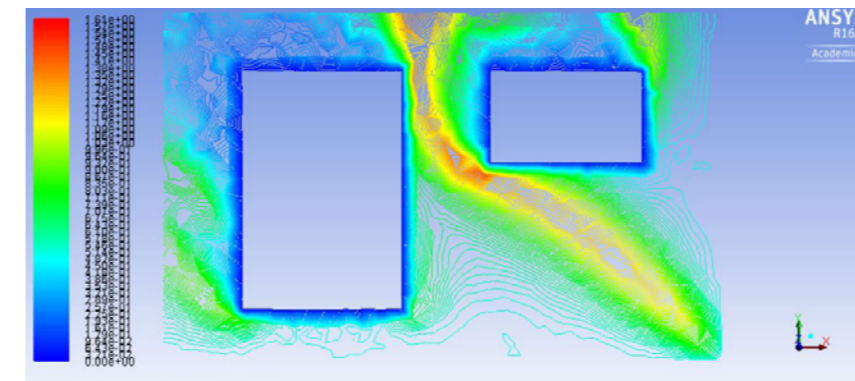
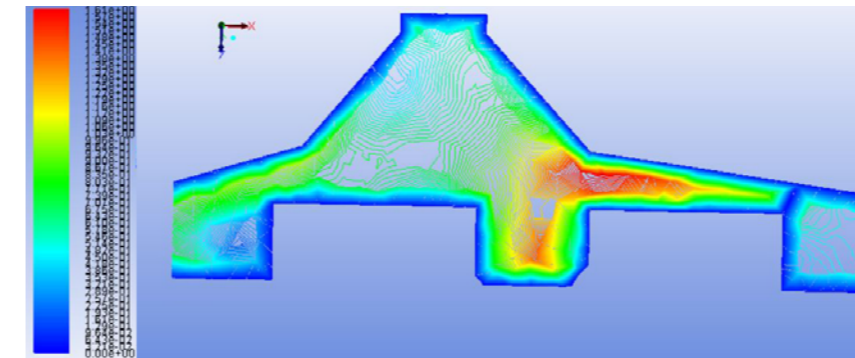
ANALISI 18: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Hanoi
Altezza lanterna	3m
Temperatura	328.15 K
Velocità vento	1.2 m/s (minima)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101130.2 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³



ANALISI 19: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	1m
Temperatura	295.15 K
Velocità vento	0.5 m/s (media)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101121,5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

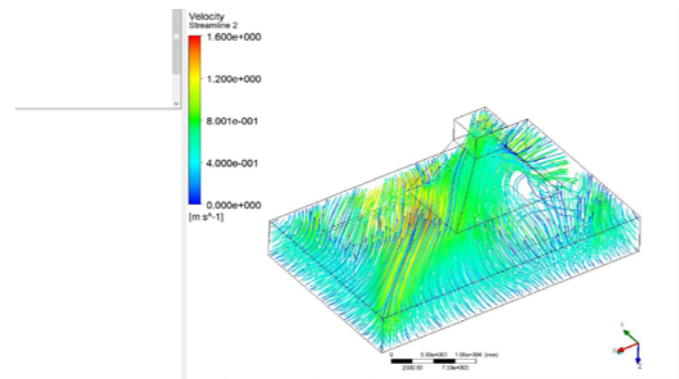
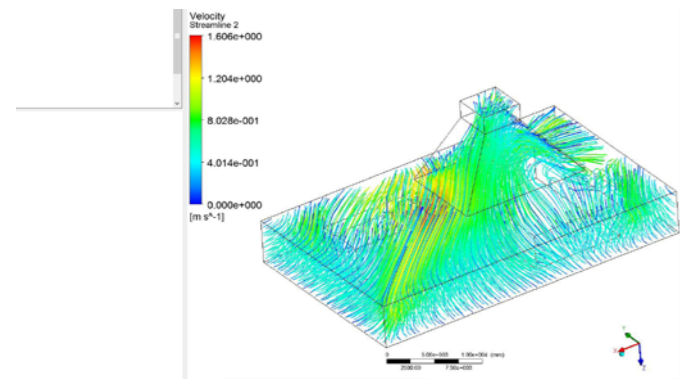
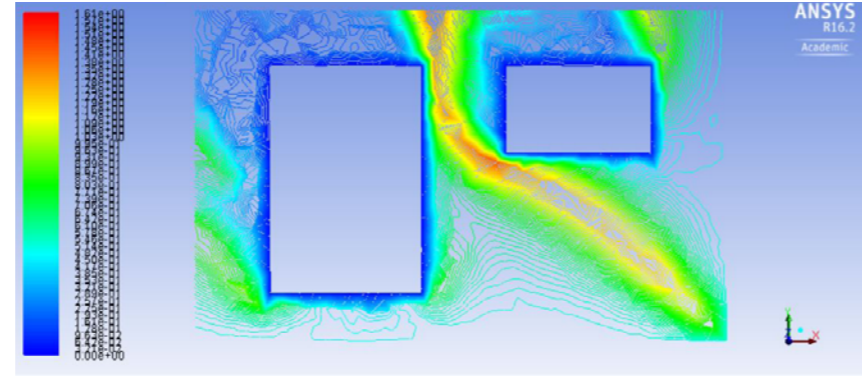
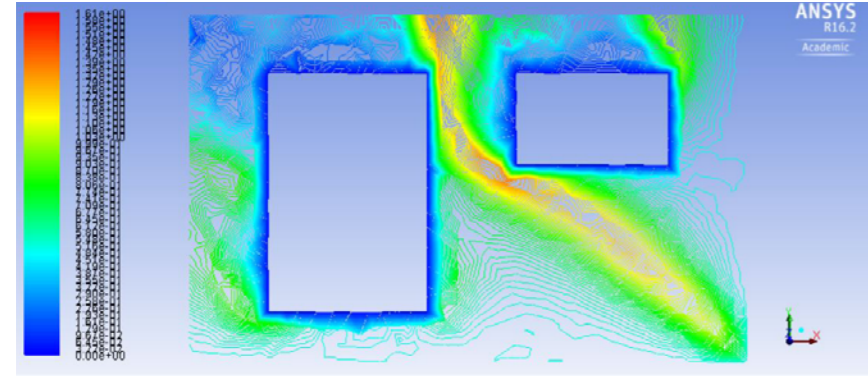
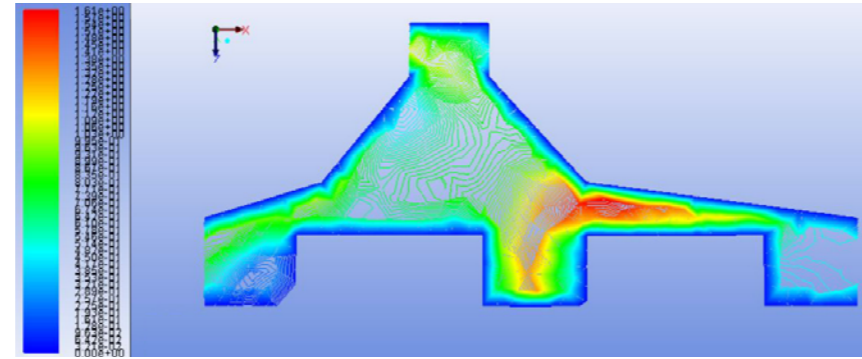
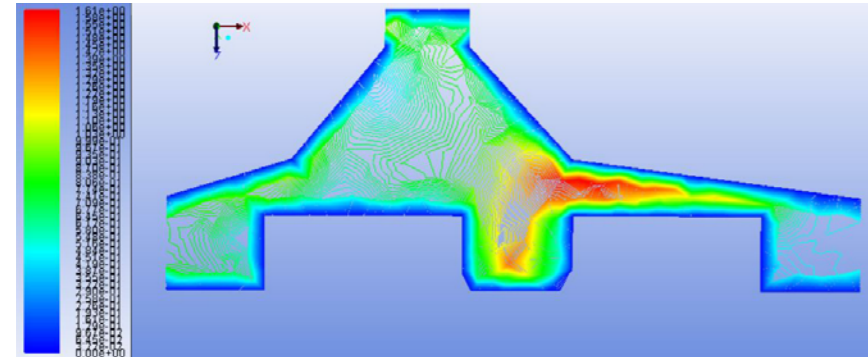


ANALISI 20: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	2m
Temperatura	295.15 K
Velocità vento	0.5 m/s (media)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101121,5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

ANALISI 21: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	3m
Temperatura	295.15 K
Velocità vento	0.5 m/s (media)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101121,5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

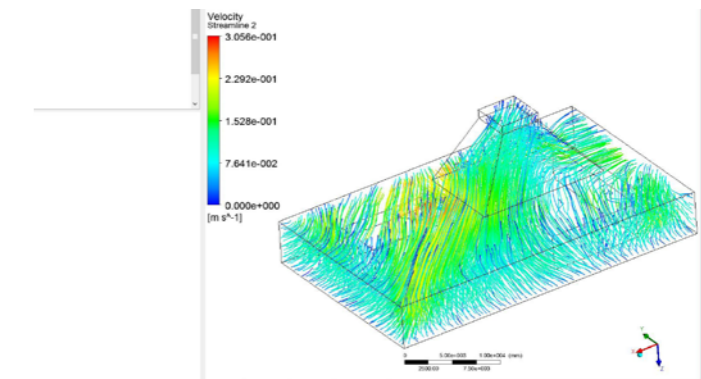
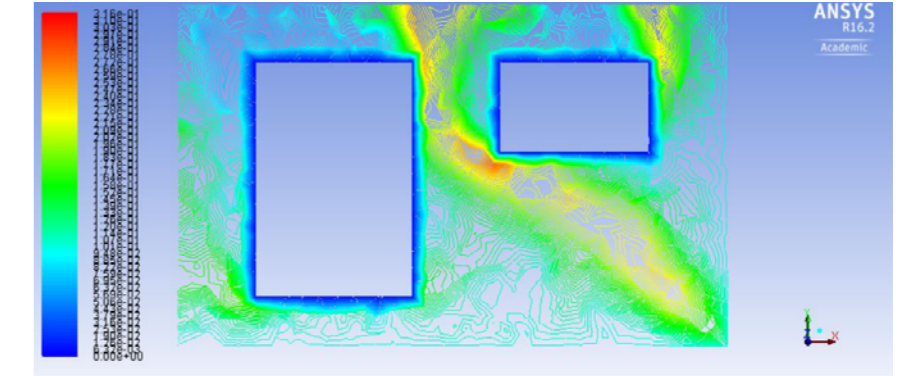
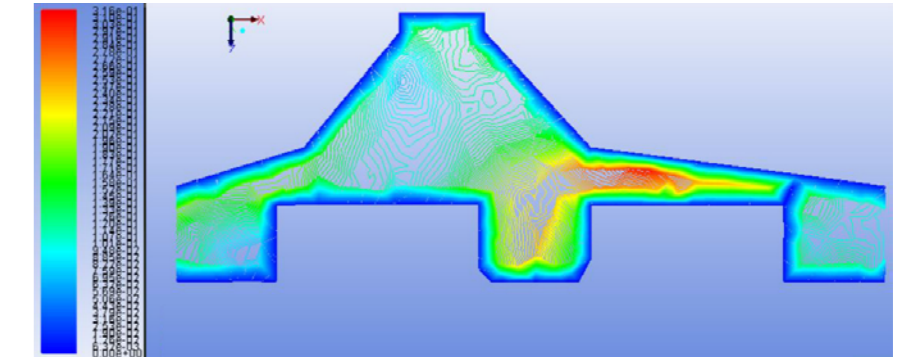


ANALISI 22: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	1m
Temperatura	295.15 K
Velocità vento	0.1 m/s (minima)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101121,5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³

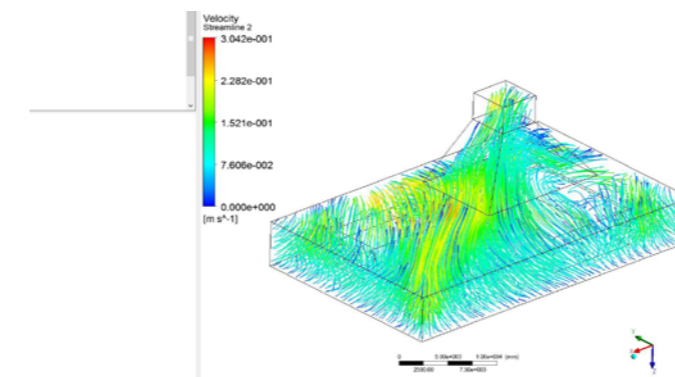
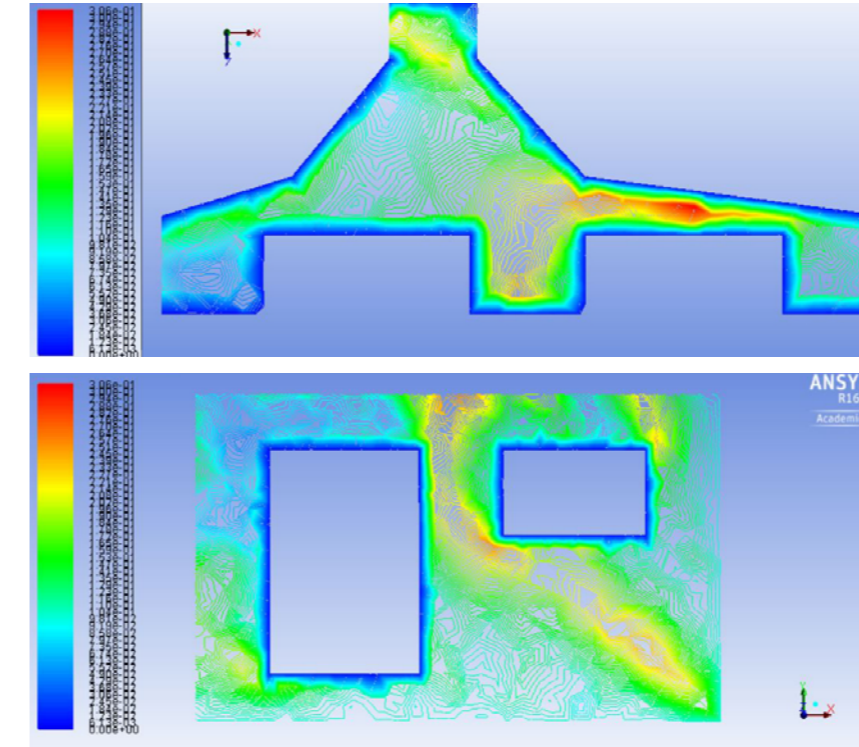
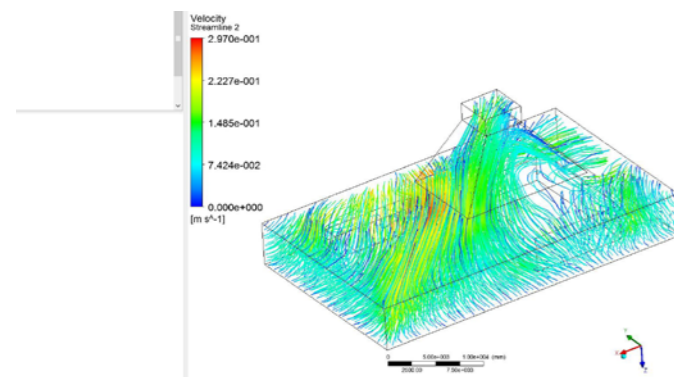
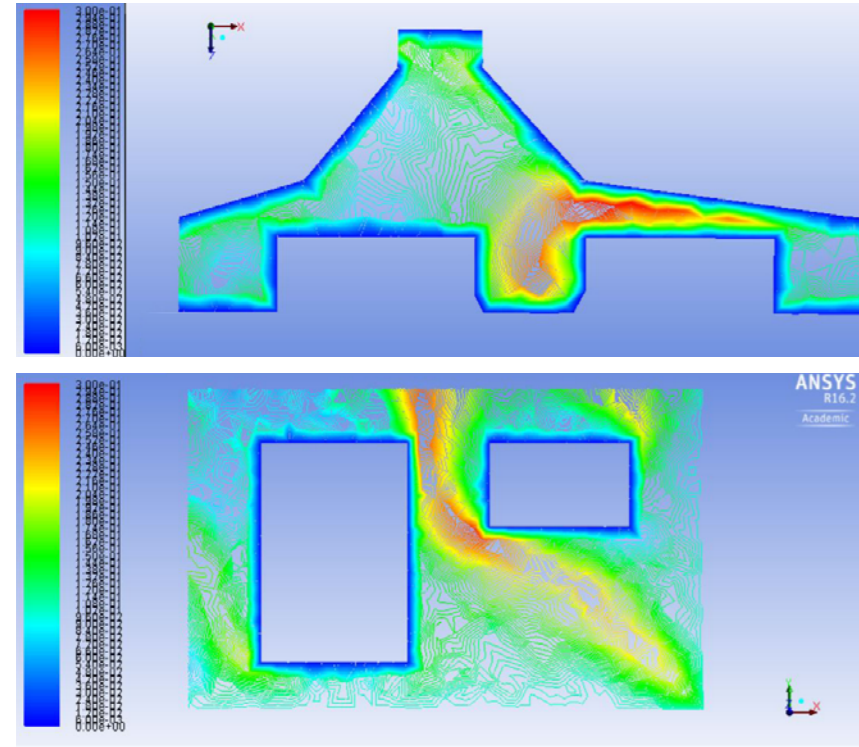
ANALISI 23: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	2m
Temperatura	295.15 K
Velocità vento	0.1 m/s (minima)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101121,5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³



ANALISI 24: Condizioni al contorno e condizioni iniziali

Luogo	Milano
Altezza lanterna	3m
Temperatura	295.15 K
Velocità vento	0.1 m/s (minima)
Cielo	sereno
Pressione	101325 Pa
Pressione effetto camino	101121,5 Pa
Densità dell'aria	1.22499 kg/m ³



5.5.7 CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

I risultati fino ad ora esposti hanno come obiettivo quello di capire l'interazione tra un ambiente e il fluido. In questo caso l'ambiente trattato è un ambiente esterno protetto da una grande copertura. Le analisi svolte non hanno la pretesa di fornire risultati di tipo quantitativo, quanto di restituire, in maniera qualitativa, l'effettivo flusso d'aria e la distribuzione approssimativa delle velocità. Lo studio permette di verificare se le scelte progettuali sono in linea con i principi di una corretta progettazione degli ambienti.

Dalle analisi effettuate per i vari casi studio possono essere fatte le seguenti considerazioni:

- Maggiore è l'altezza delle pareti di Outlet della lanterna, maggiori saranno le velocità in uscita e dunque le portate
- La presenza dei blocchi della Urban Farm fanno aumentare le velocità presenti al di sotto del camino, poichè come si è visto, la posizione e la presenza degli edifici aiuta ad incanalare il vento e dunque ad aumentare la velocità.
- In base alla localizzazione cambiano in modo notevole le velocità (maggiore ad Hanoi che a Milano) in quanto ovviamente cambiano le velocità in ingresso. Ma bisogna rapportare tali velocità al tipo di clima. Infatti in un clima caldo umido come quello vietnamita velocità che arrivano a 2 m/s sono comunque auspicabili, come si è visto. Il valore inoltre è da riferirsi ad ambienti interni e a maggior ragione preferibile in ambienti esterni in cui non si potrà intervenire sui valori di temperatura ed umidità.



Dunque si conclude che il camino inserito in due contesti completamente diversi funziona in modo adeguato al clima.

- Le velocità sono maggiori nel caso di cielo sereno. Questo indica il corretto funzionamento dell'effetto camino e del camino solare. Infatti nelle giornate soleggiate le temperature all'interno della lanterna sono maggiori, il che determina una maggiore differenza di pressione esterna interna e dunque un maggior tiraggio nonché funzionamento del camino. Per tutte le considerazioni relative al comfort, alle portate e all'individuazione di un caso tipo migliore, si rimanda al capitolo successivo.



06 COMFORT MICROCLIMATICO

6.1 IL CONCETTO DI COMFORT

6.2 IL COMFORT TERMICO NEGLI SPAZI APERTI IN CLIMI CALDI E UMIDI

6.3 SIMULAZIONE DINAMICA E TRNSYS17

6.4 MODELLAZIONE E DATI INIZIALI

6.5 SIMULAZIONI DINAMICHE

6.6 CONCLUSIONI



6.1 IL CONCETTO DI COMFORT

Il comfort microclimatico è fondamentale in tutti gli ambienti di lavoro e nei luoghi aperti al pubblico. Per ottenere situazioni di benessere microclimatico occorre garantire condizioni accettabili sia dal punto di vista delle grandezze termo-igro-anemometriche che caratterizzano il microclima, sia del livello di illuminazione, sia della qualità dell'aria.

Un microclima confortevole è quello che suscita nella maggioranza degli individui una sensazione di soddisfazione per l'ambiente, identificata col termine "benessere termoigrometrico" o, semplicemente, "comfort". I fattori microclimatici negli ambienti di lavoro unitamente all'intensità dell'impegno fisico svolto, e all'abbigliamento condizionano nell'uomo una serie di risposte biologiche graduate che vanno da sensazioni di benessere termoigrometrico a sensazioni di disagio (discomfort) a vero e proprio impegno termoregolatorio (sudorazione più o meno accentuata), a sindromi patologiche (stress da calore).

Un rischio microclima, quale il discomfort, nasce tanto dalla percezione globale del corpo umano quanto da situazioni di disagio localizzate e può essere essenzialmente ricondotto a sensazioni di caldo, di freddo, di eccessive correnti d'aria o sbalzi termici.

Argomento del presente capitolo è lo studio degli effetti che l'ambiente termo-igrometrico ha sulla fisiologia e sulle sensazioni umane, in particolare all'interno di uno spazio confinato.

I fattori che determinano l'ambiente termo-igrometrico in uno spazio

confinato sono principalmente: le caratteristiche termiche degli elementi di confine (l'involucro edilizio), le sorgenti di calore e di vapore presenti all'interno, il clima esterno, le caratteristiche dell'impianto di climatizzazione.

Il dato finale da valutare è il grado di benessere percepito dagli occupanti nello spazio considerato, ovvero il grado di comfort termico. Lo strumento utile a questo fine è costituito dai principi teorici e dai metodi di misura per la previsione della sensazione termica percepita dalle persone. L'ambiente termo-igrometrico è descritto tramite opportune grandezze fisiche.

Dal punto di vista operativo le metodologie da utilizzare sono ben sintetizzate nelle seguenti norme tecniche:

UNI EN ISO 7726 (1995) che specifica i metodi per la misura delle grandezze fisiche che influenzano le sensazioni termiche.

UNI EN ISO 7730 (settembre 1997) che specifica i metodi per la previsione della sensazione termica percepita da un essere umano all'interno degli ambienti confinati di tipo "moderato" (sono esclusi gli ambienti cosiddetti "estremi" nei quali sono possibili sollecitazioni termiche nocive: stress termico, disidratazione, ecc.).

Le norme citate sono valide in tutti i Paesi della Comunità Europea e nella maggior parte dei Paesi del mondo. Si tratta di norme emanate dall'ISO (International Standard Organisation), Organizzazione Internazionale che elabora gli Standard per tutti i settori della tecnica) nel 1984 - 1985, ed adottate dal CEN (Comitato Europeo per la Normativa tecnica), nel 1994 -1995.

Le norme citate sono di particolare interesse nella progettazione dell'Involucro Edilizio e degli Impianti di climatizzazione, perché permettono la previsione e la verifica della sensazione percepita dall'essere umano per effetto dell'azione combinata del clima esterno, dell'involucro edilizio, dell'impianto di climatizzazione e del comportamento individuale (attività fisica e tipo di vestiario)

6.1.1 SENSAZIONI TERMICHE

Tutti gli organi periferici del corpo umano inviano segnali al cervello attraverso il sistema nervoso.

Tali segnali permettono la percezione di numerose sensazioni come quel-

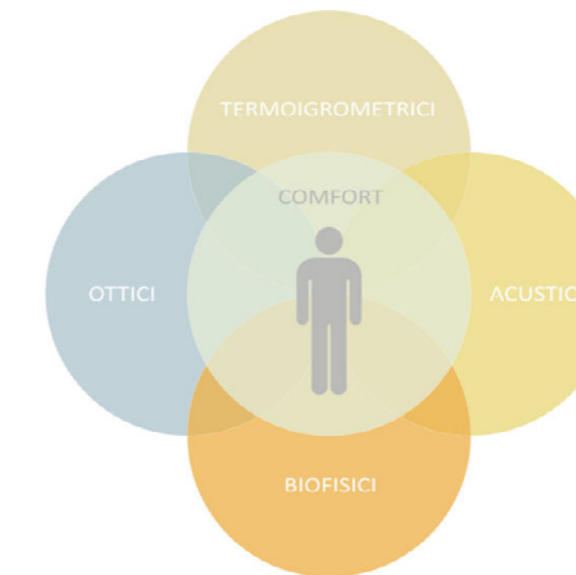


Figura 6.1 Sensazioni che determinano il comfort

le visive, sonore, tattili, olfattive e termiche. Queste ultime sono basate sui segnali provenienti dagli organi periferici che fanno parte del sistema di termoregolazione. Questo sistema esegue le azioni fisiologiche necessarie per realizzare l'uguaglianza tra i flussi di energia termica e meccanica prodotte dai processi biochimici interni al corpo (metabolismo) e la somma algebrica dei flussi di calore e lavoro che vengono costantemente scambiati tra il corpo umano e l'ambiente circostante, con intensità che dipende dell'attività svolta. Se questa uguaglianza è realizzata non vi è variazione di energia interna del sistema corpo umano, e la temperatura media interna di questo si mantiene costante.

6.1.2 METABOLISMO

Con il termine metabolismo si indica l'insieme dei processi che, all'interno del corpo umano, trasformano l'energia chimica potenziale introdotta con gli alimenti in altre forme di energia.

I processi metabolici sono complessivamente esotermici; si tratta di processi essenzialmente ossidativi che trasformano in lavoro meccanico (muscolare) ed in calore gran parte dell'energia potenziale chimica contenuta negli alimenti ed, eventualmente, nelle sostanze di riserva accumulate nel corpo umano.

Il flusso totale di energia generato in tal modo all'interno del corpo viene chiamato potenza prodotta per metabolismo o anche flusso metabolico, che viene comunemente indicato con il simbolo M e si misura in watt od in met. Un met equivale a 58 W per m² di superficie corporea, ed è il flusso metabolico connesso alla posizione seduta in condizioni di relax.

6.1.3 SISTEMA DI TERMOREGOLAZIONE

Una delle condizioni vitali per l'essere umano è la possibilità di mantenere costante la temperatura del suo corpo e più specificatamente la temperatura della zona corporea più interna, denominata nucleo, che comprende gli organi vitali. Tale temperatura deve mantenere il valore di 37 °C circa con variazioni non superiori a circa 0,5 °C nell'arco della giornata. Le condizioni che garantiscono la costanza della temperatura interna sono, dal punto di vista termodinamico, quelle che corrispondono ad una variazione nulla dell'energia interna del corpo.

Una variazione positiva dell'energia interna genera un incremento della temperatura corporea, mentre una variazione negativa determina una diminuzione della stessa. In entrambi i casi interviene il sistema di termoregolazione che agisce, in vario modo, al fine di eliminare lo squilibrio. I meccanismi che consentono all'essere umano di mantenere costante la temperatura interna sono detti meccanismi di termoregolazione che possono essere:

a_ Di tipo naturale o involontario:

- attività fisiologica vasomotoria
- attività comportamentale: sudorazione o brivido

b_ di tipo artificiale o volontario

- abbigliamento
- modificazione delle condizioni ambientali: uso degli impianti

Il primo dei meccanismi di termoregolazione naturali consiste nella modificazione involontaria del flusso sanguigno in prossimità della superficie della pelle (vasodilatazione o vasocostrizione) che ha l'effetto di

aumentare o diminuire dapprima gli scambi termici tra il nucleo e la superficie del corpo, quindi (per effetto dell'aumento o della diminuzione della temperatura della pelle) anche gli scambi termici tra superficie del corpo e ambiente.

Quando il meccanismo vasomotorio non sia sufficiente a garantire gli scambi termici necessari subentra il secondo tipo di meccanismo di carattere comportamentale. A seconda che lo scambio termico debba essere aumentato o ridotto subentrano la sudorazione o il brivido.

Ci sono poi i meccanismi di tipo artificiale: prima di tutto la scelta di un adeguato abbigliamento e quindi, ove possibile, il ricorso a sistemi che consentano la modificazione delle condizioni termoigrometriche ambientali mediante gli impianti di climatizzazione.

È durante l'azione dei meccanismi di termoregolazione che noi percepiamo le sensazioni di caldo o di freddo.

In particolare gli esperimenti hanno dimostrato che :

- L'attivazione del meccanismo vasomotorio, anche in presenza di una leggera sudorazione, non compromette la sensazione di gradevolezza (di comfort);
- Quando invece il corpo umano deve attivare anche i meccanismi di termoregolazione naturali di tipo comportamentale, sudorazione visibile o brivido, la sensazione percepita dall'uomo è decisamente non gradevole (di discomfort).

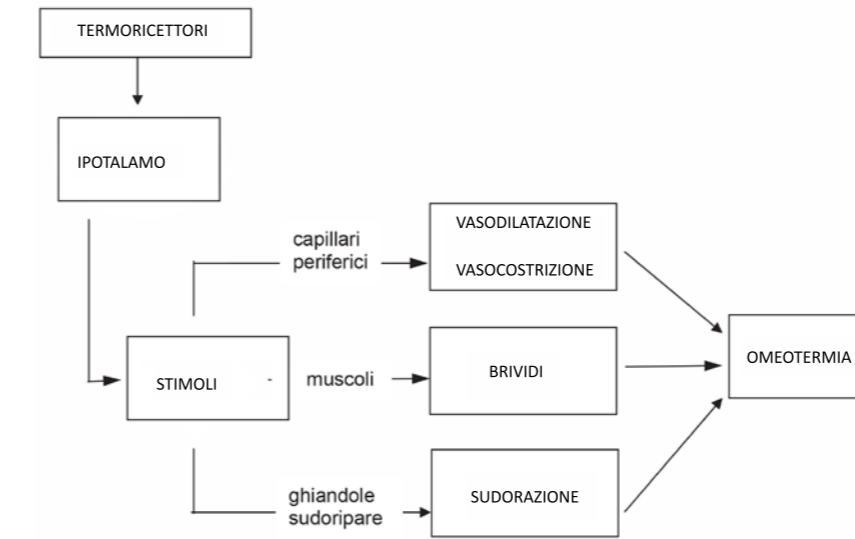


Figura 6.2 Temperature superficiali di un corpo umano abbigliato

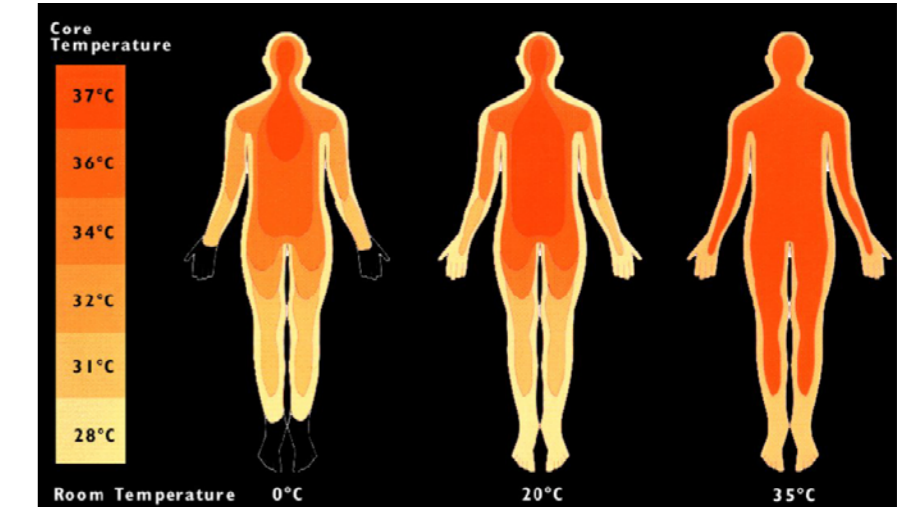


Figura 6.3 Variazioni delle temperature interne del corpo umano

6.1.4 BILANCIO TERMICO E COMFORT

A causa dei processi metabolici il corpo umano produce di continuo calore. La produzione di questo, da parte del corpo umano, è spesso approssimata a 100 W, ma può variare da circa 70 W (durante il sonno) fino a raggiungere e superare i 700 W nei casi di attività fisica molto intensa (per esempio correndo). Questo calore deve essere dissipato nell'ambiente altrimenti la temperatura del corpo aumenterebbe. La temperatura interna del corpo è di norma circa 37°C, mentre la temperatura superficiale varia dai 31 ai 34 °C.

Il bilancio del corpo può essere espresso come:

$$M+Rd+-Cv+-Cd-Ev=\Delta S$$

Dove:

M= produzione di calore metabolica

Rd= calore scambiato per irraggiamento

Cv= calore scambiato per convezione (esclusa la respirazione)

Cd= calore scambiato per conduzione

Ev= calore scambiato per evaporazione (inclusa la respirazione)

ΔS = flusso di calore accumulato.

In condizioni di equilibrio la somma delle variabili componenti (indicate come ΔS) è zero e tale equilibrio è una condizione specifica di comfort termico.

Tuttavia il comfort termico è definito come la “condizione mentale che esprime la soddisfazione per l’ambiente termico, incluse tutte le valutazioni soggettive”. Questa definizione include chiaramente i fattori che sono al di là della possibile formalizzazione, tra cui fattori di condizione fisica e psicologici.

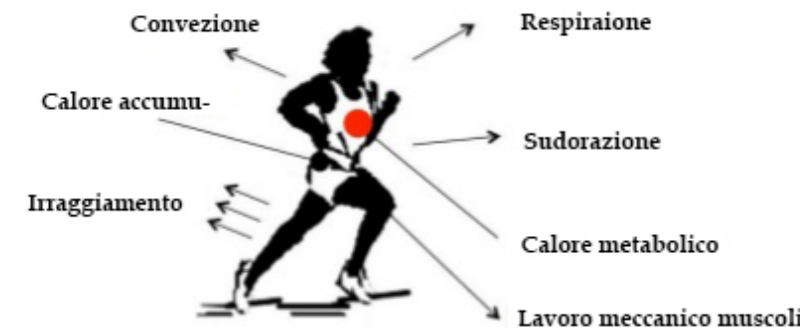


Figura 6.4 Gli scambi di calore del corpo umano

6.1.5 FATTORI DI COMFORT

Le variabili che influiscono sulla dissipazione del calore dal corpo (e quindi che ne determinano il comfort termico) possono essere suddivise in tre gruppi distinti: Variabili ambientali, variabili personali e fattori di contorno.

Variabili ambientali	Variabili personali	Fattori di contorno
-Temperatura dell’aria	-Tasso di metabolismo	-Cibi e bevande
-Velocità dell’aria	-Abbigliamento	-Forma fisica
-Umidità	-Stato di salute	-Adipe sottocutaneo
-Irraggiamento	-Acclimatazione	-Età e sesso

La temperatura dell’aria è il fattore ambientale determinante perché determina la possibilità di dissipazione del calore per convezione. Il movimento dell’aria accelera la convezione, ma modifica anche il coefficiente di trasmissione termica della pelle e determina così un effetto fisiologico della pelle.

Le percezioni soggettive al movimento dell’aria possono essere:

<0.1 m/s aria ferma

a 0.2 m/s non distinguibile

a 0.5 m/s piacevole

a 1.5 m/s corrente percepita

< 1.5 fastidio

anche se, in condizioni di surriscaldamento, sono gradite velocità dell’aria anche fino a 2 m/s. Si specifica inoltre che tali dati sono da riferirsi a

climi temperati, in condizioni confinate. Per climi caldo umidi, in spazi aperti si considerano velocità dell’aria anche più elevate.

Percentuali medie di umidità (RH da 30% a 65%) non hanno effetti sul comfort, ma alte percentuali di umidità impediscono l’evaporazione della pelle attraverso la respirazione, bloccando un meccanismo di dissipazione di calore del corpo, mentre percentuali di umidità molto bassa tendono a provocare la secchezza della pelle e delle mucose, diminuendo la qualità del comfort percepito.

Lo scambio di radiazione dipende dalla temperatura delle superfici dell’ambiente circostante, misurata come temperatura radiante (MRT). Essa corrisponde alla temperatura media delle superfici di contorno pesata attraverso l’angolo solido che sottende ciascuna superficie a partire dal punto di misura.

MRT non può essere misurata direttamente ma soltanto da un termometro a globo nero, che è sensibile alla temperatura dell’aria ma anche al calore per irraggiamento. Questo termometro può essere costituito da una palla di rame di circa 150 mm di diametro, ricoperta di vernice nera opaca, contenente un termometro al suo centro, anche se di recente sono state utilizzate palline da ping pong ricoperte da vernice nera con la stessa efficacia di misurazione del termometro a globo.

Quando la velocità dell’aria è uguale a zero, $MRT=GT$, altrimenti deve essere utilizzata una formula di correzione che tenga conto del moto dell’aria:

$$MRT= GT* (1+2.35radv) - 2.35*DBTradv$$



Figura 6.5 Termometro a globo

dove v corrisponde alla velocità dell’aria in m/s. L’influenza della MRT dipende anche dall’abbigliamento. In climi caldi (dove si utilizza abbigliamento leggero) questo fattore (l’irraggiamento) ha un’importanza doppia rispetto a DBT, per cui è valida la seguente relazione:

$$\text{temperatura ambientale: } EnvT= 2/3 MRT + 1/3 DBT,$$

ma nei climi più freddi (in cui si utilizzano capi di abbigliamento più spessi) questo fattore ha all’incirca lo stesso peso di DBT, per cui si ha:

$$\text{temperatura secca risultante: } DRT=1/2 MRT+ 1/2 DBT.$$

Per ottenere un livello accettabile di comfort la differenza tra DBT E MRT non dovrebbe essere superiore a 3K.

Il tasso metabolico è una funzione del livello di attività.

L’unità di misura utilizzata per questo è chiamata “met”, che corrisponde circa a 58.2 W/m² di area corporea superficiale.

Nel caso di una persona di corporatura media l'emissione di calore dovrebbe essere circa di 115 W. Per valori più elevati di met è preferibile un ambiente più fresco, per facilitare la dissipazione del calore corporeo. L'abbigliamento costituisce l'isolamento termico del corpo umano. Questo è misurato in "clo", unità che corrisponde a una trasmittanza termica di 6.45 W/m²K (oppure a una resistenza di 0.155 m²K/W) per tutta la superficie corporea.

6.1.6 MECCANISMI DI COMPENSAZIONE

Il corpo non è una macchina termica passiva, ma è omeotermo; reagisce all'ambiente con diversi meccanismi di compensazione. Il primo meccanismo consiste nella compensazione vasomotoria: la vasocostrizione (in un ambiente freddo) riduce la quantità di sangue che scorre sotto la pelle riducendo la temperatura della pelle stessa e riducendo il calore dissipato; la vasodilatazione (in un ambiente caldo) aumenta la quantità di sangue che scorre sotto la pelle e il relativo trasporto di calore, aumentando la temperatura della pelle e la dissipazione di calore. Se, nonostante l'attivazione del meccanismo vasomotorio, la dissipazione di calore non è ancora sufficiente, in un ambiente caldo il corpo inizia a produrre sudore, attivando il raffreddamento per evaporazione. Il tasso di sudorazione media è di circa 1 L/h, in grado di assorbire circa 2.4 MJ/L di calore corporeo (una potenza di raffreddamento di circa 660 W). Se questo non è ancora sufficiente si innesca uno stato di ipertermia, che può provocare problemi di circolazione sanguigna. Se la temperatura del corpo raggiunge i 40°C, può intervenire un colpo di calore.

Al contrario, in un ambiente freddo si attivano tremori, che producono un lavoro muscolare involontario, in grado di accrescere la produzione di calore da parte del corpo fino a un fattore 10. Se anche questo non è in grado di ristabilire un equilibrio termico interviene uno stato di ipotermia con possibili conseguenze fatali.

Vi sono anche fattori di compensazione a medio e lungo termine, che si attivano dopo alcuni giorni di esposizione e fino a sei mesi dopo l'esposizione. Questi meccanismi possono includere adattamenti cardiovascolari ed endocrini. In un clima caldo la compensazione può consistere in un aumento del volume di sangue, che aumenta la vasodilatazione migliorando anche lo scambio termico dovuto alla sudorazione. In caso di condizioni di continua esposizione al freddo, la vasocostrizione può diventare permanente, il volume di sangue si riduce e il tasso metabolico aumenta naturalmente. Questi meccanismi di compensazione, comunque, non sono soltanto fisiologici: l'assuefazione alle condizioni dominanti di caldo o freddo e l'accettazione della condizione termica prevalente come "normale" costituiscono fattori di adattamento psicologico.

L'adattamento stagionale delle proprie preferenze può essere molto significativo, perfino da un mese all'altro. Diversi studi hanno mostrato che la "temperatura neutrale" (cioè la temperatura media preferita da un gruppo di persone) dipende dalla temperatura media stagionale del mese, secondo la seguente relazione:

$$T_n = 17.6 + 0.31 \cdot T_{o,av}$$

Dove $T_{o,av}$ è la temperatura media del mese (questi coefficienti sono basati sugli studi compiuti da Auliciems; altri ricercatori hanno considerato di utilizzare coefficienti di correlazione che si discostano leggermente da quelli dati).

Auliciems (1981) ha elaborato un modello psicofisiologico della percezione termica che costituisce la base del modello di adattamento.

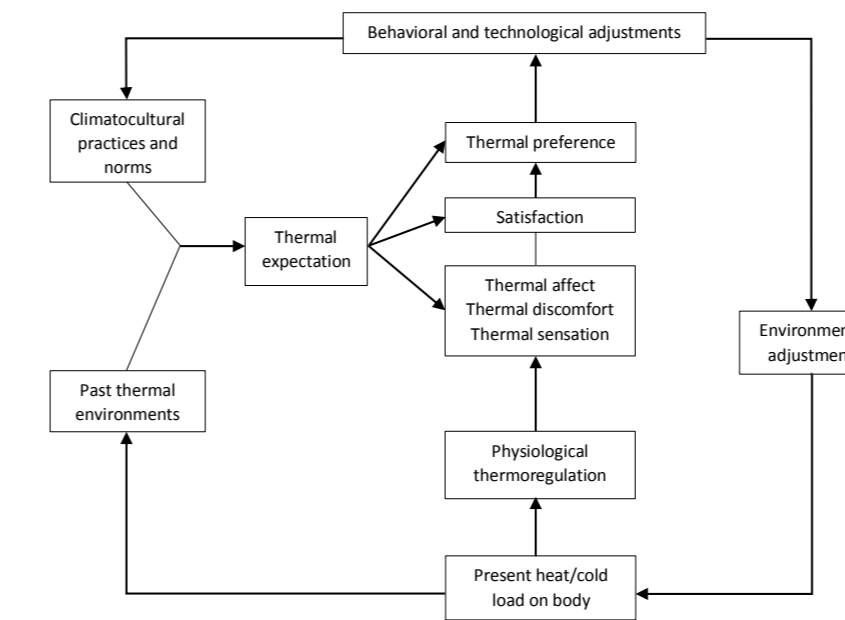


Figura 6.6 Modello psico-fisiologico di Auliciems

6.1.7 INDICI DI COMFORT, ZONE DI COMFORT

L'intervallo delle condizioni termiche accettabili è riferito generalmente come "zona di comfort". Le temperature che costituiscono i limiti di questa zona, per il 90% delle persone, possono essere calcolate relativamente alla temperatura di neutralità T_n in questo modo: da $(T_n - 2.5)^\circ\text{C}$ a $(T_n + 2.5)^\circ\text{C}$.

Dal momento che il comfort termico è influenzato da altre tre variabili ambientali, sono stati fatti dei tentativi già a partire dai primi anni del 1900 per creare un singolo valore di indice di comfort, che rappresentasse gli effetti combinati di tutte e quattro o almeno di alcune di queste variabili. Il primo di questi indici è stato proposto Houghten e Yaglou nel 1923 denominato "Temperatura effettiva".

Durante gli anni sono stati proposti almeno altri trenta di questi indici da diversi gruppi di lavoro, tutti basati su differenti studi che propongono differenti derivazioni e nomi.

Olgay (1953) ha introdotto il "diagramma bioclimatico" rappresentato su un piano cartesiano che ha DBT sulle ordinate e RH sulle ascisse: la figura nel mezzo del grafico è la "zona di comfort". Le curve superiori mostrano come la velocità dell'aria possa estendere i limiti superiori della zona, mentre le linee al di sotto raffigurano l'estensione del limite inferiore dovuta al riscaldamento per irraggiamento, come mostrato dal grafico seguente.

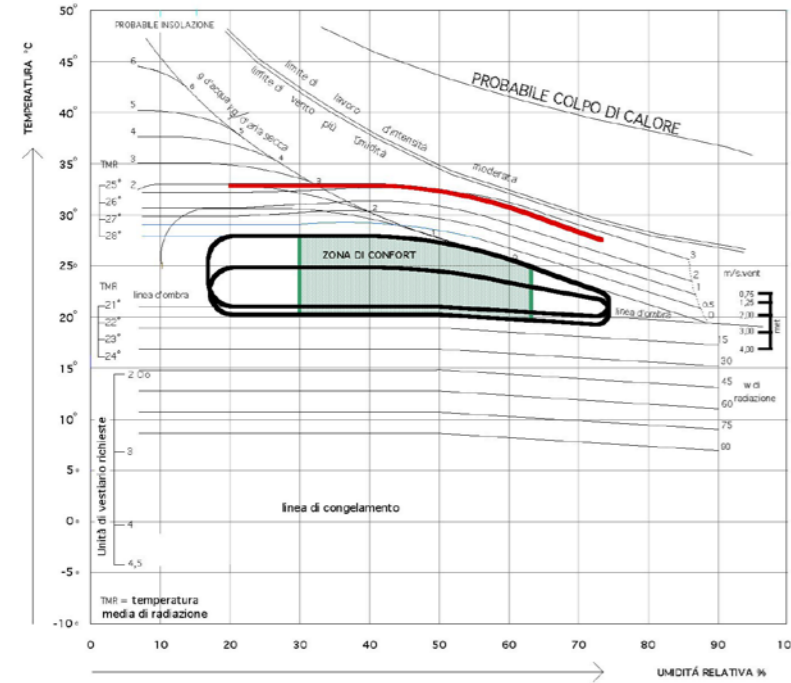


Figura 6.7 Diagramma bioclimatico di Olgyay

Il più recente tra gli indici di misurazione del comfort, e quello generalmente accettato, è la ET* (ET asterisco), o “nuova temperatura effettiva”. Infatti Yaglou (1923) definì un indice che chiamò “Temeratura Effettiva” (ET), per tenere in conto l’effetto dell’umidità sulla sensazione termica. Prendendo come riferimento la temperatura dell’aria in condizione di saturazione, si possono tracciare, sul diagramma psicrometrico, delle “linee di paricomfort”: queste linee si muovono verso il basso e verso destra. Questa scala e alcune derivate sono state utilizzate molto di frequente,

non solamente negli Stati Uniti (per esempio nella maggior parte delle pubblicazioni di ASHRAE) ma anche nel Regn Unito (per esempio da Vernon e Warner 1932, Bedford 1936, Givoni 1969, Koenigsberger e coll. 1973) Gagge e altri ricercatori (1974), alla luce di studi più recenti, hanno definito un altro parametro denominato “Nuova temperatura effettiva” o ET* (ET asterisco). Questa coincide con DBT in corrispondenza della curva di RH 50%. Fino alla temperatura di 14°C l’umidità non ha effetto sul comfort termico (ET*=DBT) ma al di sopra di questa temperatura le curve di ET* si inclinano verso destra. Queste curve sono state costruite in maniera analitica, ma possono differire per varie combinazioni di attività e di abbigliamento. Riconoscendo questa difficoltà Gagge et All. (1986) hanno perciò definito la scala SET (scala di temperatura effettiva standard). Le curve ET* calcolate per 0.57 clo e 1.25 met si sono dimostrate essere valide anche per altre condizioni (dal momento che un incremento del valore di met può essere compensato da una diminuzione del valore di clo) e sono equivalenti:

met	clo
1	0.67
1.25	0.57
2	0.39
3	0.26
4	0.19

Questo indice viene ora denominato SET (standard effective temperatu-

re, temperatura efficace standard).

Le isoterme di SET sono rappresentate come dei segmenti sul diagramma psicrometrico.

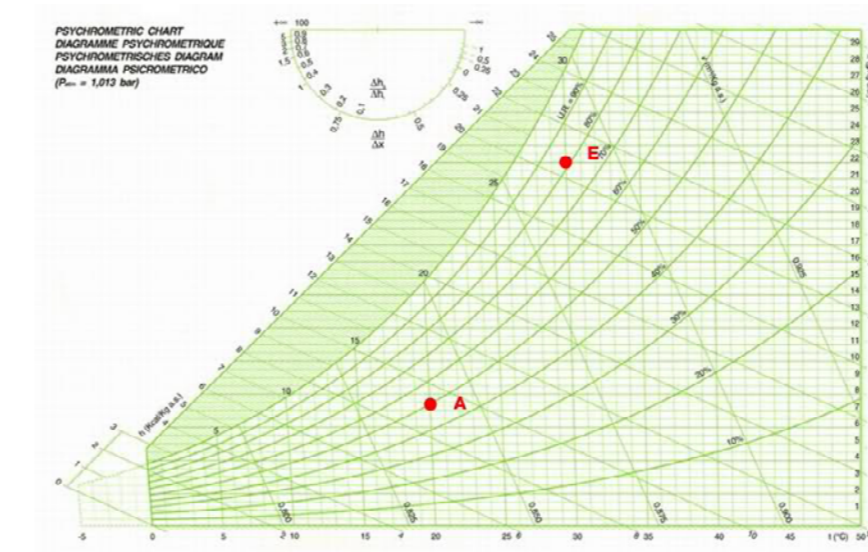


Figura 6.8 Diagramma psicrometrico

Il valore di SET coincide con quello di DBT in corrispondenza della curva RH 50%. L’inclinazione delle curve di SET indica che con l’aumento dell’umidità la tolleranza alla temperatura si riduce, mentre per bassi valori di umidità lo stato di comfort accettabile si estende a temperature più alte. Fino alla temperatura di 14°C la curva di SET coincide con quella di DBT al di sopra di questo valore di umidità la pendenza delle isoterme cresce progressivamente (in maniera costante), e se indichiamo tale pendenza

X/Y o $DBT/AH=0.023*(T-14)$. Tale equazione fornisce la deviazione della SET dalla line DBT (verticale) al variare della differenza tra la concentrazione di vapore presente nell’aria e quella a $DBT=SET$ e $RH=50\%$. Tale deviazione è positiva (a parità di comfort DBT cresce se RH diminuisce) al di sotto della curva $RH=50\%$, mentre è negativa al di sopra (DBT diminuisce se RH cresce). La SET così definita combina l’effetto di temperatura e umidità, i due fattori più importanti nella determinazione del comfort. La zona del comfort può essere tracciata su questo diagramma e varierà con il variare del clima, che potrà essere differente di mese in mese. Il metodo che si basa sul cosiddetto “diagramma di Givoni”, è una rappresentazione inizialmente elaborata nel 1978 da Baruch Givoni e successivamente perfezionata, in cui vengono definite le condizioni di comfort termometrico di un ambiente interno, direttamente sul diagramma psicrometrico dell’aria umida. Tali condizioni sono state definite in modo semi-empirico, basandosi sulle valutazioni fornite da un vasto campione di popolazione, omogenea dal punto di vista culturale e da quello delle aspettative bioclimatiche. Nonostante il diagramma venga utilizzato più che altro in fase di progettazione, può essere impiegato anche per la valutazione del comfort termometrico di un edificio esistente, riportando tutte le coppie di valori temperatura-umidità relativa misurate per l’ambiente sotto osservazione, con il fine di verificare che i punti così identificati ricadono o meno nella zona di comfort, invernale o estivo a seconda della stagione durante la quale è stata effettuata la prova. Il diagramma di Givoni nella sua forma completa e attuale; le zone di comfort termico estivo (CE) e invernale (CH) sono evidenziate in verde.

In evidenza anche altre zone, strategie adottabili per risolvere eventuali problemi di discomfort termoigrometrico.

I vantaggi che tale metodo presenta rispetto ai precedenti sono l'assoluta obiettività, senza far ricorso a ipotesi soggettive, la possibilità di essere applicato in qualsiasi stagione e la possibilità di stabilire facilmente strategie di riqualificazione per migliorare il comfort termoigrometrico. Inoltre presenta il vantaggio di richiedere soltanto due misure per poter essere attuato, ossia quella di temperatura ambiente e l'umidità relativa.

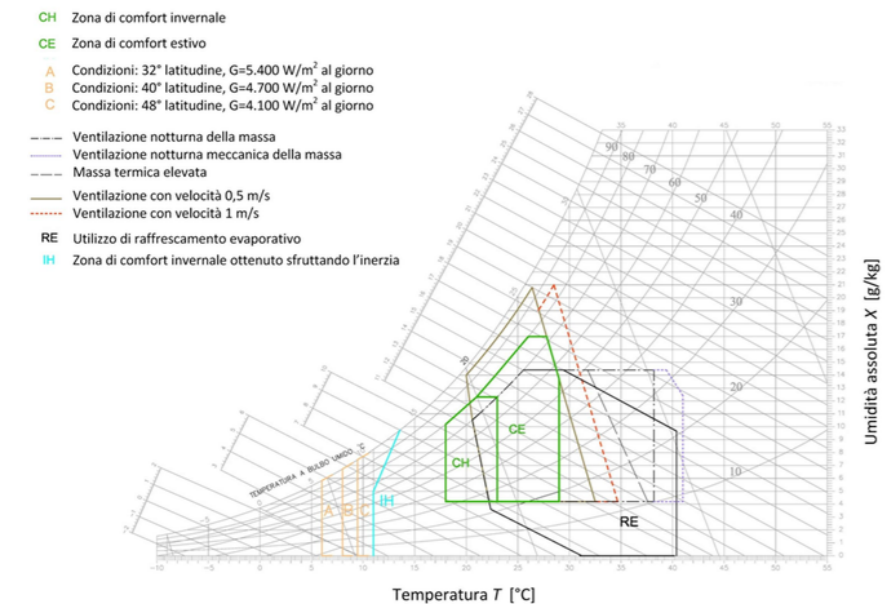


Figura 6.9 Diagramma di Givoni

6.2 IL COMFORT TERMICO NEGLI SPAZI APERTI IN CLIMI CALDI E UMIDI

6.2.1 INTRODUZIONE

La fruizione di uno spazio esterno, pubblico o privato, dipende essenzialmente dalla capacità dello spazio stesso di offrire, attraverso il proprio microclima, condizioni di comfort.

Al sussistere di tale complessa condizione, è possibile osservare:

- Un incremento del numero di persone che frequentano tale spazio;
- Una maggiore diversificazione delle attività svolte nello spazio.

Questo tipo di approccio è utile per cercare di legare la tematica della vivibilità (fruibilità) di uno spazio esterno con quella relativa alla progettazione fisica di questo spazio.



Esso permette di associare alle esigenze delle persone (utenza), esplicitate in specifici insiemi di attività, ad un insieme di prestazioni che connotano tale spazio fisico; quest'ultimo deve essere atto a supportare funzioni ed attrezzature che permettano tali attività.

Come è risaputo, le condizioni meteorologiche possono influire in modo significativo su umore e comportamento dell'uomo. Per svolgere attività di ricreazione e di tempo libero, spesso le persone sono esposte direttamente alle intemperie mentre usufruiscono di spazi urbani all'aperto. Pertanto, un ambiente termico confortevole è estremamente importante per il godimento degli spazi pubblici. Il successo di uno spazio pubblico può essere basato sul numero di persone che utilizzano tale spazio. Ad esempio per determinare se la percezione di un ambiente termico influisce sulla fruizione dello spazio, Nikolopoulou et al. ha proposto come metodo più semplice quello di stimare il numero di individui che utilizzano parchi e piazze pubbliche e ha dimostrato che il numero di persone che utilizzano uno spazio aumenta tanto quanto aumentano la temperatura dell'aria (T_a) o la temperatura media radiante (TMRT) relative a spazi pubblici in regioni temperate.

Fattori che determinano l'ambiente termico all'aperto, quali temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità del vento e radiazione solare, influenzano significativamente le valutazioni relative al comfort termico, ad esempio la percezione, la preferenza e la soddisfazione termiche. Studi condotti in regioni temperate hanno dimostrato che molte persone visitano gli spazi urbani esterni quando l'indice termico è elevato sia in inverno che in estate (Nikolopoulou et al., 2001). Tuttavia, ricerche con-

dotte nelle regioni calde e umide indicano che poche persone visitano le piazze quando l'indice termico è elevato (Lin, 2009): la maggior parte delle persone visitano le piazze quando la condizione termica è vicina alla loro fascia di comfort termico. Pertanto, le condizioni termiche all'aperto influenzano le valutazioni di comfort termico e l'utilizzo degli spazi esterni: il grado di rilevanza varia con le esigenze termiche delle persone in diverse regioni climatiche. L'ambiente termico esterno è influenzato dall'ambiente costruito, ad esempio Johansson ha indicato come una strada con un elevato rapporto H/W possa migliorare il comfort estivo dei residenti, tuttavia in caso di elevato rapporto possono aumentare le basse temperature tipiche invernali.

Studi condotti nel clima caldo e umido di Taiwan, città che presenta una temperatura media dell'aria nella stagione calda (marzo-novembre) di 20-29 °C e di 16-18 °C nella stagione fredda (dicembre-febbraio) mostrano come il mantenimento di un ambiente fresco d'estate sia un fattore chiave nella progettazione di ambienti all'aria aperta durante i mesi più caldi; tuttavia anche il comfort termico percepito in inverno è un problema significativo per l'utilizzo degli spazi esterni, dal momento che gli abitanti di Taiwan sono abituati al loro clima caldo e umido mentre sono relativamente meno tolleranti al freddo. (Lin, Matzarakis, Hwang, 2010). Nel progetto di spazi aperti, il contatto con la natura è uno degli obiettivi primari nell'uso degli spazi aperti e deve essere incoraggiato attraverso il progetto stesso. Lo stimolo ambientale è un'importante ragione d'uso degli spazi aperti per diverse attività durante tutto l'anno. Un progetto attento a queste ragioni può contribuire a tale stimolo grazie anche ad una

differenziazione ambientale cosciente del fatto che le variazioni orarie e stagionali richiedono soluzioni differenziate.

Il progettista urbano dispone di diverse possibilità per le soluzioni progettuali: la morfologia dell'edificio, i materiali, la vegetazione, le strutture d'acqua, e persino l'arredo urbano possono contribuire ad una progettazione efficace degli spazi urbani, garantendo protezione dagli aspetti climatici negativi e esposizione a quelli positivi, incrementando l'uso dello spazio esterno durante tutto l'anno.

6.2.2 FATTORI DI COMFORT NEGLI SPAZI URBANI

La trasmissione della radiazione visibile nella massa vegetale dipende dalle proprietà radianti, dalla densità e disposizione spaziale delle foglie e della struttura del tronco e dei rami.

Più è densa la vegetazione più energia viene assorbita nella massa vegetale che si comporta in modo simile a un corpo nero.

La quantità di energia riflessa è inversamente proporzionale alla dimensione. Più aumenta l'altezza più diminuisce l'albedo, cioè la quantità di radiazione riflessa. Nella formalizzazione di un bilancio energetico-radiativo di una porzione di superficie terrestre, occorrerà considerare radiazioni ad onda corta, provenienti dal sole, e radiazioni ad onda lunga, che costituiscono l'energia riemessa dalle superfici riceventi sotto forma di radiazione termica. Dovrà essere altresì considerata l'energia emessa dal vapore acqueo, anidride carbonica ed ozono presenti nell'atmosfera, sostanze che assorbono la radiazione solare ad onde corte riemettendola, appunto, sotto forma di radiazione termica.

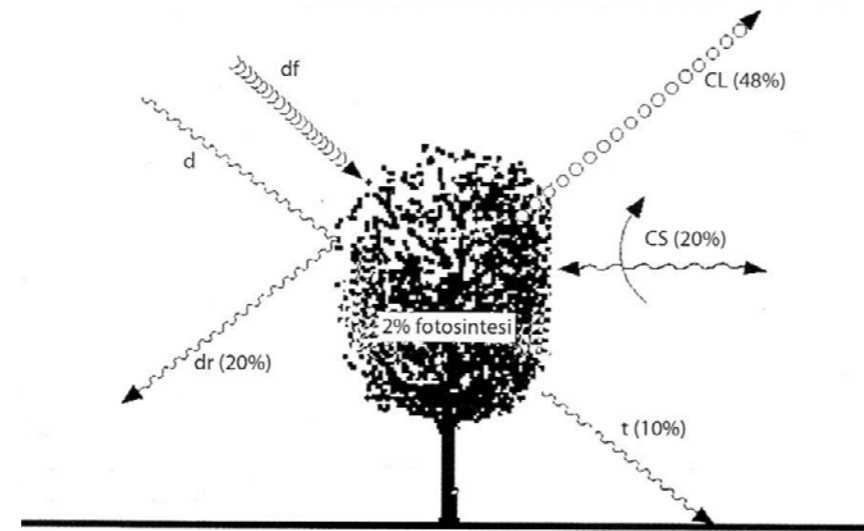
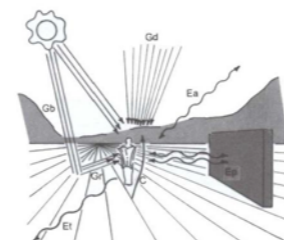


Figura 6.10 Schema semplificato di scambi termici tra vegetazione e ambiente

Un microclima stabile si ha quando emissori e ricettori di energia si bilanciano:

$$\text{Radiazione solare} - \text{Evaporazione} + \text{Radiazione di onda lunga emessa} + \text{Conduzione} + \text{Convezione} = 0$$

Con: utilizzo di vegetazione, coefficiente di albedo; distribuzione di energia tra i consumatori.



6.2.3 CONSIDERAZIONI SUL VENTO NEGLI SPAZI URBANI

Il vento è uno dei più importanti fattori che influiscono sulle condizioni di comfort pedonale in spazi esterni aperti. È difficile prevedere e controllare un ambiente esposto al vento poiché esso è influenzato da diversi fattori di carattere globale, regionale e locale. A scala globale il vento ha origine dal movimento dell'aria da aree di alta pressione ad aree di bassa pressione. La velocità e la direzione del vento dipendono da fattori globali ma sono in seguito influenzati dalla tipologia del paesaggio regionale e locale. E', pertanto, importante capire che vi sono differenze notevoli nell'ambiente esposto al vento da una parte all'altra della città o, persino, a scala micro, da una parte all'altra di uno spazio aperto.

Il vento non è un fenomeno costante – subisce importanti variazioni di direzione e di forza (raffiche di vento), che possono essere stagionali o annuali. Di solito ci si riferisce quindi a valori medi.

Gli effetti diretti del vento possono essere divisi in due grandi categorie: effetti meccanici e effetti termici. Gli effetti meccanici del vento possono essere percepiti ad una velocità del vento superiore ai 4-5m/s.

Al di sopra dei 10m/s è sgradevole camminare e al di sopra dei 15m/s vi è il rischio reale di incidenti. Per quanto riguarda gli effetti termici si possono usare i criteri di comfort dei 5m/s presenti nella tabella seguente, se si suppone che le persone adattano il loro comportamento e il vestiario alla stagione. La tabella può essere usata per temperature dell'aria superiori ai 10°C.

Si tenga presente che, a seconda del clima, una determinata intensità di vento potrebbe essere ritenuta sia indesiderabile che desiderabile. In

climi freddi il vento farà quasi sempre diminuire le condizioni di comfort esterne, mentre accadrà l'opposto nel caso di climi caldi.

Caratteristiche dei criteri della velocità 5m/s. A=Accettabile, U= non confortevole, VU = Altodiscomfort/ pericoloso

Attività	Areaa	A	U	VU
Camminata veloce	Pavimenti/percorsi	43%	50%	53%
Passeggiata	Parchi/strade commerciali	23%	34%	53%
Fermi in piedi o seduti per breve periodo	Parchi/ spazi urbani	6%	15%	53%
Fermi in piedi o seduti per lungo periodo	Ristoranti all'aperto	0.1%	3%	53%

Si può ad esempio notare che l'ambiente esposto al vento è accettabile per le persone che stanno sedute per periodi più brevi in spazi aperti, se la velocità media del vento di 5m/s non viene superata per più del 6% del tempo. Se le persone stanno sedute per periodi più lunghi, allora i 5m/s non dovrebbero essere superati per più dello 0,1% del tempo.

Il regime dei venti (frequenza in giorni e velocità in metri al secondo, chilometri all'ora o nodi) può consigliare la necessità di difendersi o la

possibilità di utilizzo degli stessi per il raffrescamento e la ventilazione naturale degli ambienti confinati.

Il tipo di diagramma più adatto per rappresentare il fenomeno su base stagionale, sia per la frequenza che per la velocità, è quello polare che consente di mostrare l'entità del fenomeno per ciascun punto cardinale di provenienza.

Alcune osservazioni a riguardo:

- I venti si classificano in base alla direzione, alla frequenza ed alla velocità
- È importante conoscere la loro temperatura, umidità e regolarità
- Le variazioni locali possono essere tanto importanti da influenzare in maniera decisiva le altre condizioni ambientali

-Il vento può influenzare le caratteristiche di temperatura, raffreddando o riscaldando l'ambiente, può favorire la ventilazione e ridurre l'umidità, può migliorare la qualità dell'aria e può ridurre o aumentare il livello locale dei rumori.

Nel caso di più edifici raggruppati essi producono una modificazione del campo di flusso d'aria che li attraversa dipende dalla collocazione e dall'altezza relativa, reciproche, degli edifici stesse, dalla densità con cui essi sono collocati sul territorio.

La velocità del vento attorno e tra gli edifici di una città varia in funzione del rapporto tra direzione del vento e allineamento delle vie:

- Nelle vie parallele alla direzione del vento, la riduzione della velocità dovuta all'attrito con le pareti della via, rispetto a quella sopravvento agli edifici, è minima.

Si può avere un aumento della velocità del vento negli spazi tra le testate

degli edifici, se la via è perpendicolare all'allineamento degli edifici stessi
- Le vie perpendicolari alla direzione del vento sono caratterizzate da una notevole riduzione della velocità dovuta all'effetto barriera.

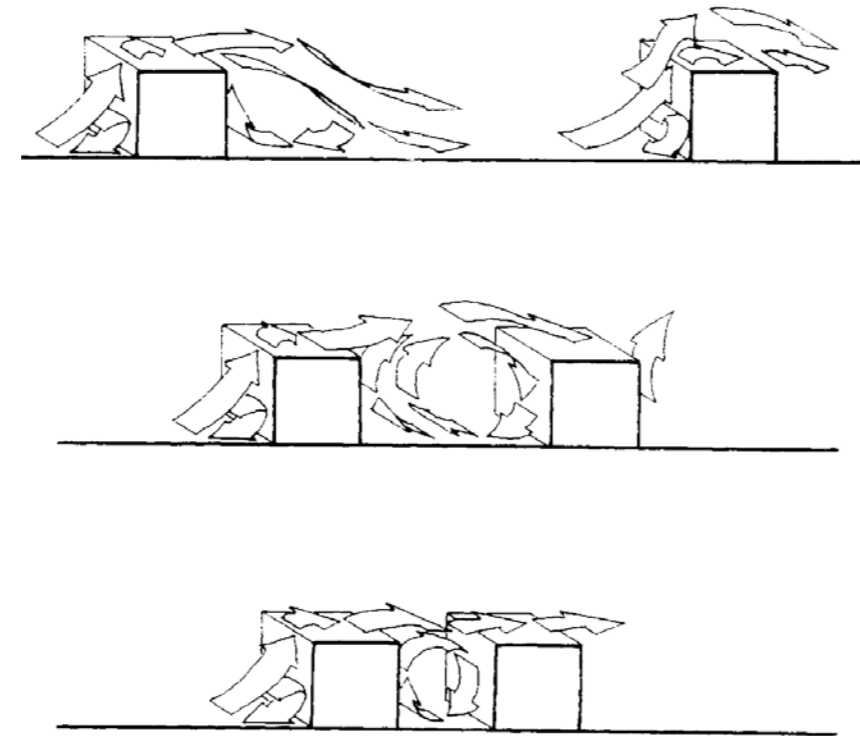


Figura 6.11 Regime di flusso da ostacolo separato, regime di flusso a scie interferenti, regime di flusso pseudo-laminare.

La maggior parte dei climi sono favorevoli allo sfruttamento dei sistemi di ventilazione naturale, così come di altri dispositivi di climatizzazione passiva.

6.2.4 SCALA DI BEAUFORT

La forza del vento viene determinata dalla velocità dello stesso. La Scala di Beaufort ordina i venti in base alla loro forza che, tradotta in velocità, appare con i valori della Tabella 1, misurati a 10 m di altezza e in campo libero.

Scala di Beaufort	Nomedide Viento	Velocità	
		m/s	Km/h
0	Calma	0,5	2
0	Calma	0,5	2
1	Aria leggera	1,5	5
2	Brezza leggera	3	11
3	Brezza delicata	6	22
4	Brezza moderata	8	30
5	Brezza fresca	11	40
6	Brezza forte	14	50
7	Vento moderato	17	60
8	Vento fresco	21	75
9	Vento forte	24	87
10	Grande vento	28	100
11	Temporale	32	115
12	Uragano	36 o più	130 o più

Figura 6.12 Scala di Beaufort

EFETTO SUL CORPO UMANO

Anche se la scala di Beaufort non considera il movimento dell'aria fino a quando raggiunge la velocità di 1,5 m/s, in realtà gli spostamenti d'aria a velocità inferiori, come ad esempio 0,5 m/s, si possono già percepire, anche se solo leggermente. Il termine "aria in calma", implica un movimento fino a 0,08 m/s, oltre questo valore si percepisce perfettamente un movimento dell'aria.

Quando si effettua il rinnovo d'aria di un locale si utilizza dell'aria di apporto che contiene delle caratteristiche termiche e di umidità simili a quelle esistenti all'interno del locale, difficilmente si può percepire il movimento dell'aria dal momento che un ricambio, per quanto sia attivo, in genere provoca delle velocità d'aria al di sotto di ciò che abbiamo qualificato come aria in calma.

Tuttavia è perfettamente noto il fenomeno in base a cui un movimento d'aria sulla pelle nuda delle persone genera una sensazione di freschezza, anche se l'aria ha la stessa temperatura di quando è in calma. Difficilmente la velocità dell'aria di ricambio di un locale può generare tale sensazione di freschezza e per questo viene giustificata l'esistenza dei ventilatori, che sono dispositivi destinati a provocare dei movimenti d'aria utilizzando l'aria esistente all'interno dei locali e quindi in modo indipendente dall'aria di apporto per un rinnovo dell'ambiente.

In un locale con persone vestite in modo normale, a riposo o con un'attività leggera e con una temperatura tra 20 e 24 °C, un movimento d'aria a una velocità compresa tra 0,5 e 1 m/s crea una sensazione di freschezza confortevole, ma se si tratta di persone che svolgono un'attività dura, con



notevole sforzo muscolare, questa sensazione di sollievo non si verifica sino a quando non si raggiunge una velocità dell'aria, sulle persone, tra 1,3 e 2,5 m/s. Superare questa velocità genera più una sensazione fastidiosa che di sollievo, e quindi bisogna evitarla.

Tra questi estremi indicati può esistere una scala di sensazioni diverse. Comunque dobbiamo sempre considerare l'influenza decisiva della temperatura dell'aria, che deve essere inferiore a quella del corpo e anche che il grado di umidità sia sufficientemente basso per consentire l'evaporazione del sudore umano. Dopo numerose prove con un gran numero di persone, si è riusciti a stabilire una scala, vedi Tabella 2, in cui bisogna considerare che per le velocità dell'aria basse sono state considerate persone vestite in modo normale e temperature intorno ai 20°, e per velocità dell'aria elevate sono stati utilizzati uomini a torso nudo impegnati in un lavoro intenso e con temperature elevate.

Velocità dell'aria sulle persone	Sensazione che la temperatura è diminuita di
0,1 m/s	0° C
0,3 m/s	1° C
0,7 m/s	2° C
1 m/s	3° C
1,6 m/s	4° C
2,2 m/s	5° C
3 m/s	6° C
4,5 m/s	7° C
6,5 m/s	8° C

Figura 6.13 Effetto della ventilazione sul corpo umano

6.2.5 NORMATIVE

Il comfort è definito come la sensazione di completo benessere fisico e mentale di un individuo (condizione soggettiva).

Il benessere termoigrometrico o «thermal comfort» è definito dall'American Society of Heating Ventilation and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) come quel particolare stato della mente che esprime soddisfazione con l'ambiente circostante.

In Italia è valutato secondo due normative:

- UNI EN ISO 7730 - 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.

- UNI EN 15251 - Criteri per la valutazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

UNI 7730

Di seguito si vengono riportati paragrafi o parte di paragrafi della norma stessa al fine di far capire lo scopo per cui tale norma è stata redatta.

- Introduzione

La sensazione termica dell'uomo è legata essenzialmente al bilancio di energia termica sull'intero corpo; tale bilancio è influenzato dall'attività fisica e dall'abbigliamento, oltre che dai parametri ambientali: tempe-

ratura dell'aria, temperatura media radiante, velocità dell'aria e umidità dell'aria. Una volta che questi fattori siano stati stimati o misurati, è possibile prevedere la sensazione termica del corpo nel suo complesso calcolando il Voto Medio Previsto o Predicted Mean Vote (PMV).

L'indice PPD (Percentuale Prevista Di Insoddisfatti o Percentage People Dissatisfied), fornisce informazioni sul disagio termico o sull'insoddisfazione termica, prevedendo la percentuale di persone che in un certo ambiente provano una sensazione di troppo caldo o troppo freddo. Il PPD può essere ottenuto dal PMV.

- Definizione del PMV

Il PMV è un indice che prevede il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone sulla scala di sensazione termica a 7 punti, basato sul bilancio di energia termica sul corpo umano, che è verificato quando la produzione interna di energia termica uguaglia la quantità di energia termica ceduta all'ambiente. In un ambiente moderato, il sistema di termoregolazione del corpo umano provvede automaticamente a modificare la temperatura della pelle e la secrezione di sudore per mantenere l'equilibrio termico.

Di seguito si riporta la tabella con i 7 punti:

+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Abbastanza caldo
0	Né caldo né freddo
-1	Abbastanza freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo

- Definizione del PPD

Il PPD è un indice che fornisce una previsione quantitativa della percentuale di persone termicamente insoddisfatte che sentono troppo freddo o troppo caldo. Ai fini della presente norma internazionale, le persone termicamente insoddisfatte sono quelle che voteranno caldo, molto caldo, freddo o molto freddo sulla scala di sensazione termica a 7 punti.

A partire da questi due indici la norma classifica gli ambienti secondo tre categorie:

- A (94% di soddisfatti),
- B (90% di soddisfatti),
- C (85% di soddisfatti).

La definizione delle classi sopra descritte sono influenzate anche dalla tipologia di edificio e quindi della funzione che viene svolta al suo interno. Per ciascuna devono essere verificati i valori di DR (rischio corrente d'aria) e PD per i valori di asimmetria radiante, pavimento caldo o freddo e differenza verticale di temperatura.



Categoria	Stato termico del corpo nel suo complesso		Disagio locale			
	PPD %	PMV	DR %	PD % causato da differenza verticale di temperatura dell'aria	pavimento caldo o freddo	asimmetria radiante
A	<6	-0,2 < PMV < +0,2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0,5 < PMV < +0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7 < PMV < +0,7	<30	<10	<15	<10

Parametro 1 : Differenza verticale di temperatura dell'aria tra testa e caviglie

Differenza verticale di temperatura dell'aria tra testa e caviglie

Categoria	Differenza verticale di temperatura dell'aria ^{a)} °C
A	<2
B	<3
C	<4

a) 1,1 m e 0,1 m dal pavimento.

Parametro 2: Intervallo di temperatura del pavimento

Intervallo di temperatura del pavimento

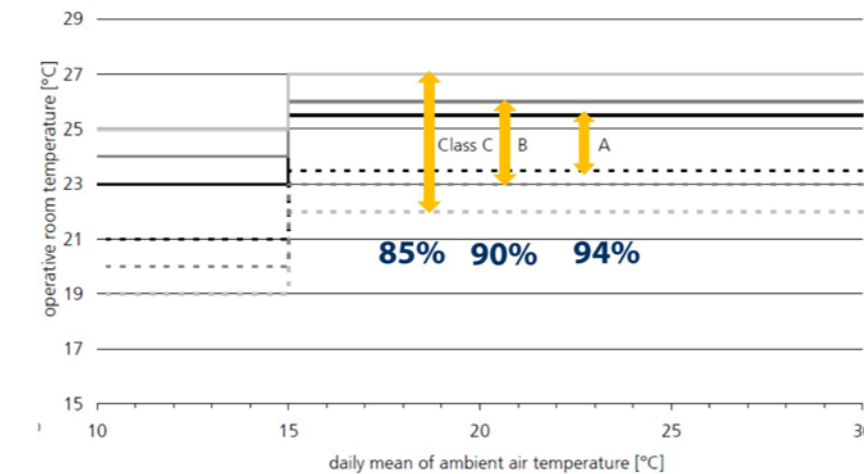
Categoria	Intervallo di temperatura del pavimento °C
A	da 19 a 29
B	da 19 a 29
C	da 17 a 31

Parametro 3: Asimmetria della temperatura radiante

Asimmetria della temperatura radiante

Categoria	Asimmetria della temperatura radiante °C			
	Soffitto caldo	Parete fredda	Soffitto freddo	Parete calda
A	<5	<10	<14	<23
B	<5	<10	<14	<23
C	<7	<13	<18	<35

Di seguito si riporta un esempio di ciò che ci consente di definire la normativa.



Class	ISO7730 PPD (PMV)	EN15251 ^{adap} PPD (PMV)	ASHRAE ^{adap} PPD (PMV)	ISSO74 ^{adap} PPD (PMV)
A (I)	6% (±0.2)	6% (±0.2)	10% (±0.5)	10% (±0.5)
B (II)	10% (±0.5)	10% (±0.5)	20% (±0.85)	20% (±0.85)
C (III)	15% (±0.7)	15% (±0.7)		35% (±1.76)

La norma UNI 7730 è basata su un modello che considera le persone all'interno degli ambienti come soggetti passivi di scambio termico e prescrive temperature ottimali costanti (min 20°C invernali e max 26°C estive). Quindi è caratterizzata da un approccio che può essere definito statico in quanto definisce delle fasce di appartenenza in base alla sola temperatura media giornaliera dell'aria esterna che viene riportata sull'asse delle ascisse (asse x), senza prendere in considerazione l'escursione termica che si ha nell'arco di una giornata tra il giorno e la notte (24 ore), mentre per la determinazione delle fasce di comfort si considera sull'asse delle ordinate (asse y) la temperatura operativa giornaliera della zona termica analizzata.

Studiando il benessere di una determinata zona termica è possibile estrarre il "footprint" ovvero l'appartenenza alle varie fasce di comfort rispetto alle percentuali di soddisfatti.

È utile definire un footprint per il periodo estivo e per quello invernale, in questo modo è facile rendersi conto di come l'edificio rispetti o meno i parametri di comfort in base alle differenti stagioni.

Le classi di comfort che si vanno a definire sono le seguenti, rispetto a quanto stabilito dalla UNI EN ISO 7730:

- CLASSE I A
- CLASSE II B-A
- CLASSE III C-B
- CLASSE IV i rimanenti

UNI EN 15251

Questa normativa introduce il concetto di "adattamento" con il quale si spiega come il contesto e la storia termica di ciascun soggetto possano modificare le aspettative e le preferenze termiche degli occupanti. Il modello di comfort adattativo propone una correlazione tra la temperatura di comfort per gli occupanti (T operativa) e la temperatura dell'aria esterna.

Alla base di tale modello vi è il processo per cui il corpo umano si adatta al clima stagionale e locale, di conseguenza gli occupanti considerano temperature interne diverse come confortevoli a seconda della stagione e della località. Il modello adattivo si basa su rapporti misurati tra l'impressione soggettiva di comfort riferita a una popolazione statistica di utenti e la temperatura interna.

Le categorie di comfort utilizzate da questa normativa sono differenti per la stagione considerata. Per il periodo invernale sono mantenuti gli stessi limiti della normativa UNI EN ISO 7730 e quindi si attua un approccio statico. Invece per il periodo estivo viene applicato il concetto di comfort adattativo, questo è dovuto soprattutto alla elevata variazione di temperatura tra il dì e la notte.

Category	Explanation
I	High level of expectation and is recommended for spaces occupied by very sensitive and fragile persons with special requirements like handicapped, sick, very young children and elderly persons
II	Normal level of expectation and should be used for new buildings and renovations
III	An acceptable, moderate level of expectation and may be used for existing buildings
IV	Values outside the criteria for the above categories. This category should only be accepted for a limited part of the year

I limiti definiti dalla normativa sono i seguenti:

Category I	upper limit: $\Theta_{i,max} = 0,33\Theta_m + 18,8 + 2$
	lower limit: $\Theta_{i,min} = 0,33\Theta_m + 18,8 - 2$
Category II	upper limit: $\Theta_{i,max} = 0,33\Theta_m + 18,8 + 3$
	lower limit: $\Theta_{i,min} = 0,33\Theta_m + 18,8 - 3$
Category III	upper limit: $\Theta_{i,max} = 0,33\Theta_m + 18,8 + 4$
	lower limit: $\Theta_{i,min} = 0,33\Theta_m + 18,8 - 4$

Θ_i = limit value of indoor operative temperature, °C

Il modello adattivo va a mettere a confronto la temperatura operativa della zona termica analizzata (asse y) con la temperatura media mobile esterna (asse x) calcolata secondo la seguente formula (per il calcolo si è utilizzata la forma semplificata).

external temperature, running mean

exponentially weighted running mean of the daily mean external air temperature Θ_{ed} is such a series, and is calculated from the formula:

$$\Theta_{rm} = (1 - \alpha) \cdot \{ \Theta_{ed-1} + \alpha \cdot \Theta_{ed-2} + \alpha^2 \cdot \Theta_{ed-3} + \dots \} \quad (1)$$

This equation can be simplified to

$$\Theta_{rm} = (1 - \alpha)\Theta_{ed-1} + \alpha \cdot \Theta_{m-1} \quad (2)$$

Where

Θ_{rm} = Running mean temperature for today

Θ_{m-1} = Running mean temperature for previous day

Θ_{ed-1} is the daily mean external temperature for the previous day

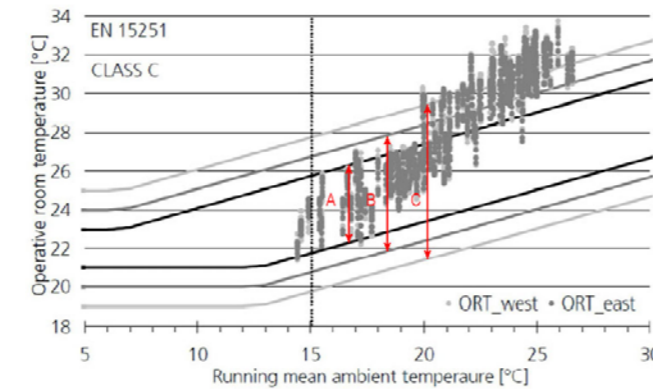
Θ_{ed-2} is the daily mean external temperature for the day before and so on.

α is a constant between 0 and 1. Recommended to use 0,8

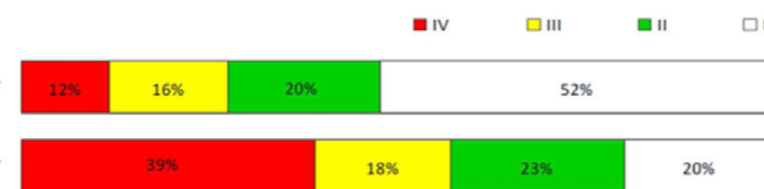
The following approximate equation can be used where records of daily mean external temperature are not available:

$$\Theta_{rm} = (\Theta_{ed-1} + 0,8 \Theta_{ed-2} + 0,6 \Theta_{ed-3} + 0,5 \Theta_{ed-4} + 0,4 \Theta_{ed-5} + 0,3 \Theta_{ed-6} + 0,2 \Theta_{ed-7})/3,8 \quad (3)$$

Il grafico a punti sotto riportato graficizza i limiti delle varie categorie di benessere termoisometrico, si può notare che nel periodo estivo (con una temperatura media mobile esterna maggiore di 15°C) i limiti sono rette inclinate che tendono a seguire il comportamento delle temperature operative interne alla zona termica analizzata.



Studiando il benessere di una determinata zona termica è possibile stabilirne il “footprint” ovvero l’appartenenza alle varie fasce di comfort rispetto alle percentuali di soddisfatti.



È utile definire un foot-print per il periodo estivo e per quello invernale, in questo modo è facile rendersi conto di come l’edificio rispetti o meno i parametri di comfort in base alle differenti stagioni. Le classi di comfort sono definite in questo modo, rispetto alle fasce definite dalla UNI EN ISO 7730:

CLASSE I	A
CLASSE II	B-A
CLASSE III	C-B
CLASSE IV	i rimanenti

6.3 SIMULAZIONE DINAMICA E TRNSYS17

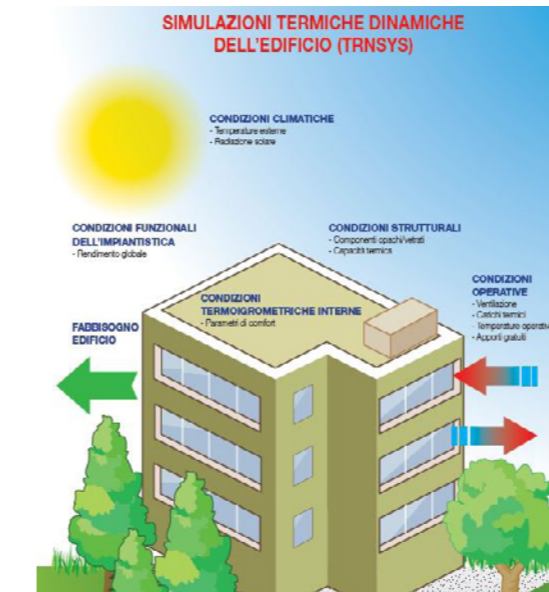


Figura 6.13 Simulazione dinamica

Al giorno d’oggi, gli strumenti di simulazione energetica dinamica sono sempre più indispensabili per seguire analisi delle prestazioni energetiche degli edifici e del comfort termico degli occupanti.

I software di progettazione e simulazione energetica degli edifici sono nati prima della crisi petrolifera del 1973, tuttavia solo dopo tali fatti, sia nel settore pubblico sia in quello privato se ne è incentivato lo studio, la ricerca e lo sviluppo.

In generale, esistono due tipi di strumenti di calcolo in ambito termotecnico ed energetico degli edifici:

- Software per la progettazione degli impianti tecnici;
- Software per la simulazione energetica degli edifici che valutano le prestazioni energetiche con i relativi consumi stagionali o annuali.

Gli strumenti che appartengono al primo tipo basano i loro calcoli su un periodo più rappresentativo dell’anno, in genere in termini di temperatura. Generalmente l’impianto termico di raffrescamento o di riscaldamento è dimensionato rispettivamente sulla base del giorno più caldo e più freddo, cioè alle condizioni climatiche estreme cui l’edificio da valutare è soggetto; tipicamente questi strumenti usano modelli di calcolo semplici e stazionari, non soggetto a cambiamento o a variazioni verso altri stati, ciò significa che non è dipendente dal tempo.

Gli strumenti di simulazione energetica, a differenza dei primi, possono prevedere i consumi energetici degli impianti connessi agli edifici in un intervallo più esteso, tipicamente periodi annuali. In genere sono costituiti da strumenti di analisi per prevedere consumi energetici in fase di progettazione e di verifica. In particolare i software menzionati per pri-

mi sono usati per il dimensionamento del carico termico in condizioni climatiche più sfavorevoli e non considerano le prestazioni energetiche annuali. Per contro i software di simulazione energetica usano numerosi modelli fisici per la rappresentazione energetica dell'edificio, cosicché possono essere usati in tutte le fasi di vita dell'edificio e per ogni istante di tempo considerato. Nonostante sia possibile considerare qualsiasi istante di tempo, una simulazione energetica spesso è realizzata considerando un passo temporale orario, principalmente per i dati climatici forniti attraverso medie statistiche orarie.

I modelli dinamici prevedono quindi la risoluzione delle equazioni termodinamiche considerando tutti i fenomeni fisici in funzione del tempo che nei modelli stazionari non possono essere risolti quali per esempio:

- Conduzione termica in regime transitorio;
- Irraggiamento interno ed esterno agli ambienti a elevata lunghezza d'onda;
- Irraggiamento a bassa lunghezza d'onda;
- Ombreggiature esterne;
- Flussi d'aria dall'ambiente esterno verso l'interno oppure reciprocamente tra gli ambienti interni;
- Guadagni gratuiti interni;
- Controllo degli impianti.

Se si utilizza un programma di simulazione, i fenomeni sopra citati possono essere parzialmente o interamente considerati e il modello matematico è costruito per rappresentare tutti i possibili flussi energetici e le loro interazioni. In questo senso la simulazione è un tentativo di emulare

la realtà. Una simulazione energetica di un edificio è una rappresentazione matematica del comportamento termo-fisico di ogni suo elemento, impianti compresi.

Tuttavia, essa non può riflettere in maniera precisa il comportamento reale di un edificio poiché tutte le simulazioni sono basate su una serie d'ipotesi fondamentali che possono, pregiudicano l'accuratezza dei risultati. Tra i vari fattori che possono influire sull'accuratezza dei risultati, si trovano i dati d'input; per esempio, il clima reale può essere diverso rispetto ai dati meteorologici disponibili per la simulazione; gli impianti termici possono avere dei carichi di lavoro reali diversi da quelle previste dalle curve di funzionamento a carico parziale; le prestazioni termiche dei componenti edilizi e degli impianti possono peggiorare con il tempo e spesso è quasi impossibile tenerne in considerazione durante una simulazione energetica. Conseguentemente, bisogna porre molta attenzione nell'interpretazione dei risultati, poiché rappresentano uno stato relativo di come funziona, o come può funzionare, il sistema edificio-impianto. In linea di principio, nessun output di una qualunque simulazione energetica può essere più accurato rispetto ai dati d'input.

In generale i dati d'input sono essenzialmente costituiti dai seguenti elementi:

- Geometria dell'edificio;
- Caratteristiche termofisiche dei materiali;
- Carichi interni;
- Elementi degli impianti e strategie di controllo degli stessi;
- Dati climatici;

- Ventilazione degli ambienti.

Ogni simulazione energetica utilizza le principali equazioni termodinamiche per la risoluzione della termofisica dell'edificio. Fino a quando le problematiche termiche di un edificio sono complesse oppure non sono totalmente conosciute, i software di simulazione energetica possono solo approssimare i risultati attraverso le equazioni termofisiche ipotizzate con i metodi di calcolo. Tuttavia i risultati possono essere anche interpretati in maniera errata, se le ipotesi iniziali non soddisfano tali equazioni. Al momento, gli strumenti di simulazione energetica dinamica degli edifici si basano principalmente sul trasferimento di calore mono-dimensionale degli elementi edilizi attraverso le zone termiche. Questa ipotesi semplifica i dati geometrici drasticamente e permette un'alta velocità computazionale. La geometria di un edificio costituisce la base dei dati iniziali per una simulazione energetica. È di fondamentale importanza conoscere le differenze tra un modello dell'edificio per usi prettamente architettonici e un modello dell'edificio necessario per eseguire una simulazione energetica.

Un modello per le simulazioni energetiche fa riferimento alla risoluzione dei fenomeni termici ed è per certi versi più semplificato rispetto a un modello architettonico. Per esempio più spazi architettonici possono essere aggregati in un'unica zona termica se le condizioni di controllo della temperatura sono simili. Nelle simulazioni energetiche le zone termiche richiedono una precisa condizione al contorno che non è necessariamente la stessa considerata nei modelli architettonici. Ad esempio, in alcuni casi i pilastri localizzati all'interno degli spazi architettonici possono esse-

re ignorati nei modelli termici.

Tuttavia, nel caso in cui è necessario considerarli è possibile farlo anche attraverso una semplice superficie o volume, con un'opportuna capacità termica che interagisce con l'ambiente circostante; spesso se la massa termica non è trascurabile, si potrebbe avere un notevole effetto sui risultati finali. I balconi o i muri verticali esterni all'edificio possono essere trascurati ai fini della simulazione energetica, ma devono essere convertiti in oggetti che ombreggiano l'edificio. A volte gli oggetti esterni hanno un notevole impatto sul modello energetico, riducendo drasticamente i carichi solari esterni che sono trasmessi all'interno degli ambienti. I carichi esterni dipendono esclusivamente dai dati climatici usati nella simulazione. Esistono migliaia set di dati meteo per molte città di tutto il mondo e una parte è possibile trovarli in database appositi. È importante rilevare che tali dati non si riferiscono a uno specifico anno, ma piuttosto a dei dati statistici meteo riferiti a un preciso luogo. L'obiettivo principale dei software di simulazione energetica è quello di confrontare diverse strategie energetiche per ottimizzare i consumi e i costi di manutenzione.

TRNSYS (TRAnSient SYstems Simulation program) è un programma di simulazione energetica adatto soprattutto per simulare il comportamento energetico degli impianti.

TRNSYS è un software di simulazione energetica costituito da numerosi moduli, sviluppato presso il Solar Energy Lab dell'Università del Wisconsin-Madison e il Solar Energy Application Lab dell'Università del Colorado.

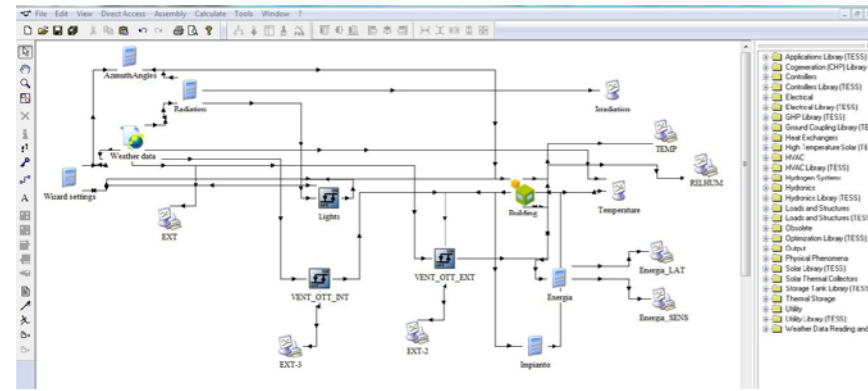


Figura 6.14 Schermata Simulation Studio

Tra le sue applicazioni iniziali c'era lo studio del comportamento energetico di impianti solari attivi ed è divenuto un software commerciale dal 1975. Il database implementato in TRNSYS comprende molti dei componenti, chiamati "types", per usi energetici termici ed elettrici, nonché moduli per gestire i dati di input. Ogni componente è descritto in codice FORTRAN e può essere collegato al simulatore. La struttura a moduli del programma fornisce una grande flessibilità facilitando l'inserimento di eventuali componenti compresi nella estesa libreria di default. TRNSYS ha un risolutore robusto di equazioni differenziali algebriche in grado di leggere ed elaborare un file d'input di testo. Il componente che rappresenta l'edificio, il TYPE 56, comprende tutti i parametri per rappresentare gli scambi tra edificio e ambiente. Gli scambi in transitorio attraverso le superfici delle zone termiche sono calcolati con il metodo delle funzioni di trasferimento, gli scambi radiativi tra le superfici sono approssimati al metodo del circuito a stella, mentre le superfici interne sono collegate

tra di loro con il metodo "star temperature" attraverso delle resistenze termiche equivalenti. L'interfaccia grafica "TRNSYS Simulation Studio" facilita gli ingressi e le uscite di tutti i componenti che costituiscono l'involucro dell'edificio e gli impianti, mentre il plug-in per SketchUp permette di modellare la geometria dell'edificio in maniera facile e veloce.

6.4 MODELLAZIONE E DATI INIZIALI

6.4.1 MODELLAZIONE

L'oggetto dell'analisi microclimatica risulta la prima parte della Urban Farm, comprendente lo spazio aperto posto al di sotto della grande copertura e del camino del ventilazione, con l'aggiunta di un ambiente interno, caratterizzato dalla funzione di reception ed info point.



Figura 6.15 Pianta generale Rice Up



Figura 6.16 Masterplan Rice Up

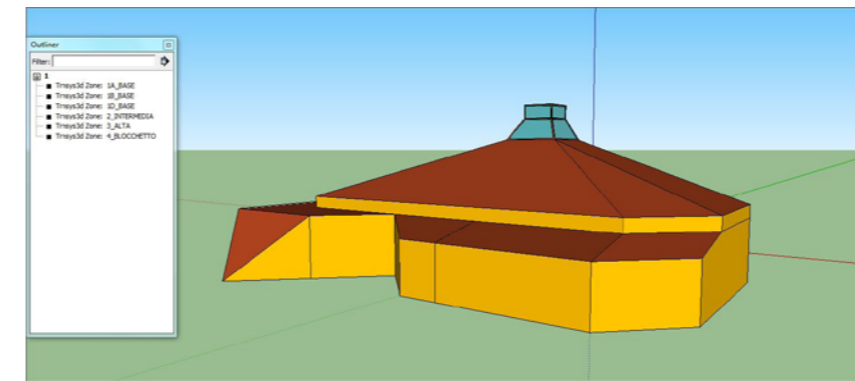


Figura 6.17 Modello Sketchup Generale

Per la modellazione degli edifici è stato utilizzato il software SketchUp, con l'apposito plug-in TrnBuild, per l'applicazione delle specifiche necessarie all'elaborazione dei dati da parte del software Trnsys.

Il plug-in permette infatti di definire zone termiche differenti, in base alle esigenze del progetto, che verranno poi controllate con altrettante modalità all'interno del programma di simulazione.

Sono inoltre impostabili le interazioni tra le superfici di contatto tra le diverse zone e le superfici finestrate sia su pareti adiacenti sia su chiusure. Nel caso in analisi, ci troviamo in una situazione di spazio aperto coperto con la presenza di un ulteriore spazio chiuso posto al di sotto della copertura; questa soluzione può essere risolta utilizzando, per le porzioni di copertura, di superfici denominate "shading group", soluzione che però avrebbe reso impossibile la creazione di una zona termica al di sotto della copertura e quindi di valutare temperatura, umidità e tutti i parametri relativi allo spazio coperto.

Si è quindi adottata una soluzione con la presenza di tre zone termiche relative a tre quote differenti per la porzione di spazio aperto e una zona termica per il blocco reception e info point.

Le impostazioni fondamentali attuate per le zone termiche sono rispettivamente:

- Zona Bassa_0m-5m:

Pareti virtuali verticali al posto delle classiche chiusure verticali esterne; Partizioni adiacenti verticali e finestre con le pareti del blocco reception; Partizione adiacente orizzontale inferiore con copertura Blocco reception;

Partizione adiacente orizzontale superiore con Zona Intermedia.

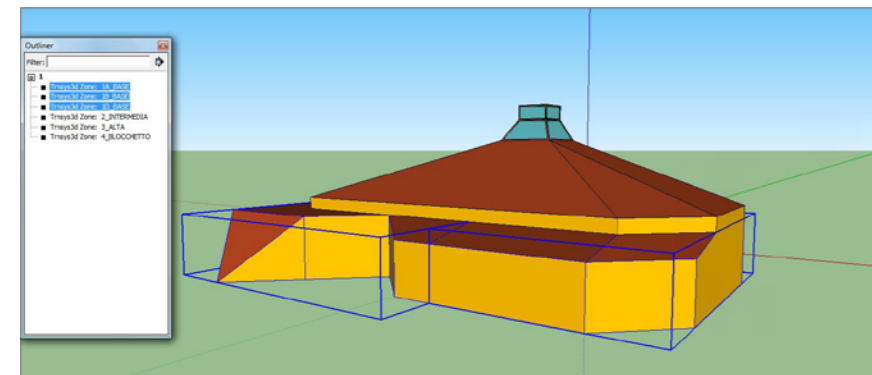


Figura 6.17 Modello Sketchup zona bassa

-Zona Intermedia_5m-10m:

Chiusure inclinate della copertura;

Partizione adiacente orizzontale inferiore con Zona Bassa;

Partizione adiacente orizzontale superiore con Zona Alta.

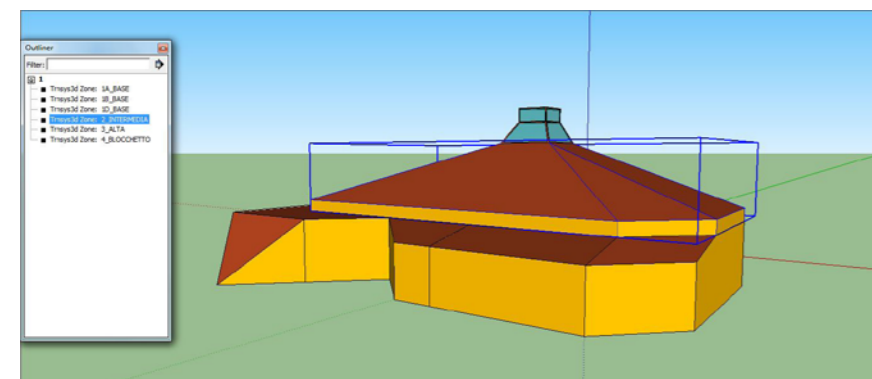


Figura 6.18 Modello Sketchup zona intermedia

-Zona Alta_10m-15m:

Chiusure inclinate della copertura;

Partizione adiacente orizzontale inferiore con Zona Intermedia.

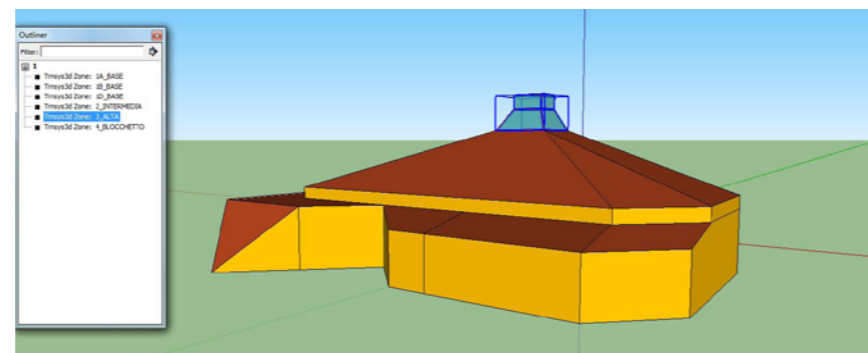


Figura 6.19 Modello Sketchup zona alta

- Zona Blocco Reception:

Chiusure orizzontale inferiore contro terra;

Partizioni adiacenti verticali e finestre con le pareti Zona Bassa;

Partizione adiacente orizzontale superiore con Zona Bassa.

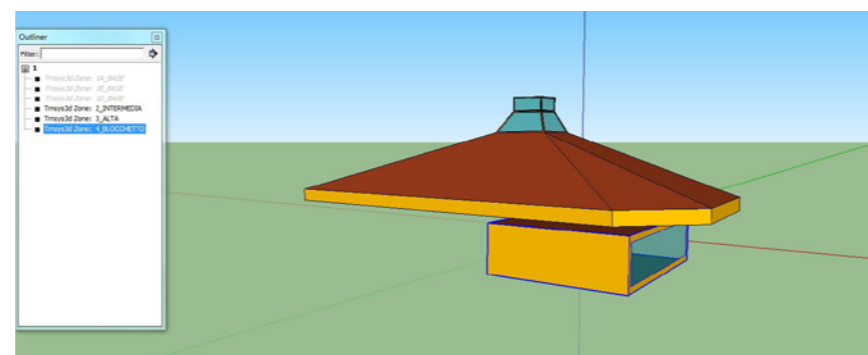


Figura 6.20 Modello Sketchup blocco reception

Questa soluzione permette di ottenere tutti i dati, sia per le varie altezze all'interno del volume coperto e quindi di valutare la situazione in sommità separatamente da quella a terra, sia per quanto riguarda l'interno del blocco, che risponde alle esigenze tipiche degli spazi chiusi.

Sono state utilizzate le configurazioni reali per le porzioni finestrate, con le semplificazioni necessarie per il software, sia per la zona sommitale del camino e per la copertura, sia per il blocco reception.

6.4.2 DATI INIZIALI

SOLUZIONI TECNOLOGICHE

Nei capitoli precedenti sono state descritte nel dettaglio le soluzioni tecnologiche adottate per la composizione dei pacchetti tecnologici costituenti gli edifici e la grande copertura.

In questa fase verranno elencati per facilità di lettura gli elementi utili alla comprensione della simulazione.

CV01_Chiusura verticale

- 1 Strato di finitura interna spessore 0,2cm
- 2 Doppia lastra in gesso rivestito sp 1,25+1,25 cm
- 3 Strato di isolamento termico realizzato in lana di roccia sp. 5 cm
- 4 Euro Standard Pallets dimensioni 800x1200x14,4 cm
- 5 Isolamento in paglia
- 6 Lastra tipo aquapanel outdoor dimensioni 120x240 cm sp 1,25 cm
- 7 Intonaco premiscelato a base gesso/calce/perlite spessore 1 cm
- 8 Rivestimento con listelli intrecciati di legno teak

Resistenza totale 9,4373 m2K/W
Trasmittanza 0,1060 W/m2K

CO03_Chiusura orizzontale

- 1 Doghe tipo Legnotec® sezione piena 2,2x14,6x200 cm montante su tubolari in alluminio 3x3 cm sp. 2mm
- 2 Membrana impermeabilizzante sintetica in PVC-P rinforzata con un'armatura in velo di vetro tipo Sintoplan RG
- 3 Isolamento acustico anticadute in fibra di poliestere accoppiata a film di polietilene impermeabilizzante sp.1cm
- 4 Pannello di irrigidimento in OSB sp 3cm
- 5 Strato portante in Euro Standard Pallets 80x120x14,4cm
- 6 Isolamento in paglia
- 7 Trave in legno massiccio teak 10x15cm
- 8 Controsoffitto con orditura metallica (tipo: Knauf profili)
- 9 Lastre in gesso rivestito impregnate, sottoposte a speciale procedimento per limitare l'assorbimento di umidità (tipo: Knauf Idrolastra GKI) sp 1,25cm

Resistenza totale 478,5217 m2K/W
Trasmittanza 0,0021 W/m2K

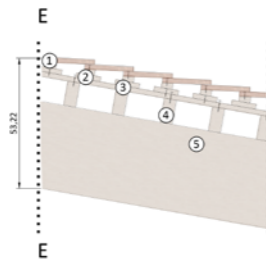
CO02_Solaio a terra

- 1 Strato spatolato cementizio (tipo: Materia) sp. 0,2cm
- 2 Doppio strato di lastre in gesso rivestito incollate a giunti sfalsati (tipo: Knauf pavilastre) sp 1,25+1,25cm
- 3 Strato di livellamento per impianti per sottofondi a secco in inerte granulare a base di perlite ricoperta in anidrite (tipo: Knauf) sp. 10cm
- 4 Barriera al vapore a quattro strati sp 0,5cm
- 5 Doppia guaina impermeabilizzante di sp 0,3+0,3cm (tipo: Kerdy-flex)
- 6 Isolamento termico autoprotettivo in poliestere estruso con strato di TNT sulla superficie esterna sp. 8cm
- 7 Getto in cls strutturale premiscelato armato con rete elettrosaldata per la ripartizione dei carichi (tipo Leca cls 1600) sp. 7cm
- 8 Vespaio areato con casseri h.26cm (tipo: Cupolex)
- 9 Magrone sp. 10 cm.
- 10 Terreno naturale



PE01_Copertura inclinata

- 1 Tavelle in terracotta stile vietnamita 10x20cm
- 2 Listello secondario in legno teak 2x10cm
- 3 Listello principale in legno teak 2x10cm
- 4 Travetto secondario in legno teak 5x10cm
- 5 Trave principale in legno massiccio teak 15x35cm



DATI CLIMATICI

Come per quanto riguarda le soluzioni tecnologiche, anche il contesto climatico è stato analizzato precedentemente nel dettaglio, in questa fase verranno fatti alcuni cenni con relative considerazioni, utili alla comprensione delle simulazioni effettuate.

Per rendere esaustiva l'analisi della scelta progettuale dell'utilizzo di un camino di ventilazione su spazi aperti e per valutare la replicabilità della soluzione, il sistema è stata analizzato variando il contesto climatico.

Per studiare l'influenza di quest'ultimo sulle prestazioni del sistema, il comportamento dell'edificio è stato osservato paragonando la situazione reale di Hanoi, caratterizzata da clima tropicale, con la nostra realtà di Milano, appartenente invece alla fascia di clima temperato.

LOCALIZZAZIONE ZONA CLIMATICA

Hanoi (localizzazione reale) /

Milano D

La classificazione climatica dei comuni italiani è stata introdotta dal DPR n° 412 del 26 agosto 1993, tabella A; questa tabella suddivide i comuni italiani in sei zone climatiche secondo i GG caratteristici della singola area.

Sono stati forniti le indicazioni sulla somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C e la temperatura media esterna giornaliera, misurata in Gradi Giorno (GG).

I dati climatici delle città selezionate fanno riferimento alla stazione meteorologica più vicina, nel nostro caso le due stazioni aeroportuali:

Localizzazione e stazione meteorologica di riferimento:

Hanoi Hanoi - Noibai International

Milano Milano - Linate

Di seguito per confrontare al meglio i contesti climatici vengono illustrati i dati relativi a temperature medie giornaliere, umidità relativa e irradiazione sul piano orizzontale con le relative osservazioni.

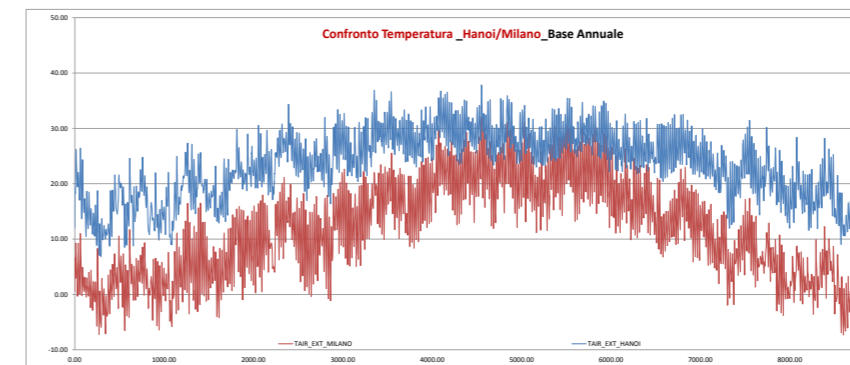


Figura 6.21 Confronto temperatura annuale

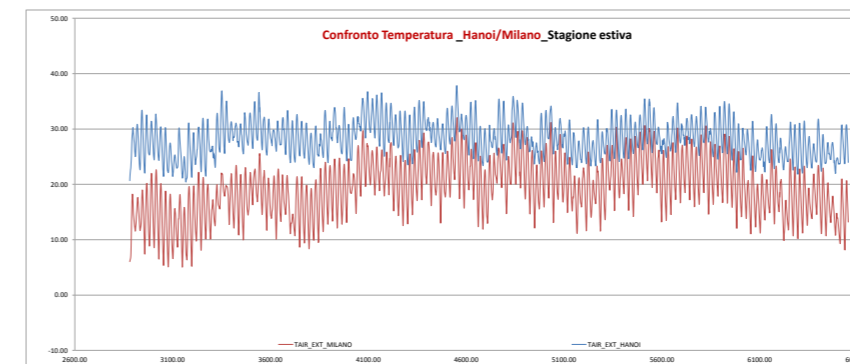


Figura 6.22 Confronto temperatura estiva

Dal grafico possiamo notare come le temperature della città di Hanoi siano in generale più alte di quelle di Milano di un valore che varia dai +18°C, caratterizzante la stagione invernale, fino ad un minimo di +11°C, durante la stagione estiva.

La curve delle temperature partono quindi molto distanziate, si riavvicinano durante la stagione estiva per poi riallontanarsi con l'arrivo di au-

tunno e inverno.

Il clima della capitale vietnamita si presenta non molto rigido in inverno con dati che non scendono al di sotto dei 10°C e un clima caldo umido estivo, che supera abbondantemente i 30°C.

Il clima milanese invece, si presenta molto rigido in inverno, con temperature che si attestano regolarmente sotto gli 0°C, e non eccessivamente caldo in estate, con temperature che arrivano al di sopra dei 30°C.

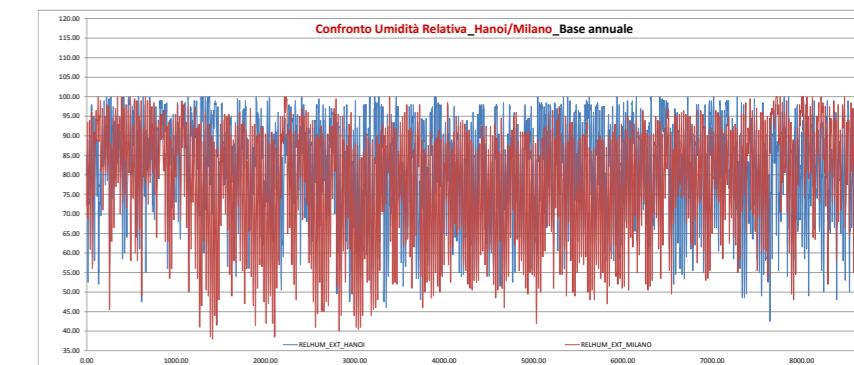


Figura 6.23 Confronto umidità relativa annuale

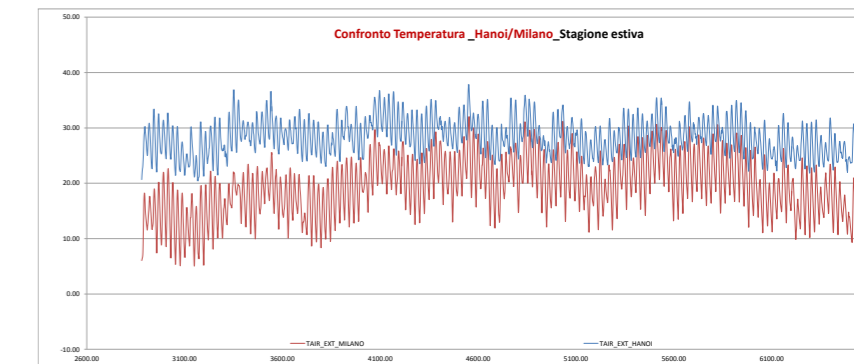


Figura 6.24 Confronto umidità relativa annuale

Per quanto riguarda l'umidità relativa il discorso è notevolmente diverso, infatti i grafici delle due città si "incrociano" durante il percorso annuale; i dati relativi alla stagione invernale si registrano più alti nella città di Milano, per poi calare durante i mesi centrali dell'anno e risalire in autunno. Invece per la città di Hanoi, l'andamento della percentuale di umidità relativa rimane pressoché costante durante l'intero anno.

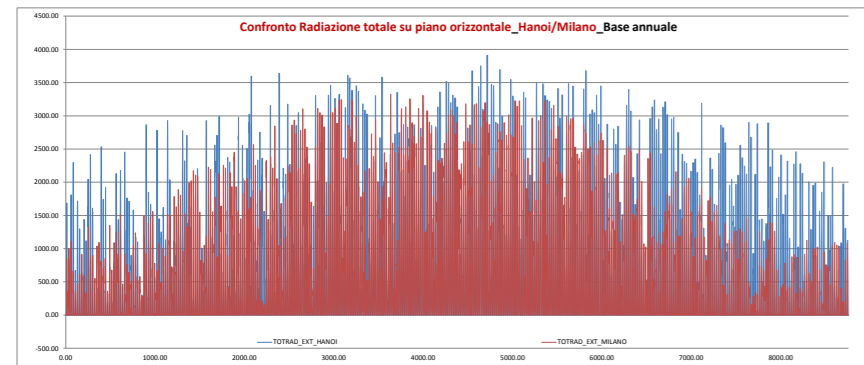


Figura 6.25 Confronto radiazione totale annuale

L'analisi dei valori di radiazione totale su piano orizzontale, presenta dei valori maggiori, nella quasi totalità dell'anno, per la città di Hanoi rispetto a Milano.

6.5 SIMULAZIONI DINAMICHE

Obiettivo dell'analisi è la simulazione energetica e la verifica delle prestazioni della copertura della Urban Farm e dell'edificio di reception e info point posto al di sotto di essa, al variare delle condizioni al contorno e degli elementi tecnici presenti.

Parallelamente alla verifica verranno sviluppate analisi critiche dei risultati ottenuti e saranno compiute scelte progettuali che permetteranno di comprendere e di ottimizzare i differenti parametri che concorrono a ridurre i consumi energetici e a migliorare la situazione di comfort ambientale del progetto in esame.

La simulazione rappresenterà virtualmente il comportamento fisico dell'edificio durante il suo intero ciclo di vita, comparando il progetto finale in rapporto alle ipotesi di partenza, valutando in base alla normativa italiana e in base a studi mirati alla rappresentazione delle condizioni specifiche vietnamite.

La verifica svolta ha per obiettivo l'acquisizione di una sensibilità numerica circa l'influenza dei parametri derivanti dalla stratigrafia utilizzata, dal contesto climatico analizzato e dalle variazioni delle scelte progettuali. Verrà inoltre analizzato il livello di comfort ottenuto negli spazi aperti al di sotto della copertura del nostro complesso e all'interno dell'edificio analizzato.

Le simulazioni sono state effettuate attraverso il software TRNSYS v.17 in regime dinamico, rendendo possibile l'analisi delle variazioni dei pa-

rametri termo-igrometrici che descrivono quantitativamente il comfort abitativo di un ambiente.

Le variabili analizzate sono riassumibili in diverse tipologie in base all'obiettivo che si propone:

- Contesto climatico: Hanoi - Vietnam (Sito di progetto) e Milano - Italia. L'obiettivo è l'analisi delle variazioni di comportamento della copertura in base al contesto climatico; in particolare l'ottimizzazione delle scelte progettuali nel sito ufficiale di progetto in clima tropicale, con un confronto puntuale rispetto ad un utilizzo nel nostro contesto di clima temperato.
- Condizioni di ventilazione naturale degli spazi aperti al di sotto della copertura: Condizione di vento minimo + cielo coperto (caso peggiore) e di vento medio + cielo sereno (caso medio).

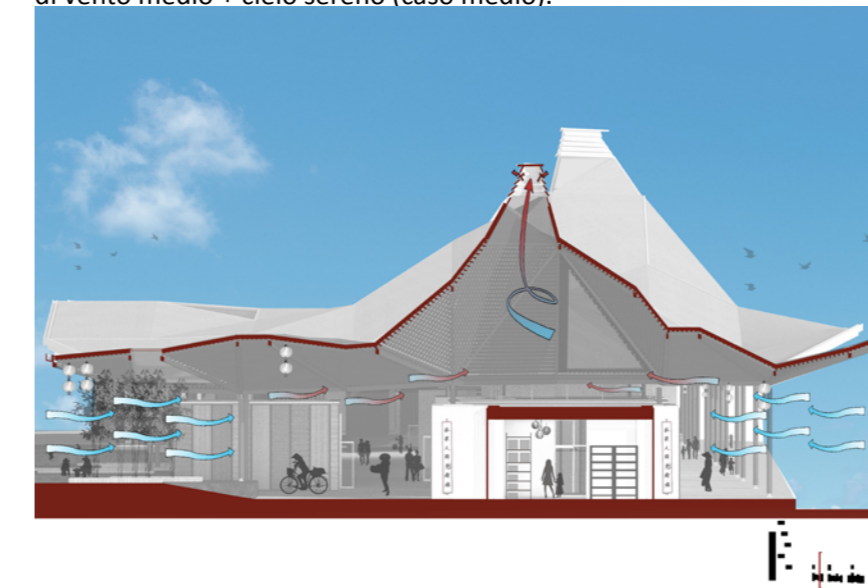


Figura 6.26 Camino vento medio e cielo sereno

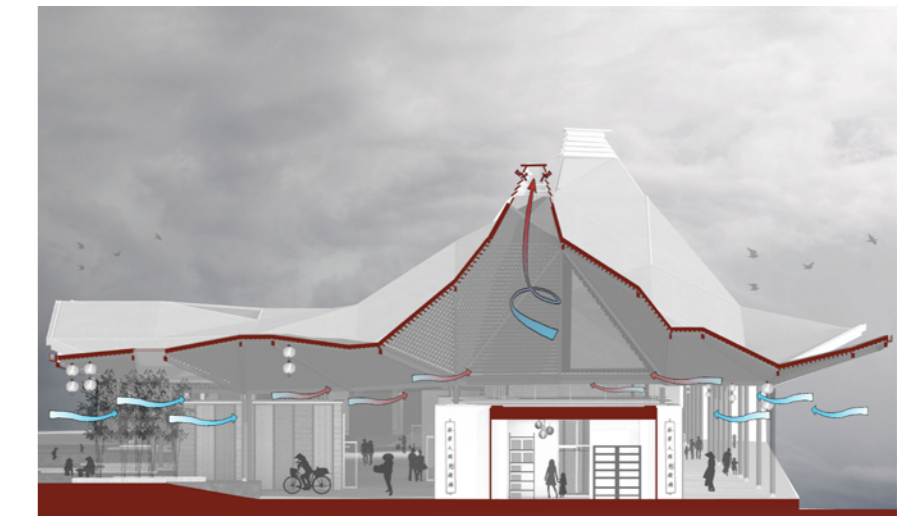
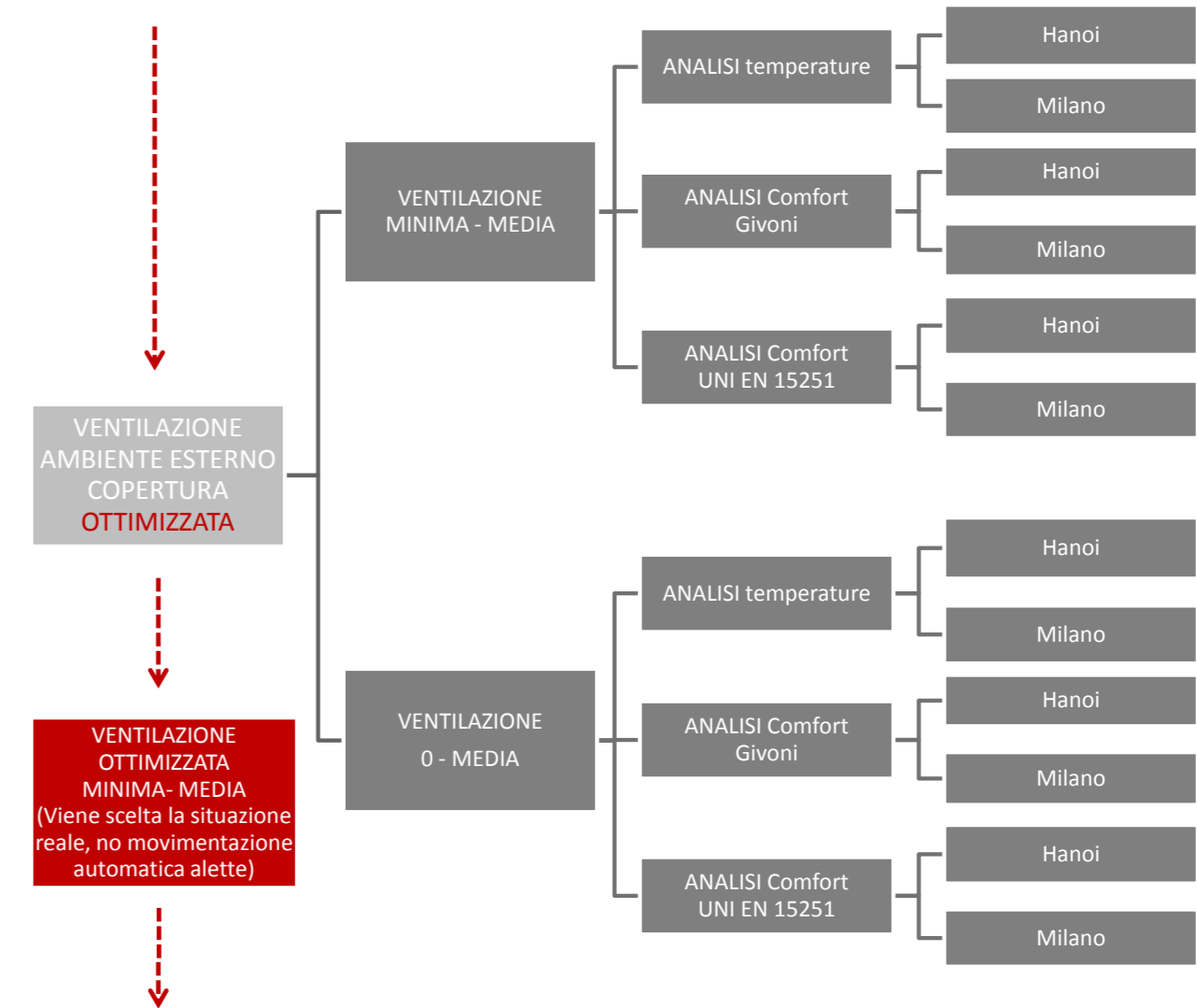
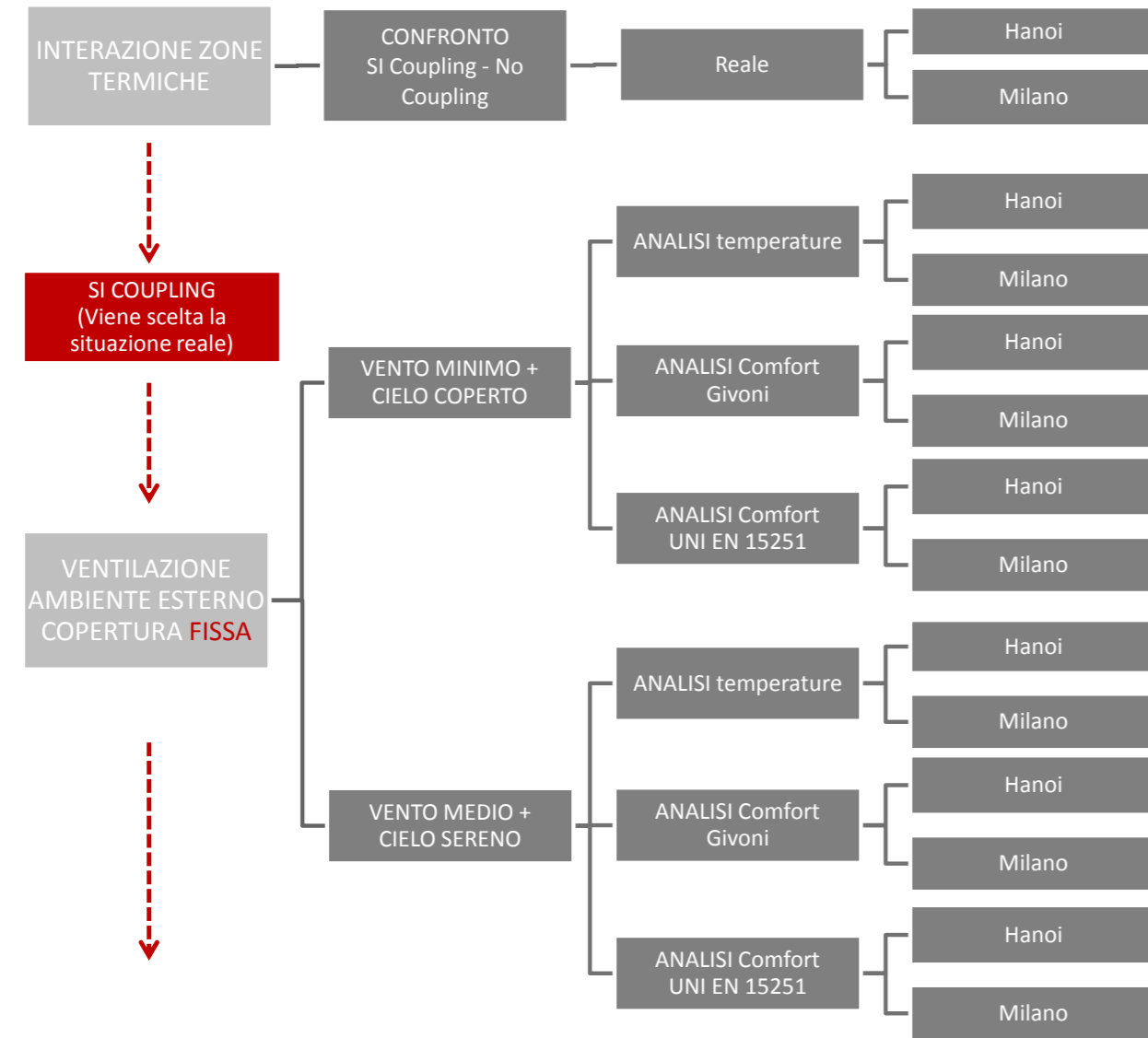
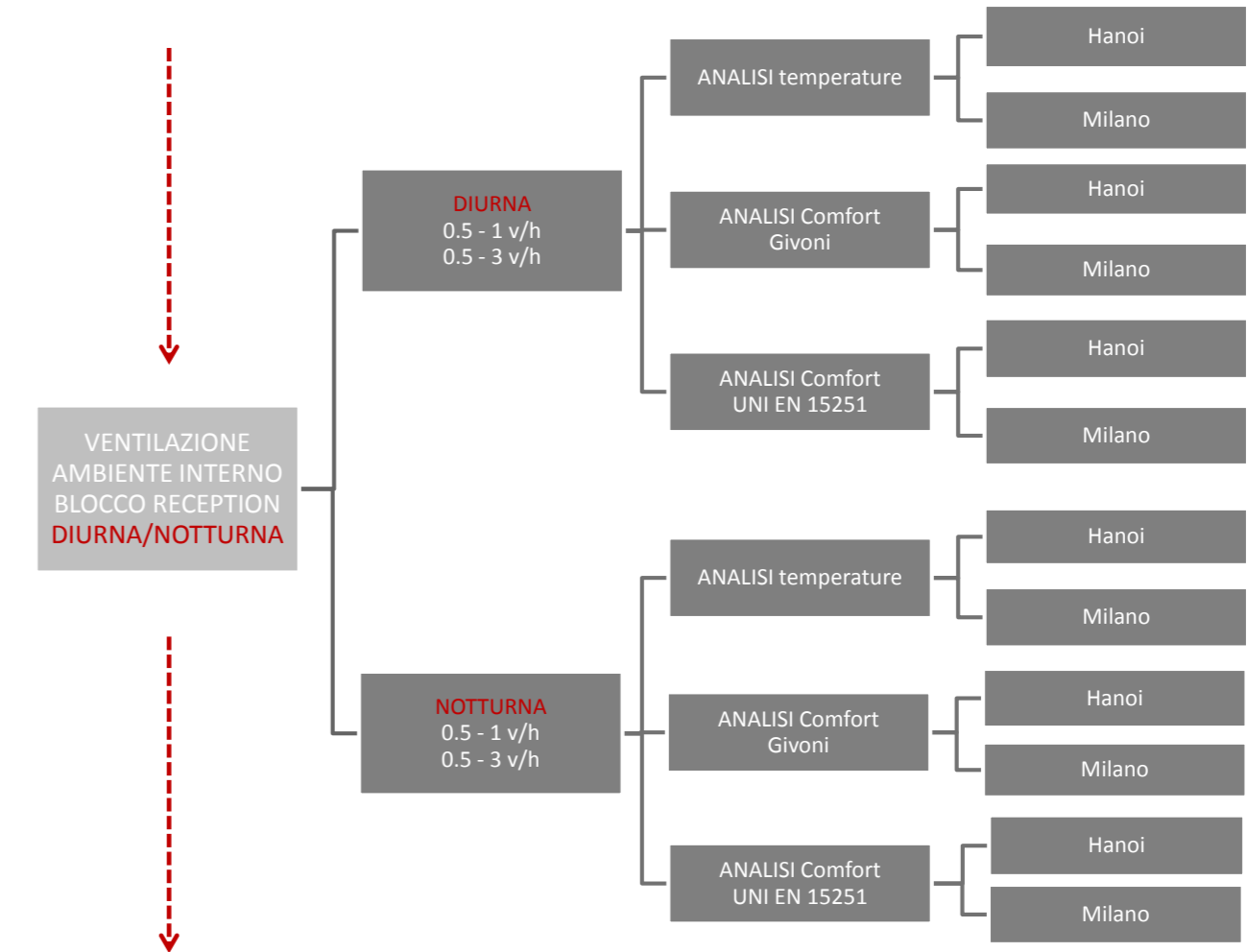
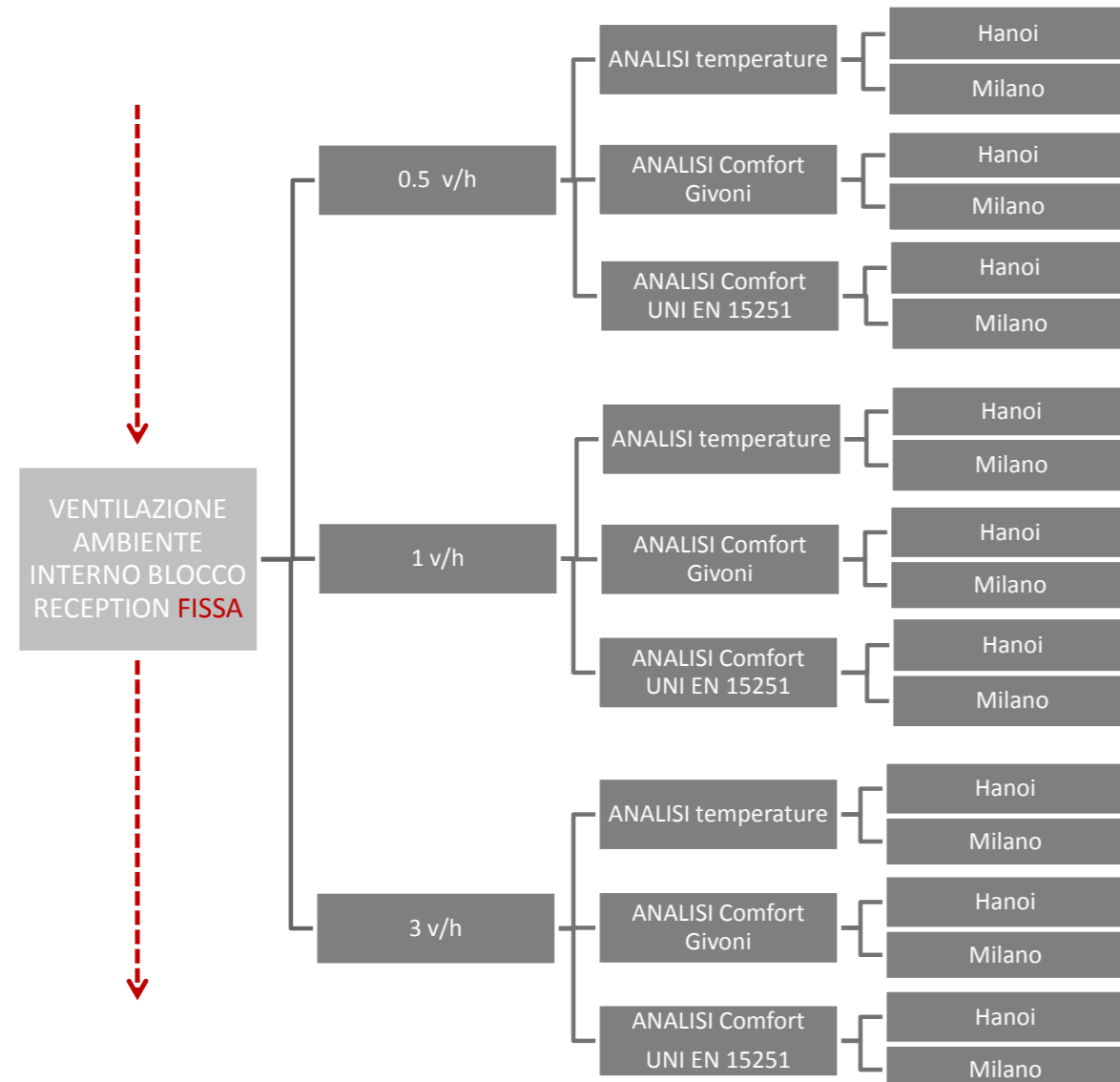


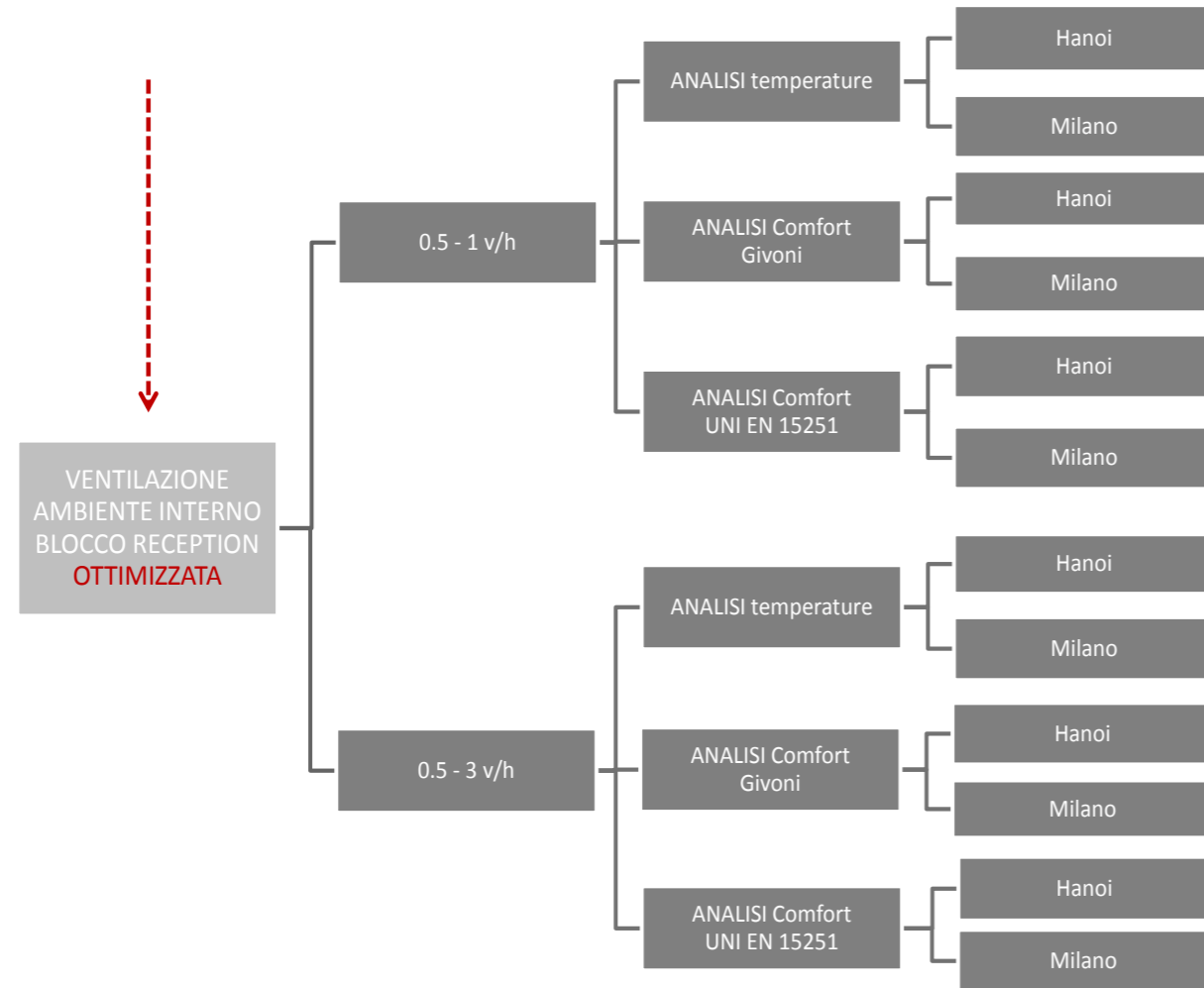
Figura 6.27 Camino vento minimo e cielo coperto

- Condizioni di ventilazione interna all'edificio adibito a reception e info point: Variazione dei volumi di ventilazione.

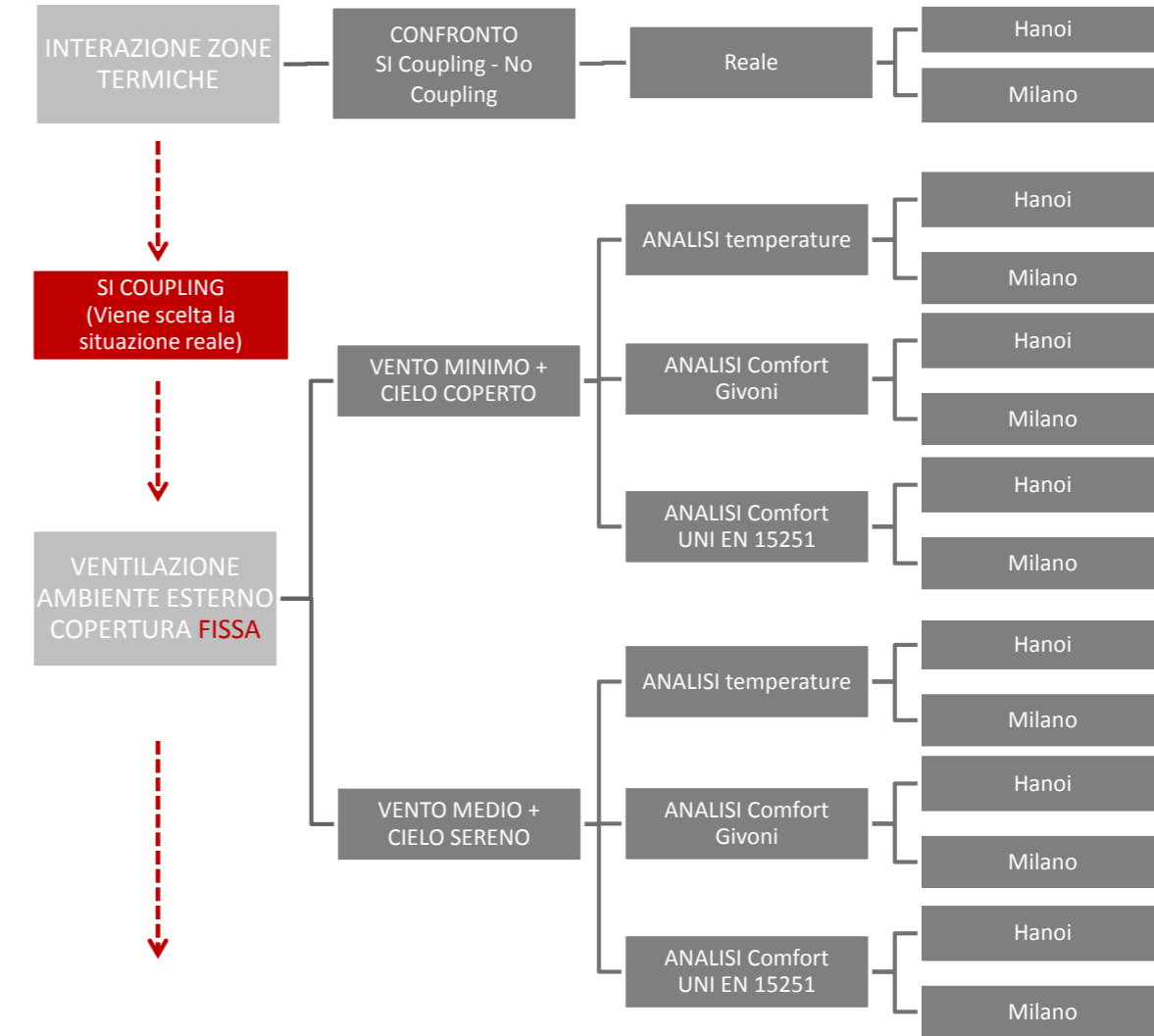
L'obiettivo della simulazione è quello di ottimizzare il fenomeno di ventilazione naturale al fine di un miglioramento del livello di comfort e diminuzione del fabbisogno energetico dell'edificio.







6.5.1 INTERAZIONE ZONE TERMICHE



La prima simulazione, oltre ad essere utile all'analisi del funzionamento del camino di ventilazione su spazi aperti, è funzionale alla prima validazione del modello.

Infatti per riuscire ad analizzare le temperature alle diverse quote è stata effettuata una semplificazione, con la divisione in diverse zone termiche, che quindi deve essere ricondotta alla situazione reale attivando l'interazione "coupling" tra le zone termiche.

Attraverso la simulazione effettuata si è potuto analizzare come variano le temperature registrate nelle differenti zone termiche a seconda che sia presente l'interazione fra le varie zone (situazione di coupling) o che non sia presente tale interazione (situazione di no coupling).

Di seguito si riportano i grafici che contengono le temperature e le percentuali di umidità relativa, presenti nell'arco di un anno, che si registrano prima in un caso e poi nell'altro. Tale operazione è stata svolta analizzando il caso di stratigrafia reale per entrambe le località.

L'interazione tra le zone termiche verrà impostato all'interno della finestra di controllo delle superfici all'interno delle zone termiche specifiche nell'applicazione TRNbuild.

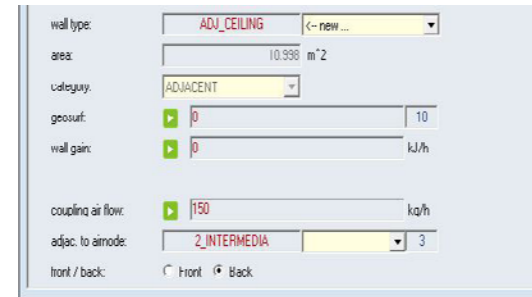


Figura 6.28 Schermata impostazione coupling

ANALISI INTERAZIONE ZONE TERMICHE: HANOI

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Hanoi
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Coupling/No coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	0.00 v/h
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.00 v/h
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	Assente

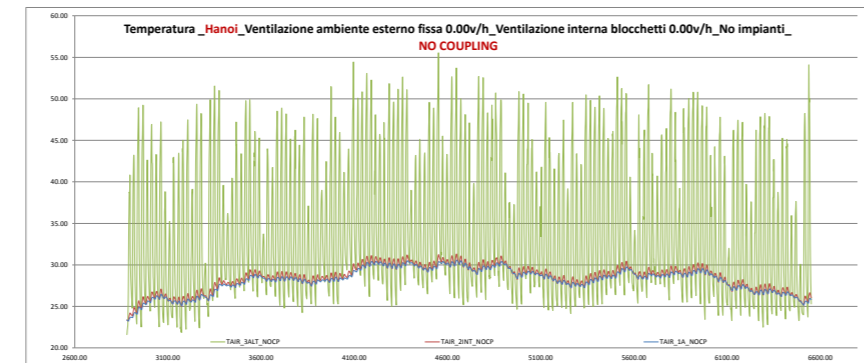


Figura 6.29 Grafico temperature no coupling

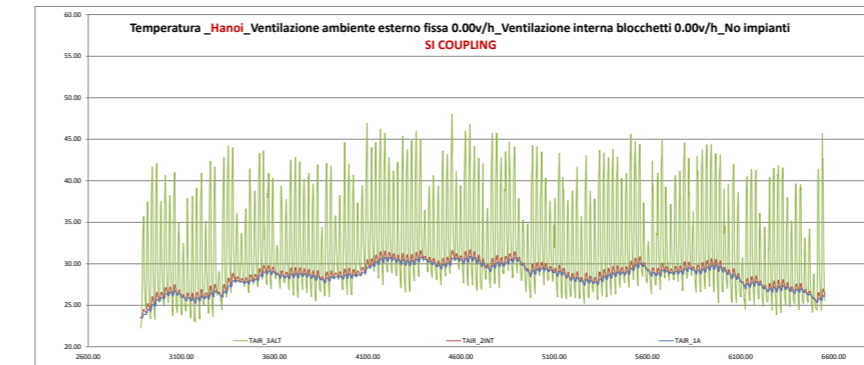


Figura 6.30 Grafico temperature sì coupling

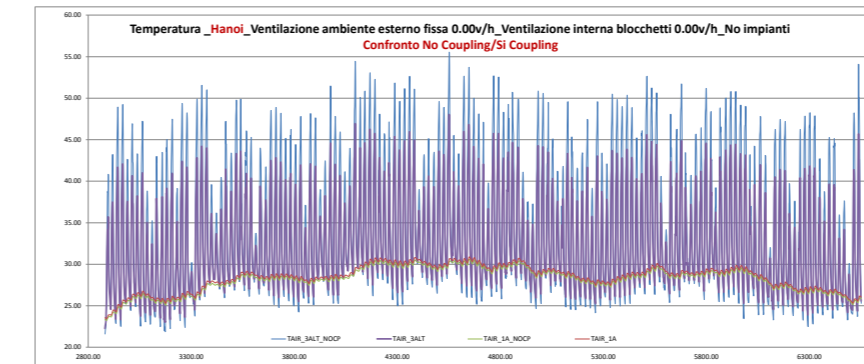


Figura 6.31 Grafico temperature confronto no coupling sì coupling

Quando le zone non sono messe in comunicazione, si può notare come le zone Bassa e Intermedia, si presentino in un intervallo di temperature ed umidità relativa molto simile; invece per quanto riguarda la zona Alta, i dati si discostano molto da quelli delle altre due zone, questo per le caratteristiche della stessa, infatti la quasi totalità della superficie esterna si presenta vetrata e quindi differente rispetto alle zone basse.

Altro dato da sottolineare è che le chiusure trasparenti della zona Alta, influenzano le temperature interne, sia con picchi verso l'alto nelle ore calde dell'anno, sia verso il basso nelle ore più fredde.

Dal grafico è possibile notare anche come la situazione vari di zona in zona a livello qualitativo, sebbene a livello quantitativo gli scostamenti non siano notevoli.

Nel momento in cui le zone vengono messe in comunicazione le une con le altre si nota come nelle zone Bassa e Intermedia, la temperatura si alzi di circa 0.5 °C, mentre in quella Alta si abbassi di circa 1.3°C.

Questo fenomeno può essere spiegato poichè, avendo configurato il camino in situazione di ventilazione nulla, il volume di aria circola all'interno dello spazio sottostante la copertura, creando un movimento interno e quindi una redistribuzione delle temperature.

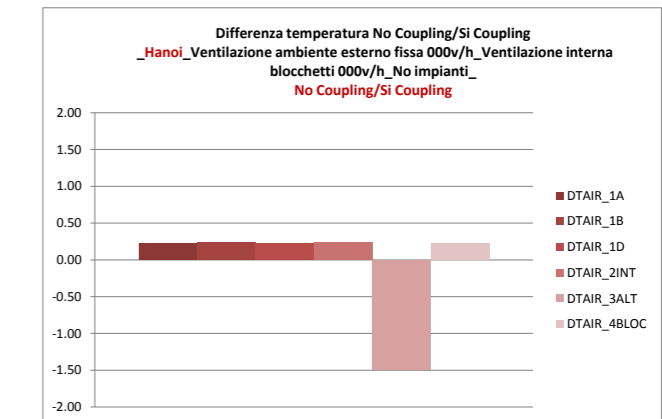


Figura 6.32 Grafico differenza temperatura

ANALISI INTERAZIONE ZONE TERMICHE: MILANO

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Milano
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Coupling/No coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	0.00 v/h
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.00 v/h
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	Assente

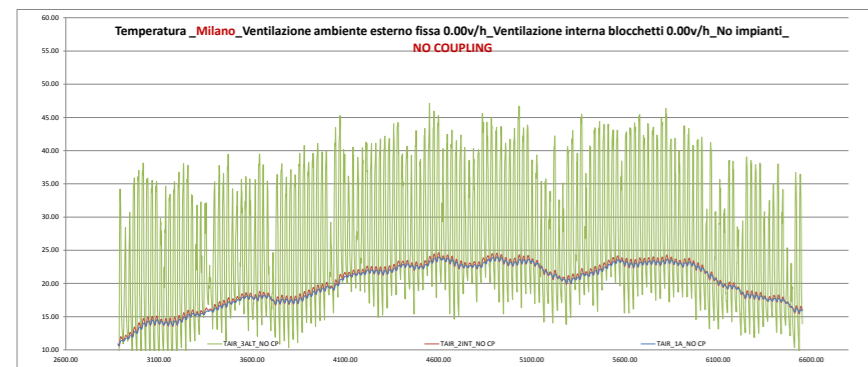


Figura 6.33 Grafico temperature no coupling

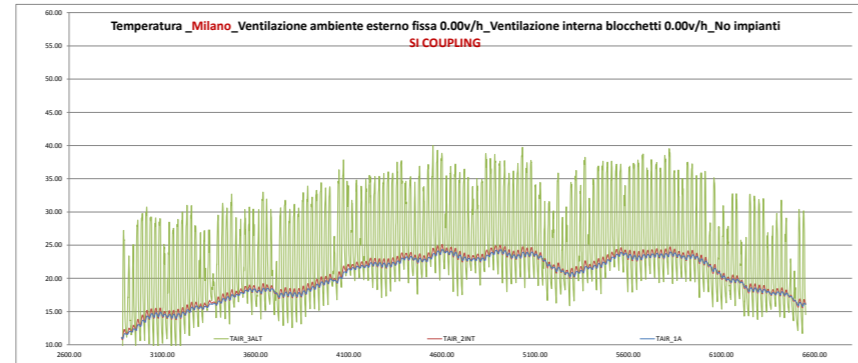


Figura 6.34 Grafico temperature sì coupling

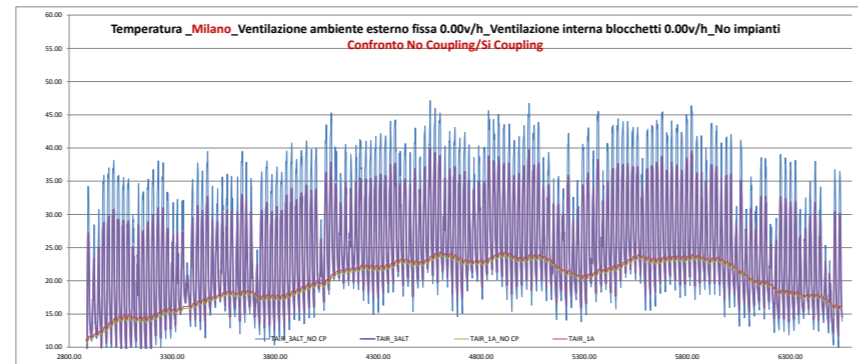


Figura 6.35 Grafico temperature confronto no coupling sì coupling

Analogamente a quanto scritto per la città di Hanoi, quando le zone non sono messe in comunicazione, si può notare come le zone Bassa e Intermedia, si presentino in un intervallo di temperature ed umidità relativa molto simile; invece per quanto riguarda la zona Alta, i dati si discostano molto da quelli delle altre due zone, questo per le caratteristiche della stessa, infatti la quasi totalità della superficie esterna si presenta vetrata

e quindi differente rispetto alle zone basse.

Altro dato da sottolineare è che le chiusure trasparenti della zona Alta, influenzano le temperature interne, sia con picchi verso l'alto nelle ore calde dell'anno, sia verso il basso nelle ore più fredde.

Dal grafico è possibile notare anche come la situazione vari di zona in zona a livello qualitativo, sebbene a livello quantitativo gli scostamenti non siano notevoli.

Nel momento in cui le zone vengono messe in comunicazione le une con le altre si nota come nelle zone Bassa e Intermedia, la temperatura si alzi di circa 0.3 °C, mentre in quella Alta si abbassi di circa 1.5°C.

Questo fenomeno può essere spiegato poichè, avendo configurato il camino in situazione di ventilazione nulla, il volume di aria circola all'interno dello spazio sottostante la copertura, creando un movimento interno e quindi una redistribuzione delle temperature.

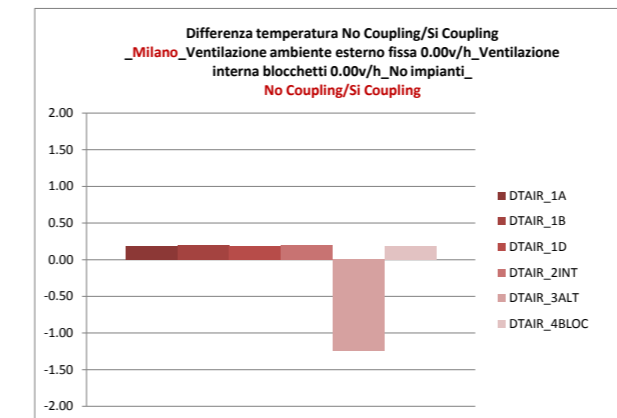
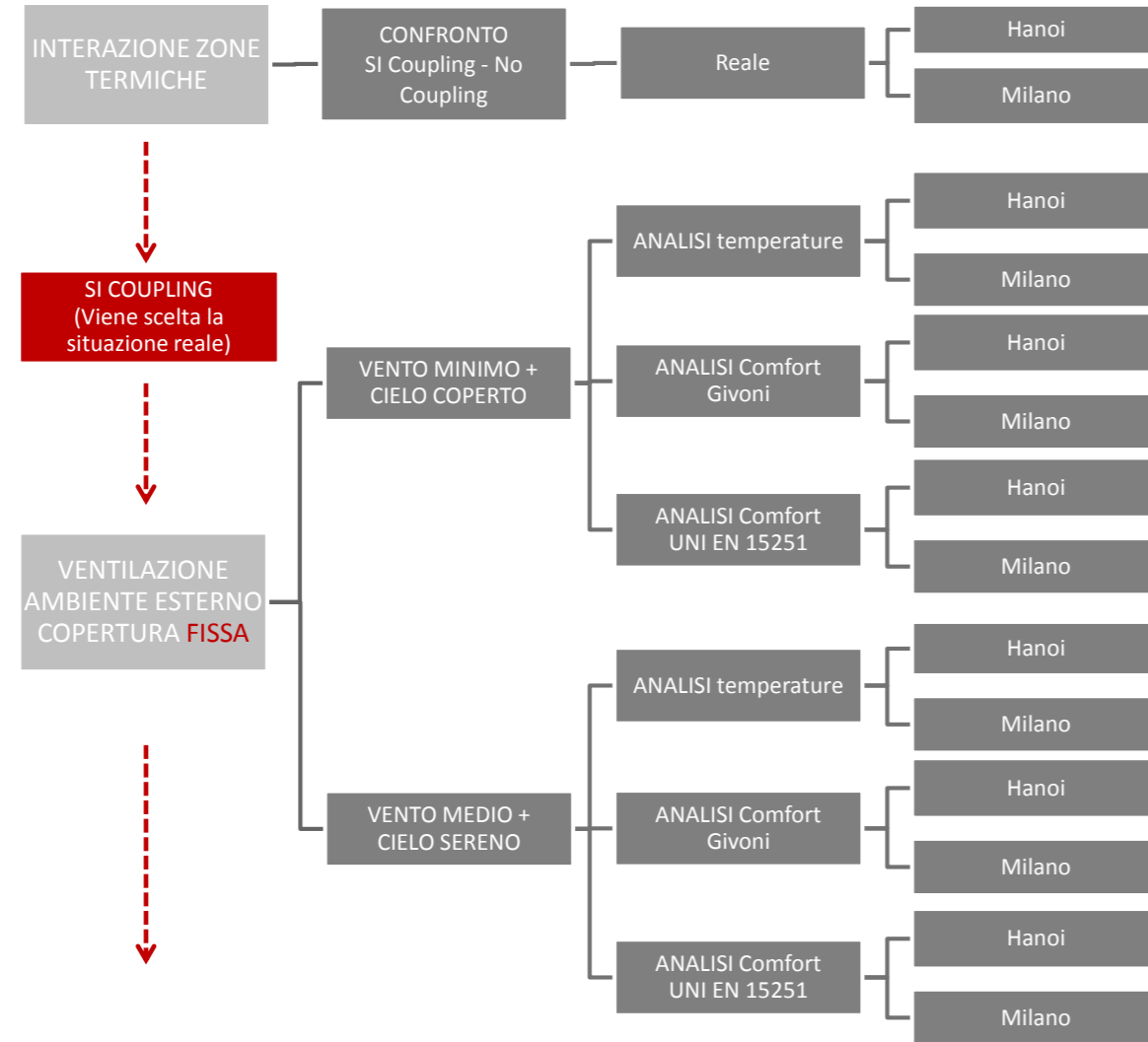


Figura 6.36 Grafico differenza temperatura

6.5.2 VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO COPERTURA FISSA



La seconda simulazione analizza il modello con l'attivazione di un volume di ventilazione fisso all'interno del camino su spazi aperti.

Per comprendere al meglio il funzionamento dello stesso, sono state affiancate alla condizione di ventilazione nulla, la condizione peggiore e la condizione media ottenute dalle analisi precedentemente effettuate con il software Fluent.

Infatti, oltre alla conformazione stessa del camino, l'attivazione dell'effetto camino è influenzata in modo considerevole dalle condizioni atmosferiche esterne.

I due fattori ambientali maggiormente influenzanti per il funzionamento della scelta progettuale sono la presenza o meno del vento e le condizioni del cielo.

Di seguito sono riportate le velocità e le portate di aria uscenti dalla parte sommitale del camino ottenute dall'analisi fluidodinamica effettuata con il software Fluent:

	VELOCITA' [m/s]	PORTATE [V/h]
CIELO COPERTO		
VENTO MEDIO		
MI 1m	0.51	0.38
MI 2m	0.87	0.64
MI 3m	1.09	0.80
HN 1m	1.77	1.30
HN 2m	3.34	2.45
HN 3m	3.66	2.68
VENTO MINIMO		
MI 1m	0.10	0.07
MI 2m	0.17	0.12
MI 3m	0.21	0.15
HN 1m	1.17	0.86
HN 2m	2.58	1.89
HN 3m	2.65	1.94

Figura 6.36 Tabella portate Fluent cielo coperto

	VELOCITA' [m/s]	PORTATE [V/h]
CIELO SERENO		
VENTO MEDIO		
MI 1m	0.57	0.42
MI 2m	1.07	0.79
MI 3m	1.17	0.86
HN 1m	1.89	1.39
HN 2m	3.68	2.70
HN 3m	3.76	2.75
VENTO MINIMO		
MI 1m	0.11	0.08
MI 2m	0.20	0.15
MI 3m	0.22	0.16
HN 1m	1.40	1.03
HN 2m	2.66	1.95
HN 3m	2.73	2.00

Figura 6.37 Tabella portate Fluent cielo sereno

I dati sono state considerati solo nella configurazione di apertura del camino pari a quella reale di 2m; infatti, la condizione peggiore in generale era rappresentata dall'apertura minima di uscita in sommità, pari a 1m, invece la migliore era rappresentata da quella pari a 3m.

Il vento rappresenta il flusso entrante all'interno del volume del camino e quindi esso stesso è la fonte principale per l'attivazione del movimento di aria; per quanto riguarda invece le condizioni del cielo, in base alla presenza di cielo sereno o coperto, variano le temperature esterne, di conseguenza anche la differenza interno - esterno e quindi l'attivazione o meno dell'effetto camino.

I casi analizzati possono essere correlati quindi ad altrettante condizioni climatiche esterne:

- Condizione peggiore = Condizione di VENTO MINIMO + CIELO COPERTO

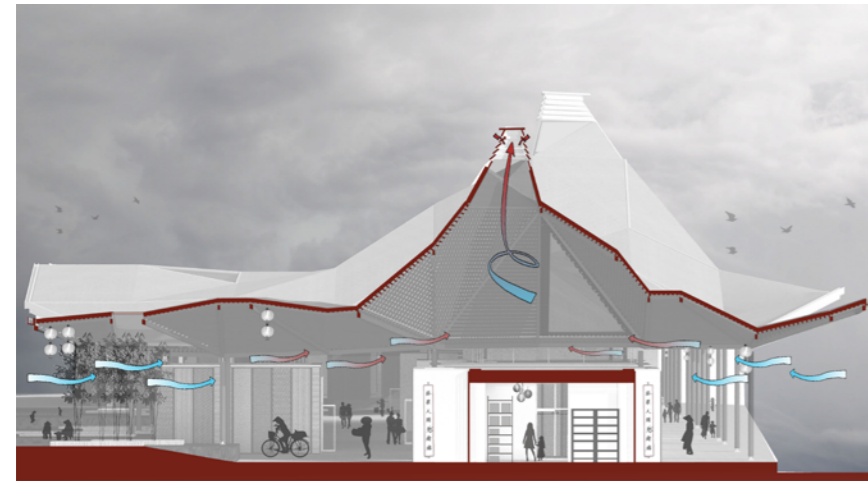


Figura 6.38 Camino vento minimo e cielo coperto

- Condizione peggiore = Condizione di VENTO MEDIO + CIELO SERENO



Figura 6.39 Camino vento medio e cielo sereno

I volumi di ventilazione risultano notevolmente differenti per le località analizzate, infatti sia nel regime minimo, sia in quello medio, i valori si discostano molto sia in valore assoluto che in proporzione tra le relative localizzazioni.

Questo comporta un fattore di influenza della simulazione molto alto, che sarà alla base delle successive considerazioni sul funzionamento della scelta progettuale.

Il volume di ventilazione fisso verrà introdotto nell'apposita finestra dell'applicazione TRNbuild.



Figura 6.40 Schermata ventilazione fissa Trnbuild

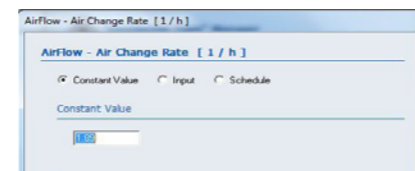


Figura 6.41 Schermata impostazione valori Trnbuild

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO COPERTURA FISSA: HANOI

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Hanoi
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	FISSA MINIMA 1.89 v/h MEDIA 2.70 v/h
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.00 v/h
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	Assente

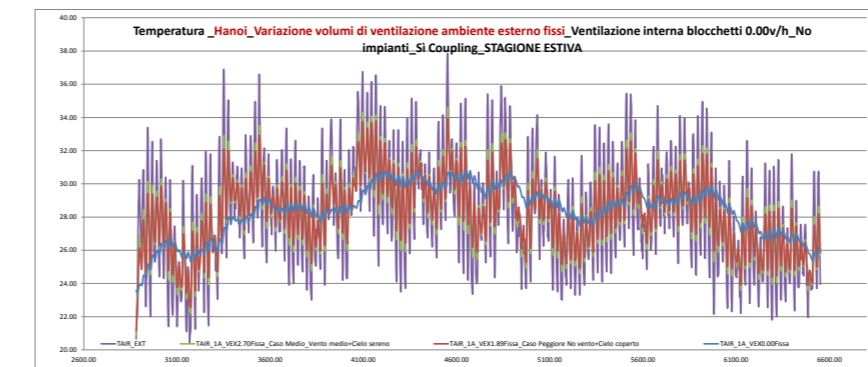


Figura 6.42 Grafico temperature zona bassa

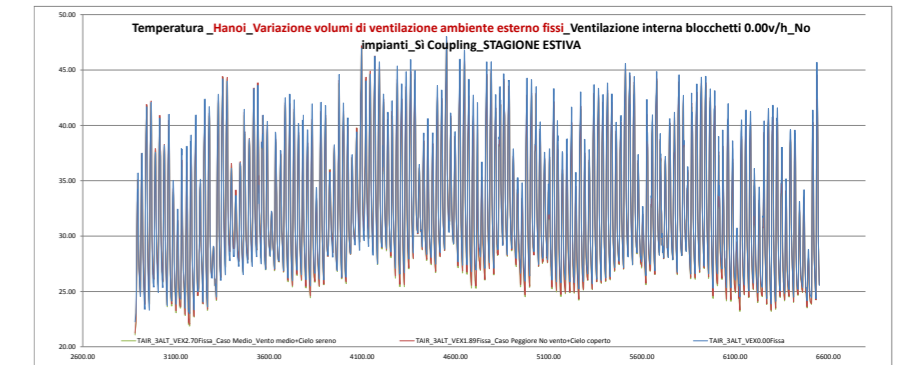


Figura 6.43 Grafico temperature zona alta

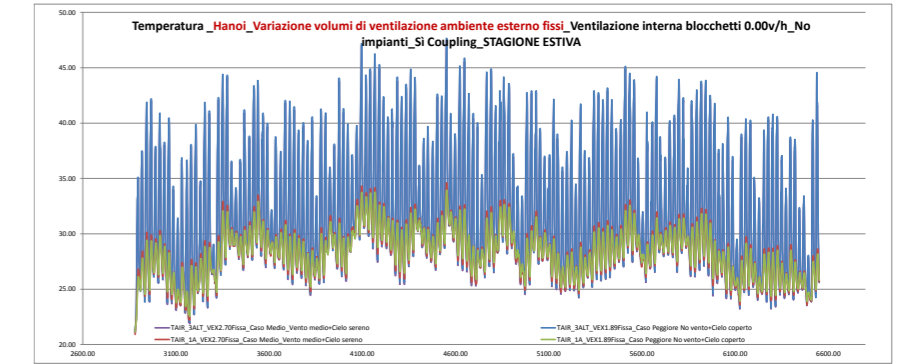


Figura 6.44 Grafico temperature confronto zona bassa e alta

Da questo momento per l'analisi della copertura verrà considerato l'andamento delle temperature nella sola stagione estiva, periodo nel quale assolve al suo compito specifico di mitigazione delle temperature e aumento della percezione di comfort.

Nel grafico relativo alla zona Bassa, viene affiancato l'andamento della temperatura esterna, con le differenti tipologie di ventilazione fisse impostate all'interno del camino.

Possiamo notare che gli intervalli maggiori di temperatura, come era ipotizzabile, spettano a quella esterna, seguita rispettivamente da media, minima e nulla.

Questo comportamento che non rispecchia totalmente la realtà è causato dall'assenza di un controllo della differenza di temperatura tra interno ed esterno del camino, infatti la ventilazione per effetto camino può attivarsi solo in presenza di uno scostamento, tra interno ed esterno, di 8-10°C.

Si può comunque considerare positivo, quindi indice di funzionamento del camino, l'abbassamento dei picchi sia verso l'alto, sia verso il basso, causato dalla presenza della copertura, che permette la creazione di una zona d'ombra nelle ore diurne più calde e limita il movimento d'aria più fredda nelle ore notturne.

Aspetto da notare, come le temperature si discostino molto tra ventilazione nulla e minima e che invece tra quest'ultima e la media, la differenza sia minima; questo fenomeno è indice di un effetto massiccio di abbassamento dell'onda di calore dato dalla ventilazione minima, che va diminuendo progressivamente all'aumentare fino alla ventilazione media.

Nel grafico della zona Alta, possiamo notare come le temperature non si discostino molto nelle tre diverse tipologie di ventilazione, questo perché la conformazione della parte terminale del camino, caratterizzata dalla quasi totalità di superficie vetrata, garantisce un surriscaldamento costante anche in presenza di volumi di ventilazione di notevole entità.

Dal grafico di confronto tra zona Bassa e Alta, possiamo notare la notevole

differenza di temperatura tra i due volumi, condizione per la quale si attiva il movimento di aria per effetto camino.

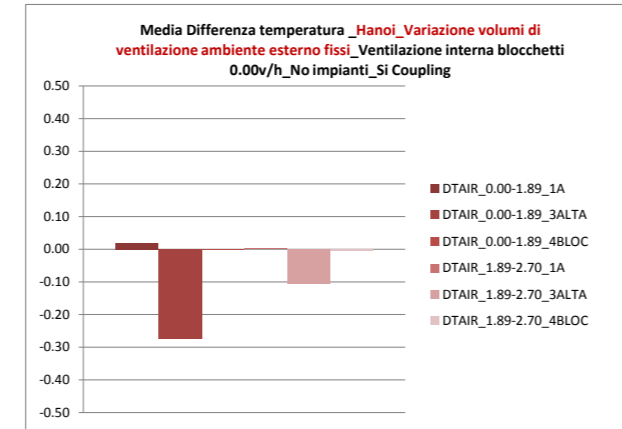


Figura 6.45 Grafico differenza temperatura

Il grafico di differenza tra le temperature medie, in questo caso, non può essere analizzato in valore assoluto, poiché gli scostamenti sono sia negativi che positivi tra le temperature nei diversi casi, può essere invece considerato qualitativamente a conferma della diminuzione considerevole effettuata dalla ventilazione minima, che poi si attenua in quella media. Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dai diagrammi si può notare come i alcuni punti escano dal margine superiore di comfort nella stagione estiva; senza il controllo delle temperature e quindi senza ottimizzazione della ventilazione, si ha uno spostamento verso l'alto nella condizione di ventilazione più alta, rappresentata

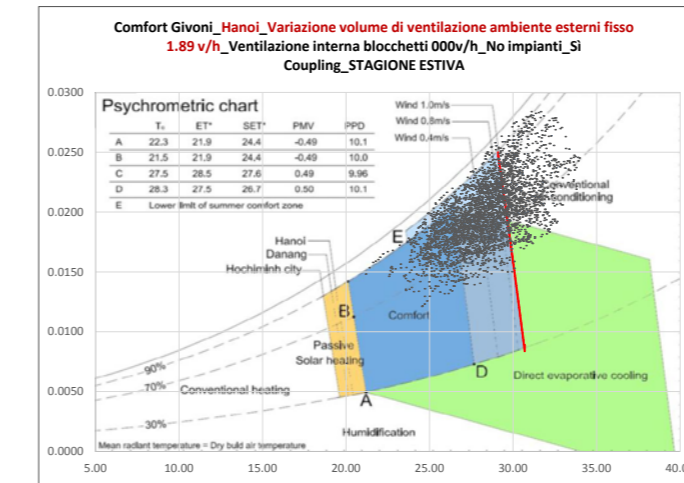


Figura 6.46 Diagramma comfort ventilazione camino fissa minima

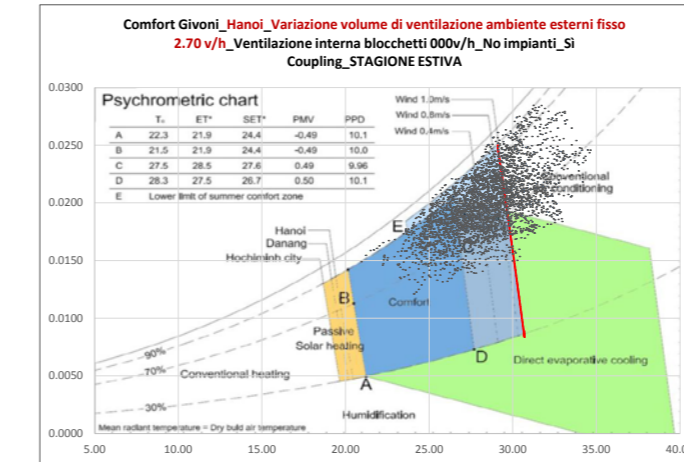


Figura 6.47 Diagramma comfort ventilazione camino fissa media

dalla media, infatti si ottiene 76% di appartenenza alla zona di comfort per quanto riguarda la ventilazione fissa minima e un 74% per la media.

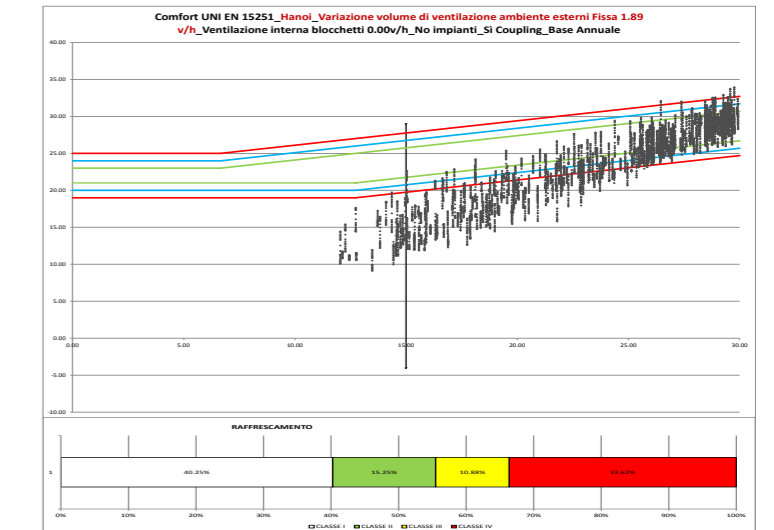


Figura 6.48 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione camino fissa minima

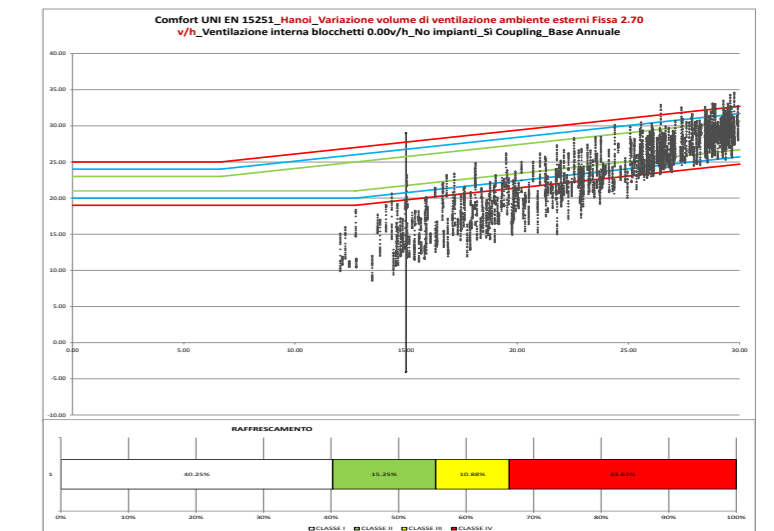


Figura 6.49 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione camino fissa media

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso la normativa italiana UNI EN 15251.

In generale la norma italiana è impostata per la valutazione del comfort in ambienti interni e in climi temperati, tuttavia l'analisi dei risultati riguardanti la stagione estiva può essere utile al paragone tra differenti tipologie di valutazione e come la risposta di quest'ultime vari al variare delle condizioni applicate.

Si può notare come secondo la norma, passando dalla ventilazione minima a quella media, si ha una leggera diminuzione della prima fascia di comfort, in luogo di un aumento dell'ultima.

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO COPERTURA FISSA: MILANO

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Milano
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	FISSA MINIMA 0.12 v/h MEDIA 0.79 v/h
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.00 v/h
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	Assente

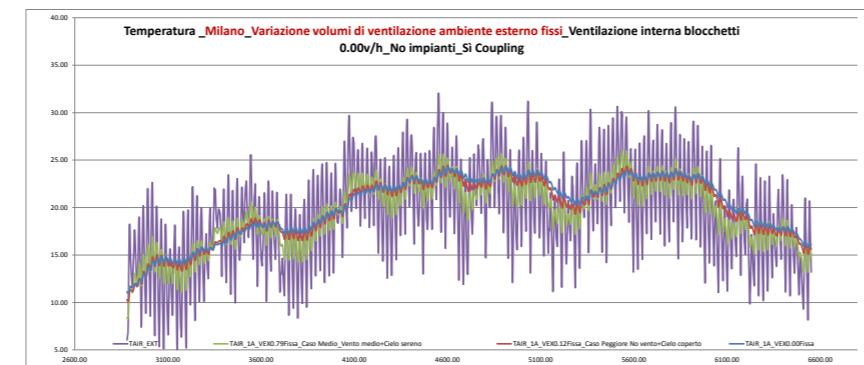


Figura 6.50 Grafico temperature zona bassa

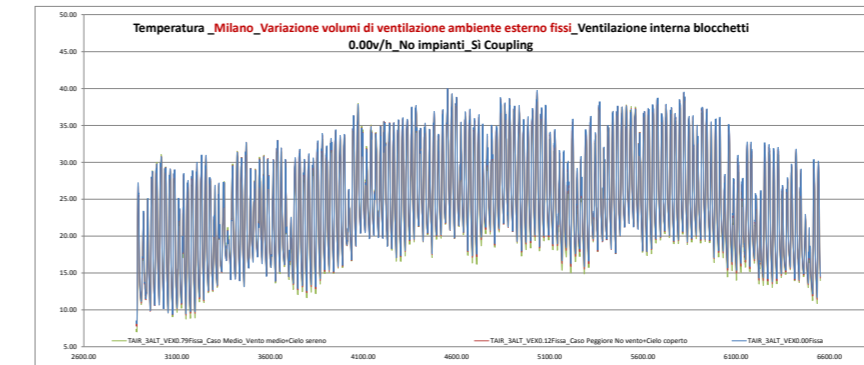


Figura 6.51 Grafico temperature zona alta

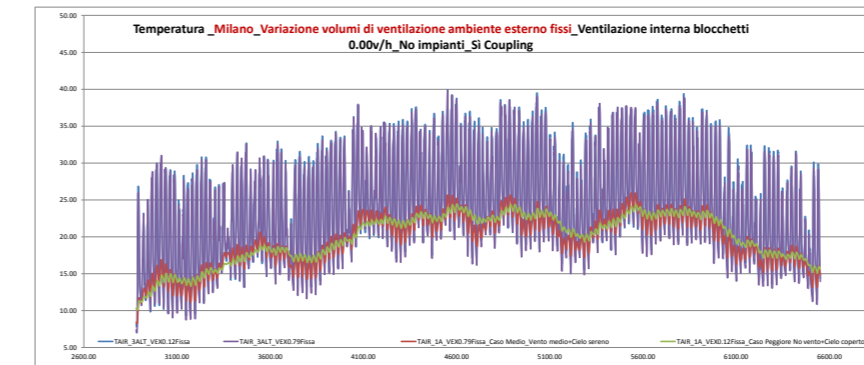


Figura 6.52 Grafico temperature confronto zona bassa e alta

Nel grafico relativo alla zona Bassa, viene affiancato l'andamento della temperatura esterna, con le differenti tipologie di ventilazione fisse impostate all'interno del camino. Possiamo notare che gli intervalli maggiori di temperatura, come era ipotizzabile, spettano a quella esterna, seguita rispettivamente da media, minima e nulla.

Questo comportamento che non rispecchia totalmente la realtà è causato dall'assenza di un controllo della differenza di temperatura tra inter-

no ed esterno del camino, infatti la ventilazione per effetto camino può attivarsi solo in presenza di uno scostamento, tra interno ed esterno, di 8-10°C. Si può comunque considerare positivo, quindi indice di funzionamento del camino, l'abbassamento dei picchi sia verso l'alto, sia verso il basso, causato dalla presenza della copertura, che permette la creazione di una zona d'ombra nelle ore diurne più calde e limita il movimento d'aria più fredda nelle ore notturne.

Nel grafico della zona Alta, possiamo notare come le temperature non si discostino molto nelle tre diverse tipologie di ventilazione, questo perché la conformazione della parte terminale del camino, caratterizzata dalla quasi totalità di superficie vetrata, garantisce un surriscaldamento costante anche in presenza di volumi di ventilazione di notevole entità. Dal grafico di confronto tra zona Bassa e Alta, possiamo notare la notevole differenza tra i due volumi, condizione per la quale si attiva il movimento di aria per effetto camino.

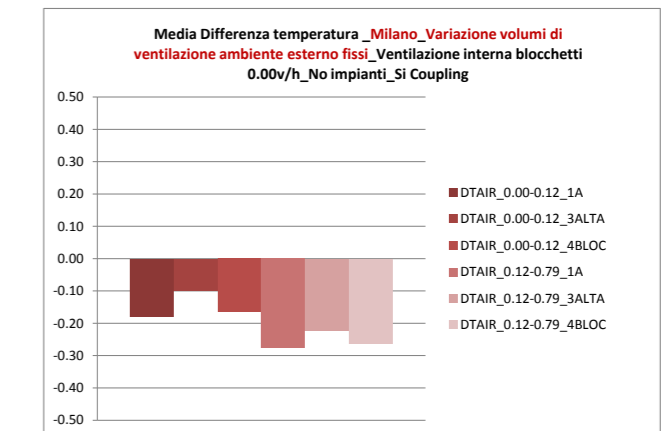


Figura 6.53 Grafico differenza temperatura

Il grafico di differenza tra le temperature medie, in questo caso, non può essere analizzato in valore assoluto, poiché gli scostamenti sono sia negativi che positivi tra le temperature nei diversi casi, può essere invece considerato qualitativamente per osservare come le temperature medie giornaliere, a differenza della città di Hanoi, diminuiscano progressivamente aumentando il volume di ventilazione.

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dal diagramma si può notare come i punti non escano dal margine superiore di comfort nella stagione estiva; senza il controllo delle temperature e quindi senza ottimizzazione della ventilazione, si ha uno spostamento verso l'alto nella condizione di ventilazione più alta, rappresentata dalla media.

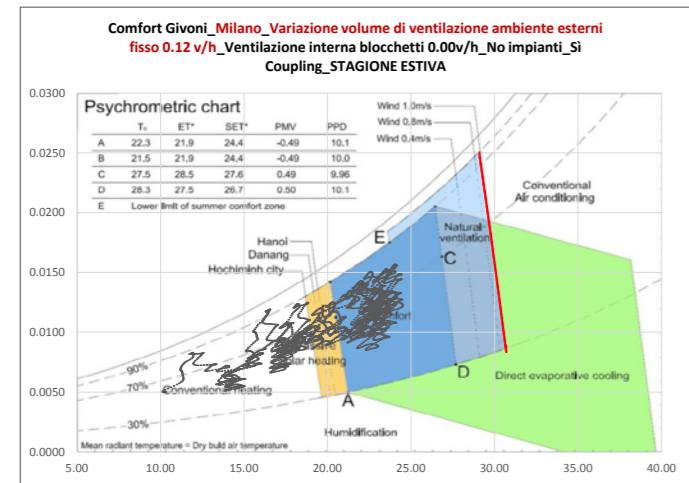


Figura 6.54 Diagramma comfort ventilazione camino fissa minima

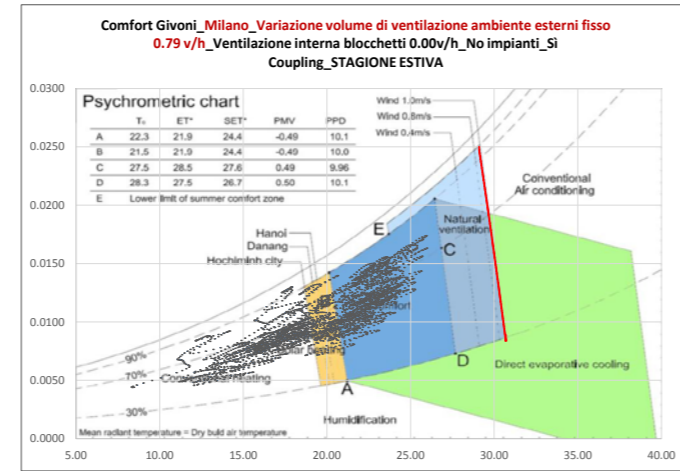


Figura 6.55 Diagramma comfort ventilazione camino fissa media

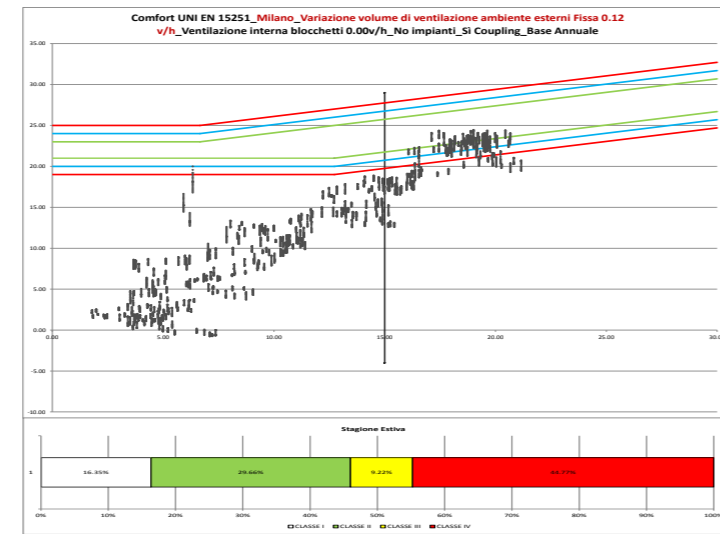


Figura 6.56 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione camino fissa minima

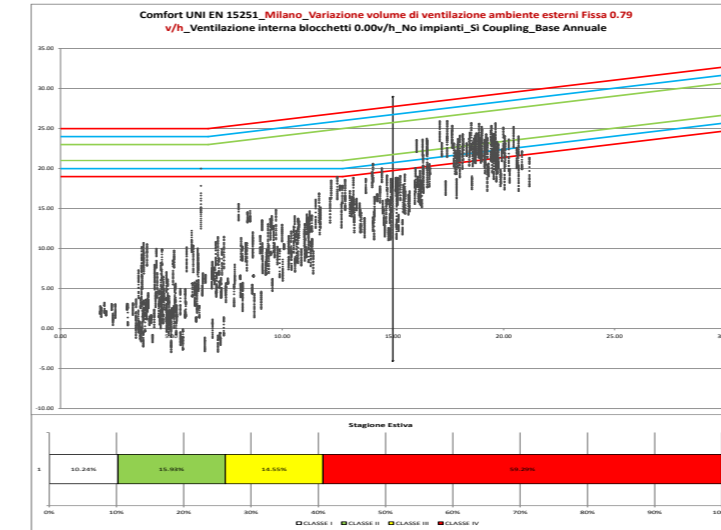


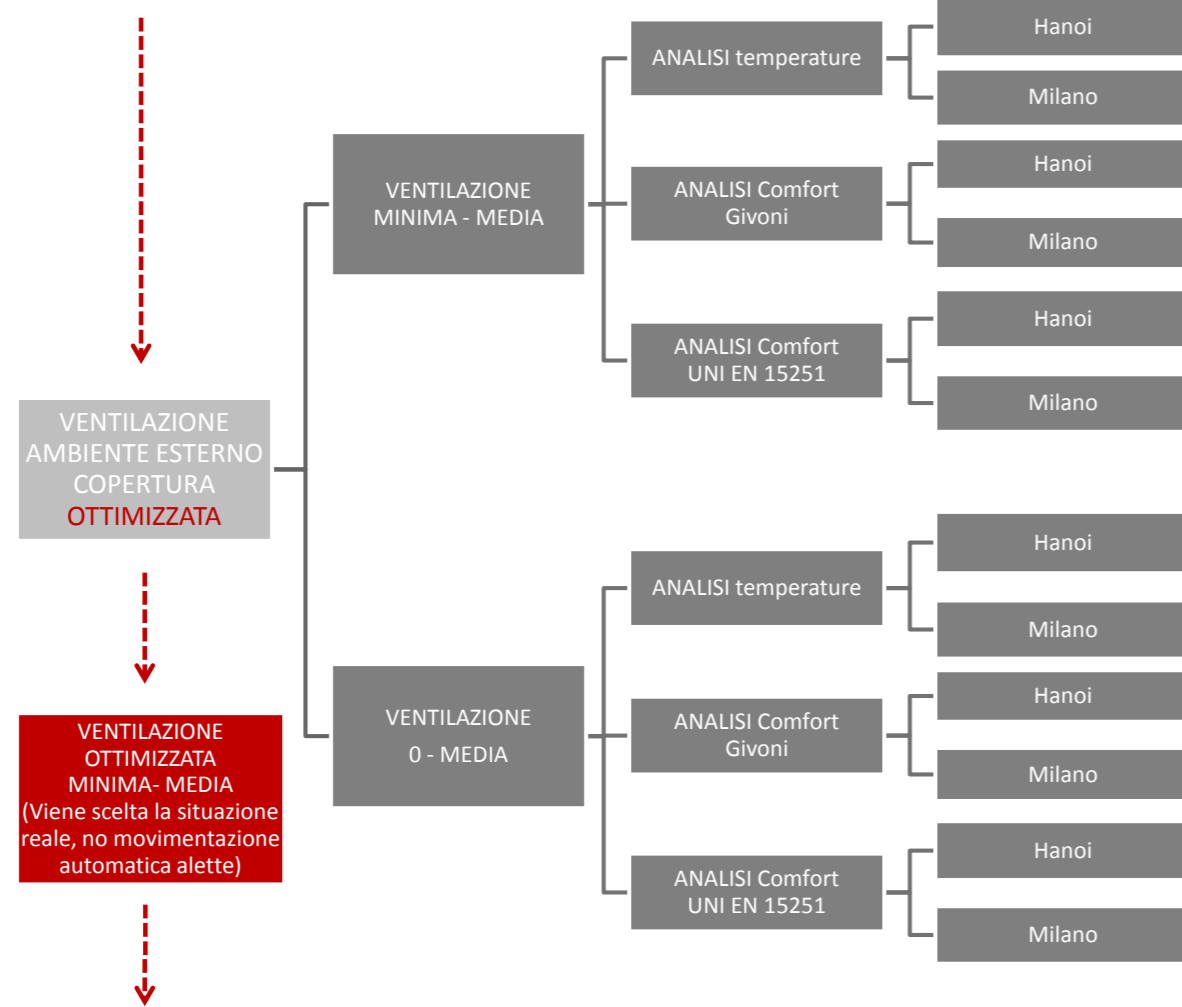
Figura 6.57 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione camino fissa media

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso la normativa italiana UNI EN 15251.

In generale la norma italiana è impostata per la valutazione del comfort in ambienti interni e in climi temperati, tuttavia l'analisi dei risultati riguardanti la stagione estiva può essere utile al paragone tra differenti tipologie di valutazione e come la risposta di quest'ultime vari al variare delle condizioni applicate.

Si può notare come secondo la norma, passando dalla ventilazione minima a quella media, si ha una leggera diminuzione della prima fascia di comfort, in luogo di un aumento dell'ultima.

6.5.3 VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO COPERTURA OTTIMIZZATA



La simulazione analizza il modello con l'attivazione di un volume di ventilazione ottimizzato all'interno del camino su spazi aperti.

L'obiettivo principale dell'ottimizzazione è quello di avvicinarsi il più possibile alla configurazione reale di funzionamento del camino, infatti, come descritto in precedenza, la ventilazione naturale si attiva in presenza di una differenza di temperatura tra interno ed esterno di 8-10°C.

Sarà quindi impostato un controllo della differenza di temperatura tra interno ed esterno, con un valore di riferimento di 10°C;

Nel caso del funzionamento standard del camino, caratterizzato dalla sola ventilazione naturale, sarà attivata la ventilazione minima in presenza di uno scostamento minore e media in caso di uno maggiore.

Successivamente verrà analizzata anche l'opzione disattivazione della ventilazione del camino per differenze di temperatura minori di 10°C e attivazione della media per scostamenti maggiori.

Questo secondo caso rappresenta la possibile configurazione del modello, con l'aggiunta di una movimentazione automatica delle alette di apertura del camino, con un parallelo sensore di rilevamento delle temperature; obiettivo della simulazione è quello di mantenere il camino chiuso per differenze di temperatura al di sotto dei 10°C, permettendo all'aria interna di scaldarsi e di poter quindi attivare direttamente la ventilazione media, asportando quindi una quantità di calore maggiore.

I volumi di ricambio di aria utilizzati risultano gli stessi riguardanti la simulazione con ventilazione fissa.

Il volume di ventilazione ottimizzata verrà introdotto nell'apposita finestra dell'applicazione TRNbuild, con l'ausilio di un input, derivante dal

controllo della temperatura effettuato nell'applicazione Simulation Studio dal Type2B.

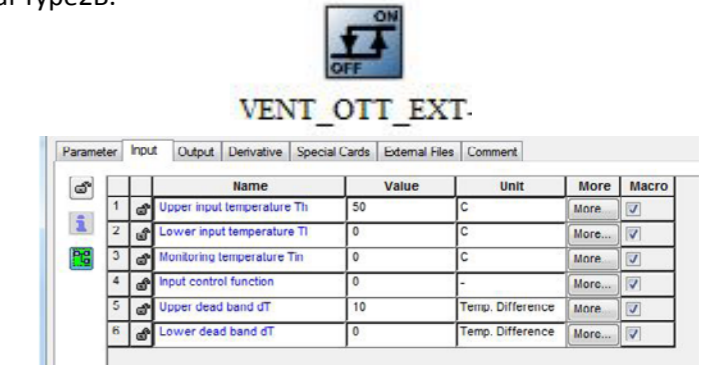


Figura 6.58 Type 2B Ventilazione ottimizzata Simulation Studio

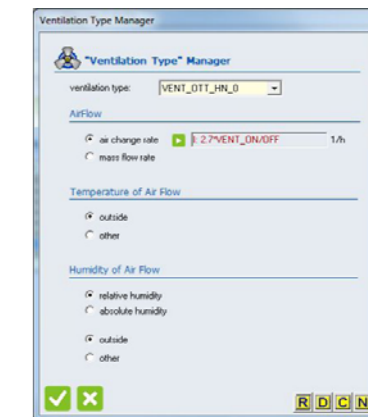


Figura 6.59 Schermata ventilazione ottimizzata Trnbuild

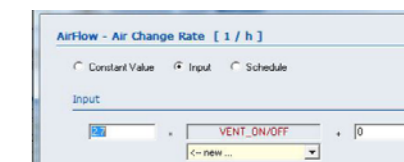


Figura 6.60 Schermata impostazione input Trnbuild

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO COPERTURA OTTIMIZZATA: HANOI

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Hanoi
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 1.89 v/h dt<10°C MEDIA 2.70 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.00 v/h
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	Assente

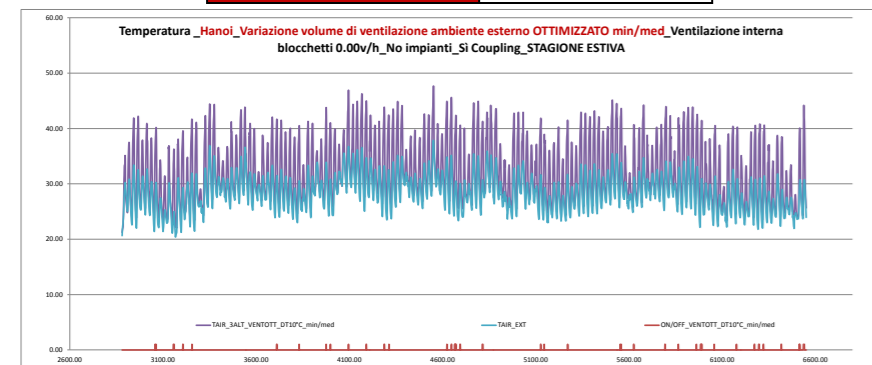


Figura 6.61 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata minima-media

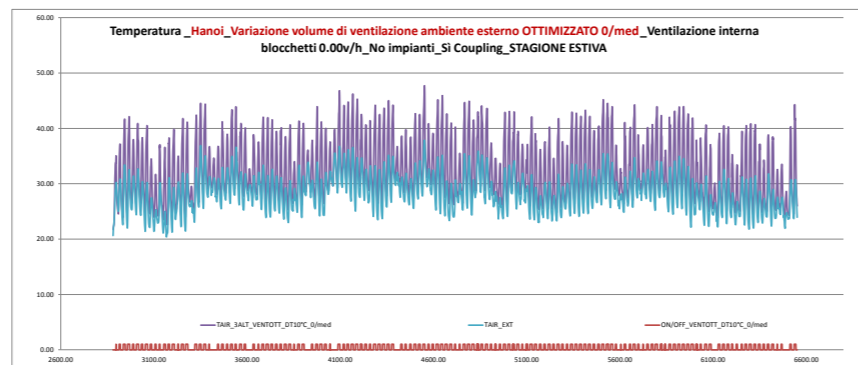


Figura 6.62 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata nulla-media

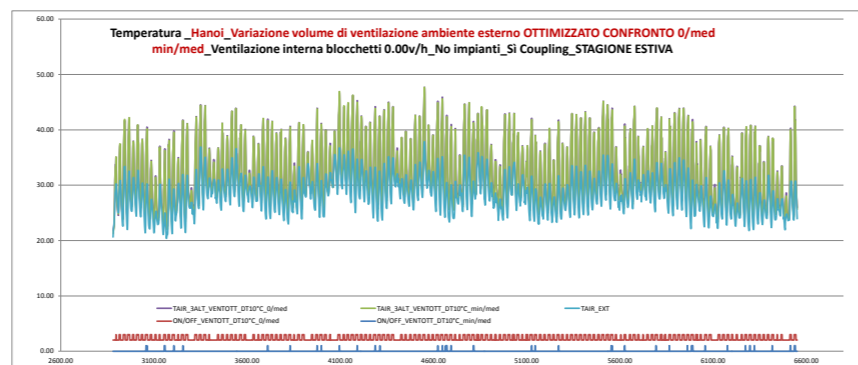


Figura 6.63 Grafico temperature zona alta confronto ventilazioni ottimizzate

Nel grafico relativo alla zona Alta con ventilazione ottimizzata minima/media, possiamo notare come la ventilazione media si attivi poche volte nell'arco della stagione estiva, poiché la differenza di temperatura non raggiunge il valore limite imposto dal controllo.

Invece nel grafico relativo alla zona Alta con ventilazione ottimizzata 0/media, si nota come la ventilazione media si attivi un numero di volte considerevole a causa della chiusura totale del camino e alla successi-

va apertura automatica delle alette al raggiungimento della differenza di temperatura richiesta.

Confrontando le due soluzioni progettuali, si può vedere come l'andamento delle temperature della zona alta risulti simile, con delle piccole maggiorazioni per la soluzione 0/med, per le motivazioni sopracitate.

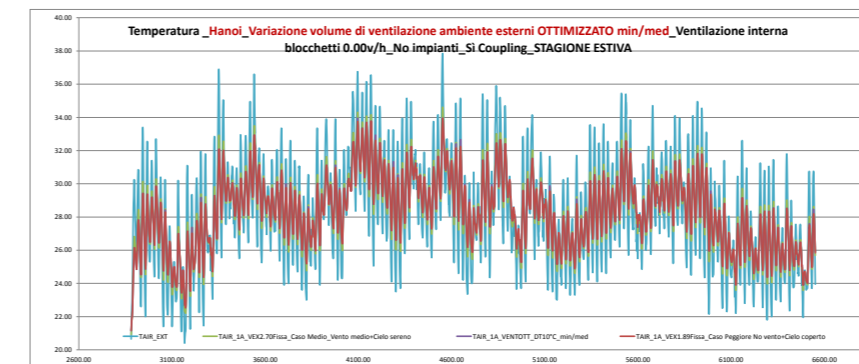


Figura 6.64 Grafico temperature zona bassa ventilazione ottimizzata minima-media

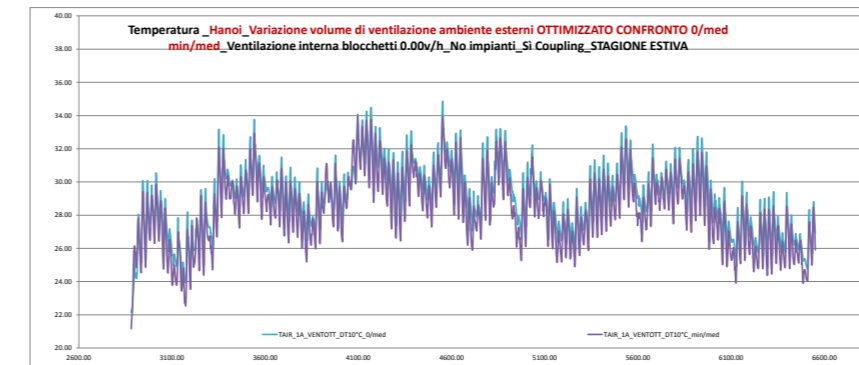


Figura 6.65 Grafico temperature zona bassa confronto ventilazioni ottimizzate

Tuttavia nel confronto delle due soluzioni si può notare come, analogamente alla zona Alta, le temperature relative alla soluzione 0/med siano più alte rispetto a quella min/med; utilizzando una movimentazione automatica si ottiene un risultato peggiore rispetto ad soluzione con semplice ventilazione naturale.

Si analizza quindi il grafico della soluzione più vantaggiosa con ventilazione min/med, da cui si può notare come siano ulteriormente mitigati i picchi dell'andamento delle temperature verso l'alto e verso il basso, sia rispetto alle condizioni esterne, sia rispetto alle ventilazioni fisse minima e media.

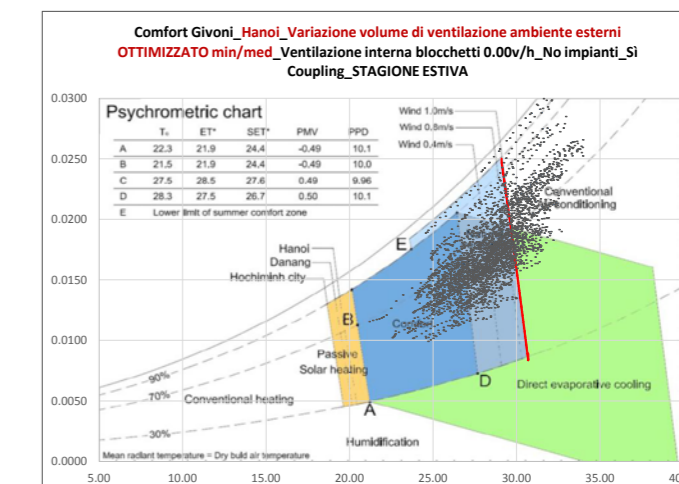


Figura 6.66 Diagramma comfort ventilazione camino ottimizzata minima-media

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dal diagramma si può notare come i alcuni punti escano dal margine superiore di comfort nella stagione estiva; con il controllo delle temperature, e con la conseguente ottimizzazione, si riesce ad ottenere una percentuale di soddisfazione pari al 78%, valore di rilievo considerando la condizione di ambiente esterno e come unica fonte di raffrescamento la ventilazione naturale.

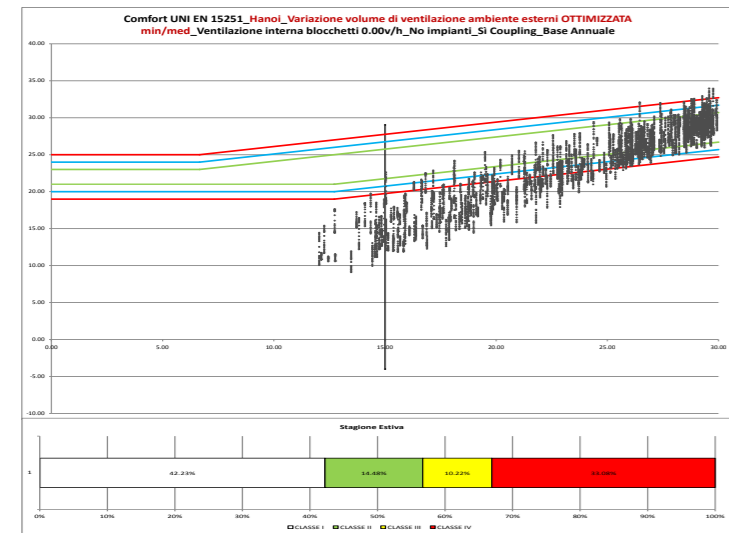


Figura 6.67 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione camino ottimizzata-minima-media

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso la normativa italiana UNI EN 15251.

In generale la norma italiana è impostata per la valutazione del comfort in ambienti interni e in climi temperati, tuttavia l'analisi dei risultati ri-

guardanti la stagione estiva può essere utile al paragone tra differenti tipologie di valutazione e come la risposta di quest'ultime vari al variare delle condizioni applicate.

Passando dalla ventilazione fissa a quella ottimizzata, non si ha un sostanziale cambiamento rispetto a quella minima; infatti, nella maggior parte dei casi si attiva quest'ultima e l'asportazione di calore operata è sufficiente per non far attivare la ventilazione media, se non nelle ore più calde della stagione.

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO COPERTURA OTTIMIZZATA: MILANO

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Milano
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 0.12 v/h dt<10°C MEDIA 0.79 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.00 v/h
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente
IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO	Assente

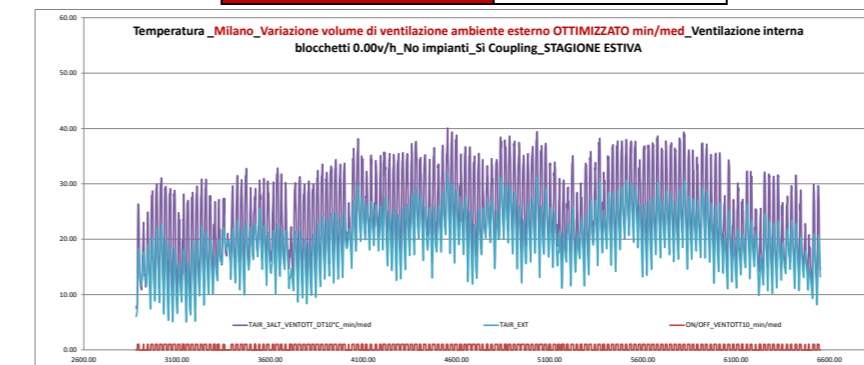


Figura 6.68 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata minima-media

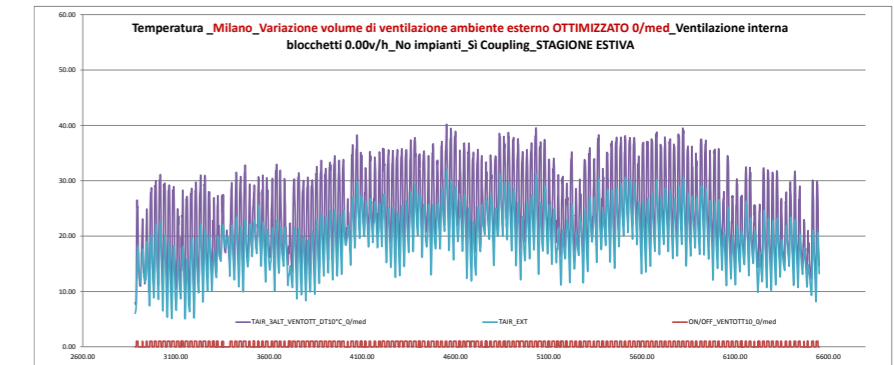


Figura 6.69 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata nulla-media

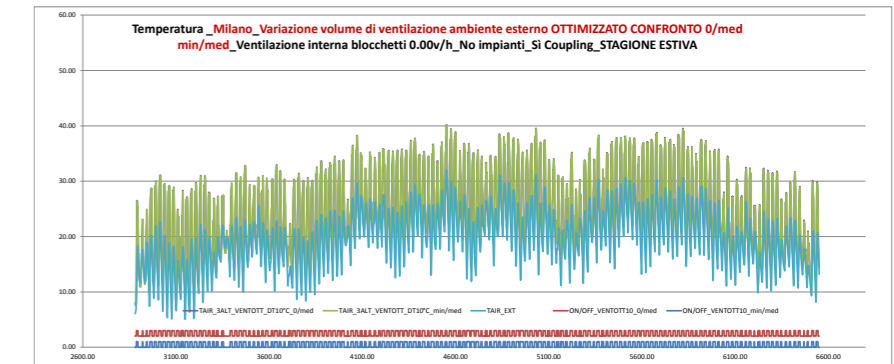


Figura 6.70 Grafico temperature zona alta confronto ventilazioni ottimizzate

Nel grafico relativo alla zona Alta con ventilazione ottimizzata minima/media, possiamo notare come la ventilazione media si attivi poche volte nell'arco della stagione estiva, poiché la differenza di temperatura non raggiunge il valore limite imposto dal controllo.

Invece nel grafico relativo alla zona Alta con ventilazione ottimizzata 0/media, si nota come la ventilazione media si attivi un numero di volte

considerevole a causa della chiusura totale del camino e alla successiva apertura automatica delle alette al raggiungimento della differenza di temperatura richiesta.

Confrontando le due soluzioni progettuali, si può vedere come l'andamento delle temperature della zona alta risulti simile, con delle piccole maggiorazioni per la soluzione 0/med, per le motivazioni sopracitate.

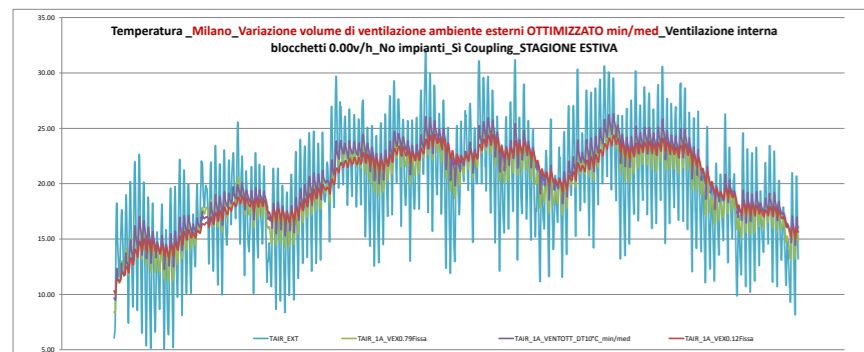


Figura 6.71 Grafico temperature zona bassa ventilazione ottimizzata minima-media

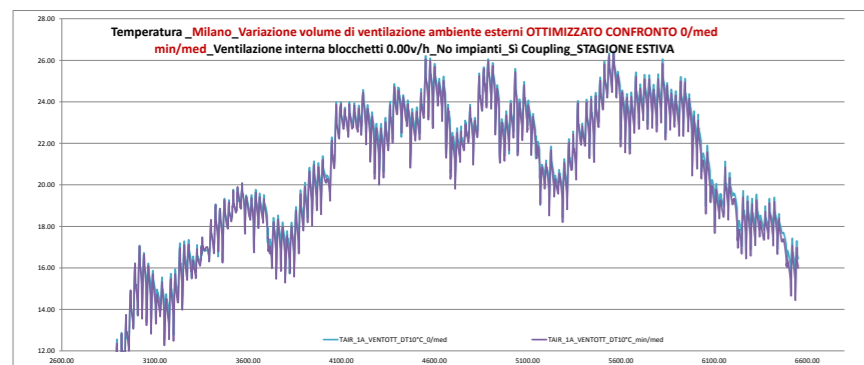


Figura 6.72 Grafico temperature zona bassa confronto ventilazioni ottimizzate

Tuttavia nel confronto delle due soluzioni si può notare come, analogamente alla zona Alta, le temperature relative alla soluzione 0/med siano più alte rispetto a quella min/med; utilizzando una movimentazione automatica si ottiene un risultato peggiore rispetto ad soluzione con semplice ventilazione naturale.

Si analizza quindi il grafico della soluzione più vantaggiosa con ventilazione min/med, da cui si può notare come siano ulteriormente mitigati i picchi dell'andamento delle temperature verso l'alto e verso il basso, sia rispetto alle condizioni esterne, sia rispetto alle ventilazioni fisse minima e media.

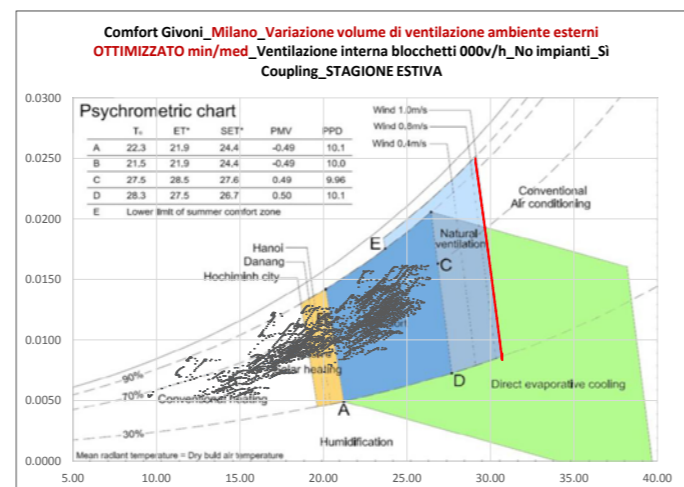


Figura 6.73 Diagramma comfort ventilazione camino ottimizzata minima-media

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dal diagramma si può notare come i punti non escano dal margine superiore di comfort nella stagione estiva, anche utilizzando il controllo delle temperature, quindi la conseguente ottimizzazione della ventilazione.

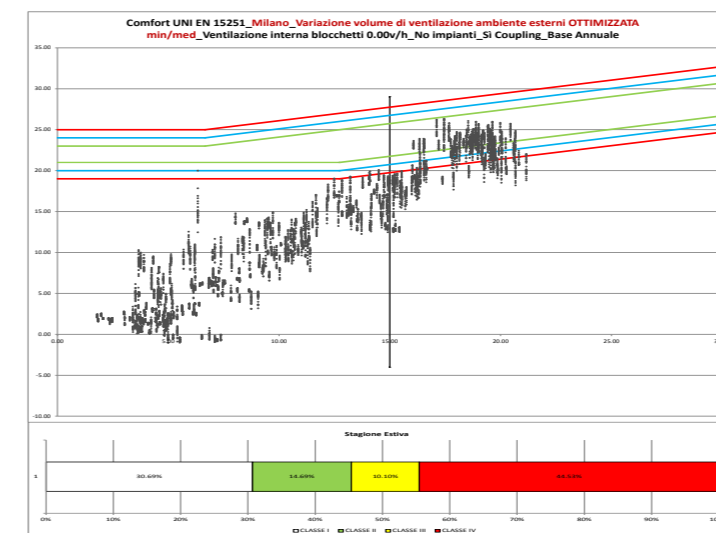


Figura 6.74 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione camino ottimizzata-minima-media

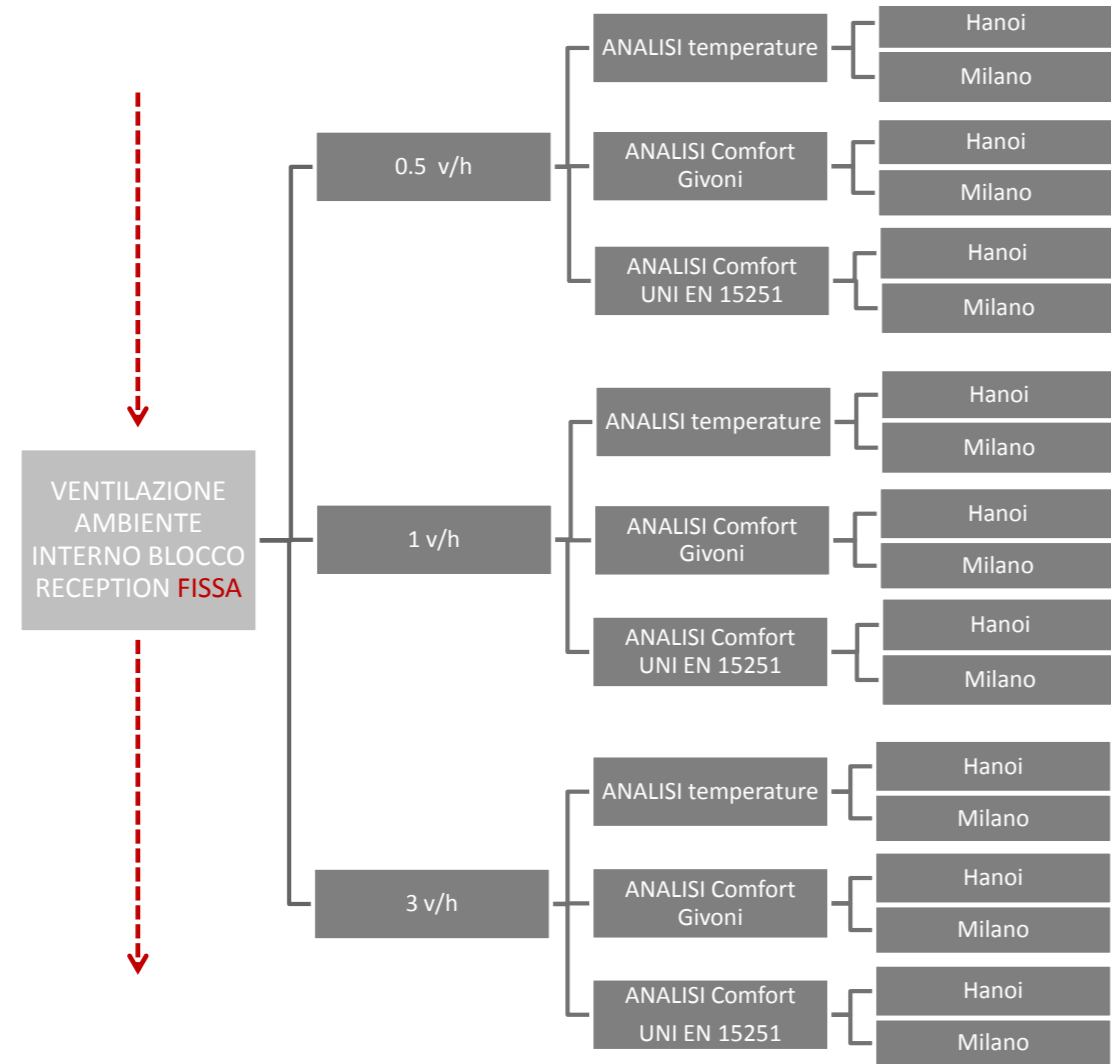
Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno della zona Bassa attraverso la normativa italiana UNI EN 15251.

In generale la norma italiana è impostata per la valutazione del comfort in ambienti interni e in climi temperati, tuttavia l'analisi dei risultati riguardanti la stagione estiva può essere utile al paragone tra differenti tipologie di valutazione e come la risposta di quest'ultime vari al variare delle condizioni applicate.

Si può notare come secondo la norma, passando dalla ventilazione fissa

a quella ottimizzata, non si abbia un cambiamento sostanziale nella percentuale nell'ultima fascia di comfort rispetto alla ventilazione minima, poiché influenzata principalmente da quest'ultima; tuttavia si ha un aumento di circa il 15% nella prima fascia a causa dell'attivazione nei momenti più caldi della stagione della ventilazione media.

6.5.4 VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION FISSA



La simulazione analizza il modello con l'attivazione di un volume di ventilazione fisso all'interno del blocco reception ed info point. Per il volume esterno invece, viene utilizzata la ventilazione ottimizzata minima/media, che rappresenta il caso reale.

L'obiettivo principale della simulazione è analizzare l'apporto di un sistema di ventilazione meccanica controllata senza controllo di temperatura, quindi con l'attivazione un movimento d'aria tra interno ed esterno, senza variazioni di calore. In questa fase si utilizzano tre volumi standard di ventilazione, 0.5 v/h, 1v/h e 3v/h, per valutare nel complesso il funzionamento del sistema.

Il volume di ventilazione fisso verrà introdotto nell'apposita finestra dell'applicazione TRNbuild.



Figura 6.75 Schermata ventilazione interna fissaTrnbuild

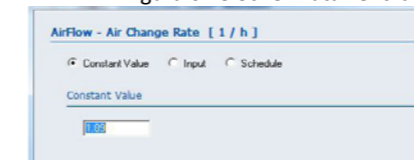


Figura 6.76 Schermata impostazione input Trnbuild

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION FISSA: HANOI

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Hanoi
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 1.89 v/h dt<10°C MEDIA 2.70 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.5 v/h FISSA 1.0 v/h FISSA 3.0 v/h FISSA
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente

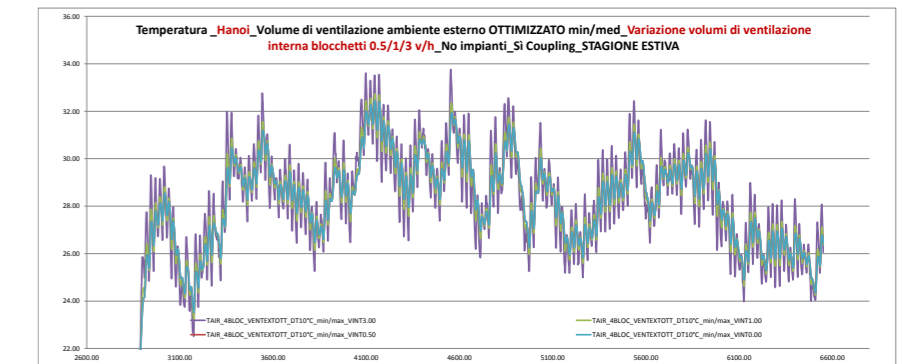


Figura 6.77 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna fissa

Nel grafico è rappresentato il confronto tra le temperature interne al blocco per la stagione estiva, derivanti dai diversi volumi di ventilazione fissa durante l'intera giornata, senza controllo automatico delle stesse. Possiamo notare come aumentando i volumi, si abbia un aumento dei picchi sia verso l'alto che verso il basso, causato dall'interazione dalla temperatura dell'aria entrante nel blocco reception. Infatti, non avendo un controllo automatico della temperatura, quindi un'ottimizzazione della ventilazione, nelle ore centrali della giornata, si avrà un ingresso di aria calda, che in molti casi porta al peggioramento del microclima interno e ad accentuare il picco di calore; viceversa nelle ore notturne, si registra un ingresso di aria più fredda di quella presente all'interno che provoca un ulteriore abbassamento delle temperature.

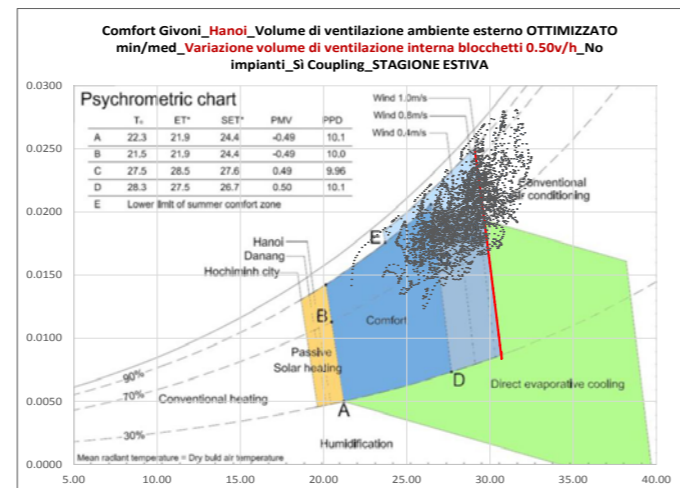


Figura 6.79 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception 0.5v/h

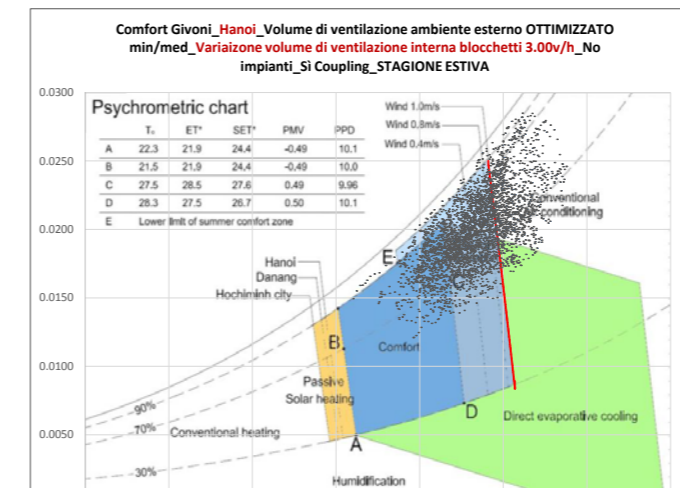


Figura 6.81 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fissa 3v/h

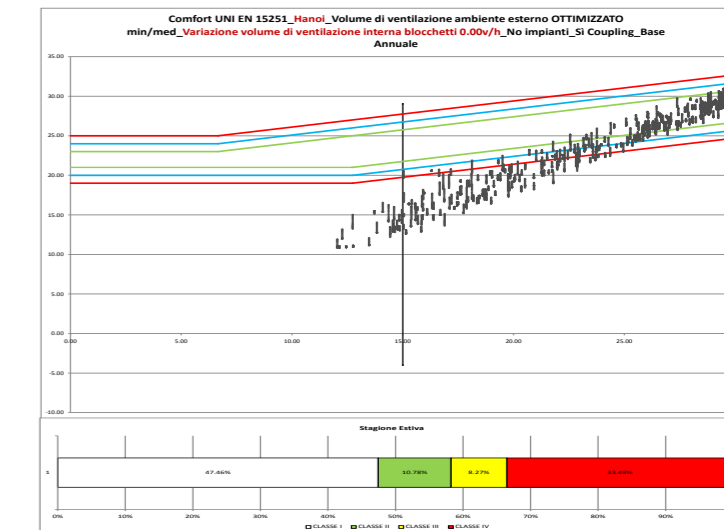


Figura 6.82 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 0v/h

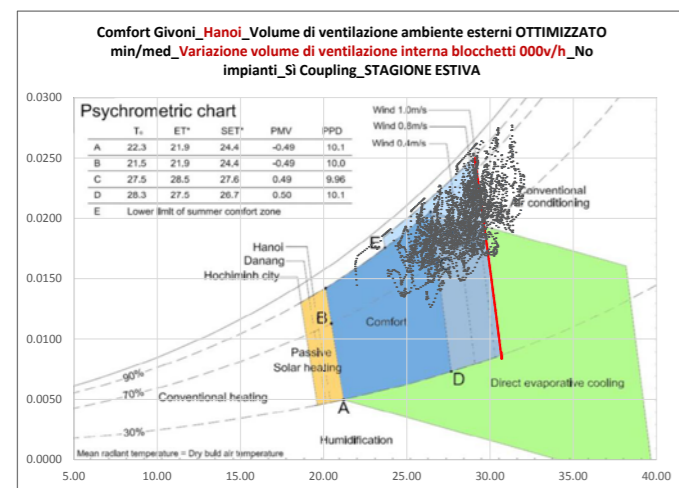


Figura 6.78 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fissa nulla

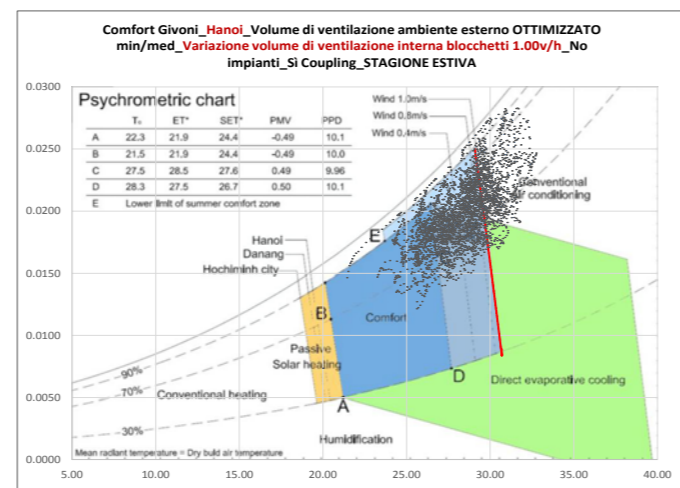


Figura 6.80 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fissa 1v/h

Dall'analisi dei diagrammi si può notare come all'aumentare dei volumi di ventilazione, la nuvola di punti si sposti progressivamente verso l'alto, uscendo sempre più dalla zona di comfort. Infatti la percentuale di fuori dall'intervallo ideale, partendo da un valore del 16% della ventilazione nulla, si sposta al 19% per 0.5v/h, al 20% per 1.0v/h, fino al 23% della ventilazione di 3.0v/h. Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso la normativa italiana UNI EN 15251. Nell'analisi si può notare come la percentuale relativa all'ultima fascia di comfort rimanga pressoché invariata; tuttavia si riscontra una progressiva diminuzione della percentuale in prima fascia, all'aumentare della ventilazione, ottenendo quindi una redistribuzione delle due fasce centrali.

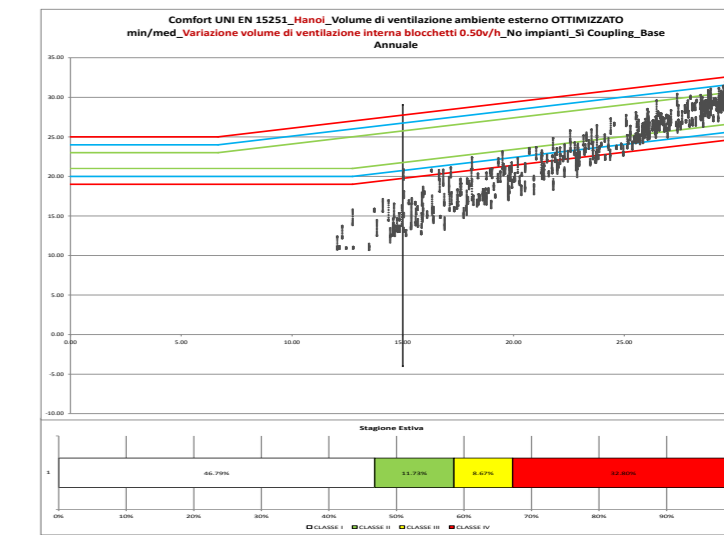


Figura 6.83 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 0.5v/h

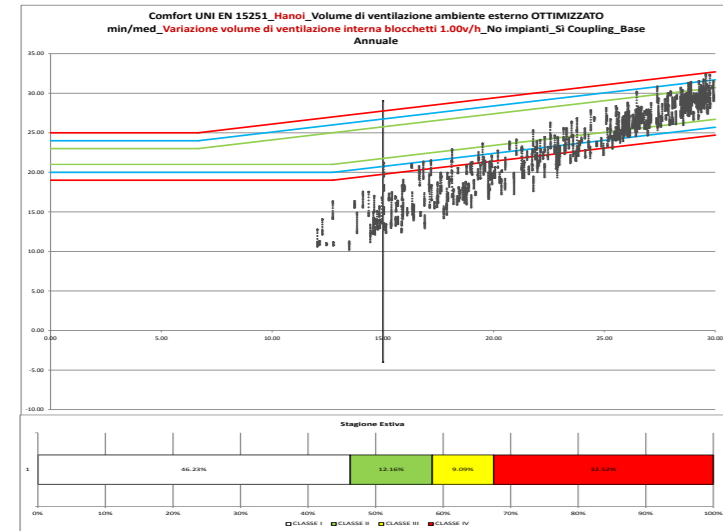


Figura 6.84 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 1v/h

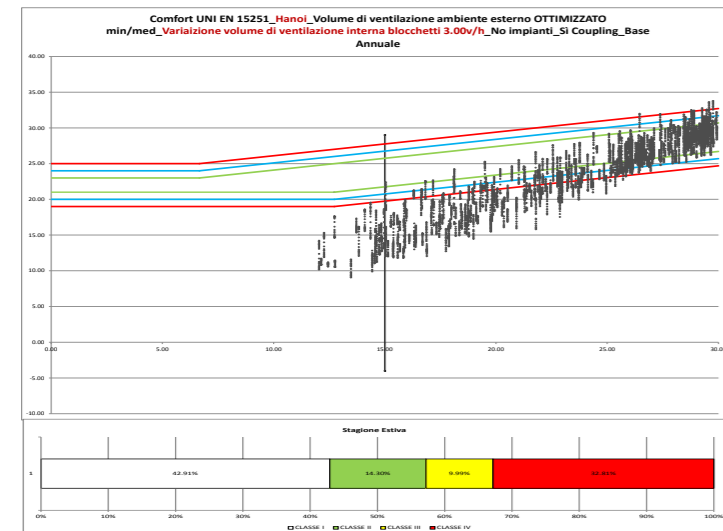


Figura 6.85 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 3v/h

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION FIS- SA: MILANO

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Milano
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 0.12 v/h dt<10°C MEDIA 0.79 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.5 v/h FISSA 1.0 v/h FISSA 3.0 v/h FISSA
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente

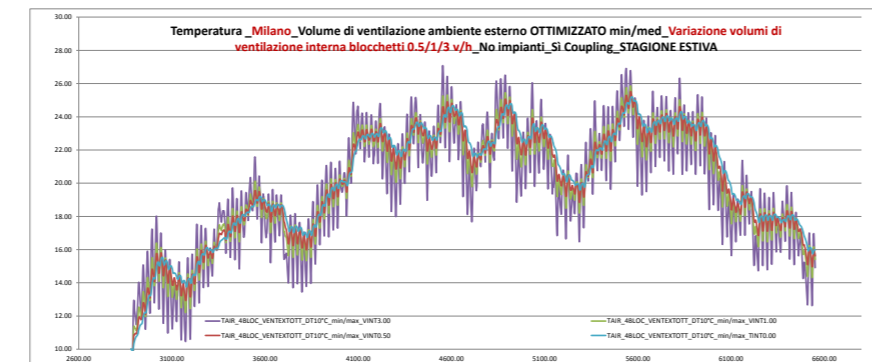


Figura 6.86 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna fissa

Nel grafico è rappresentato il confronto tra le temperature interne al blocco per la stagione estiva, derivanti dai diversi volumi di ventilazione fissa durante l'intera giornata, senza controllo automatico delle stesse. Possiamo notare come aumentando i volumi, si abbia un aumento dei picchi sia verso l'alto che verso il basso, causato dall'interazione dalla temperatura dell'aria entrante nel blocco reception. Infatti, non avendo un controllo automatico della temperatura, quindi un'ottimizzazione della ventilazione, nelle ore centrali della giornata, si avrà un ingresso di aria calda, che in molti casi porta al peggioramento del microclima interno e ad accentuare il picco di calore; viceversa nelle ore notturne, si registra un ingresso di aria più fredda di quella presente all'interno che provoca un ulteriore abbassamento delle temperature.

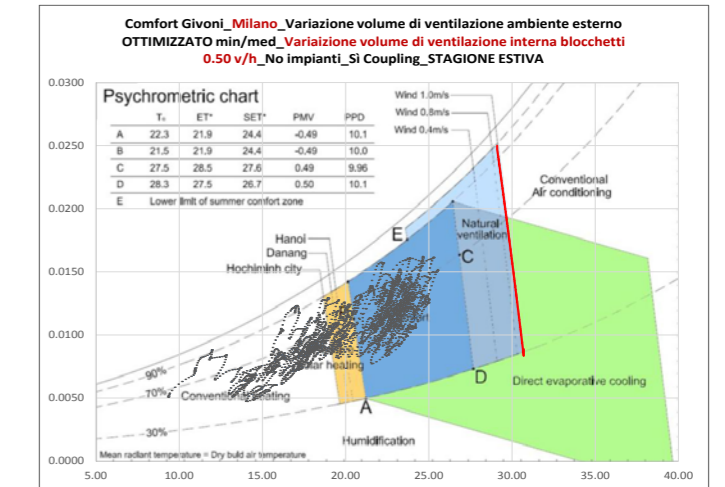


Figura 6.79 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception 0.5v/h

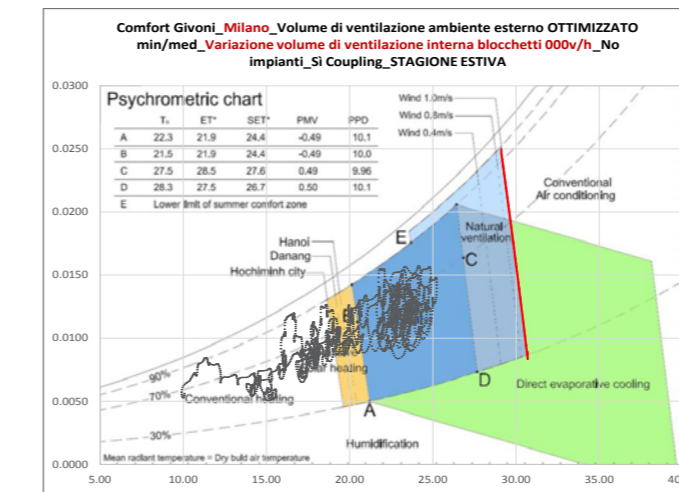


Figura 6.78 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fissa nulla

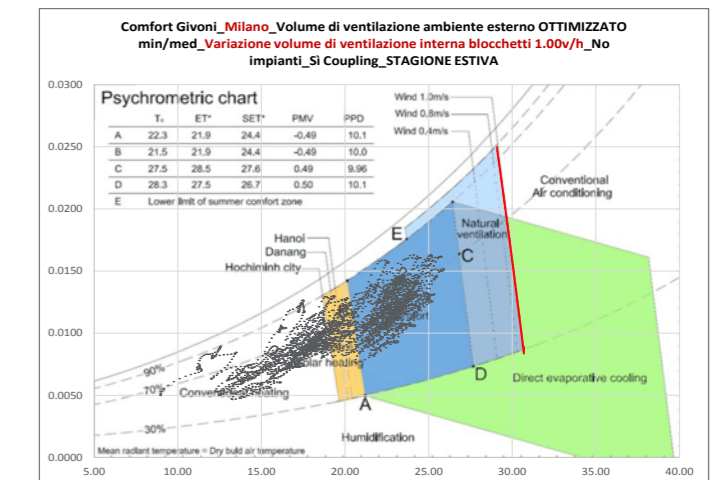


Figura 6.80 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fissa 1v/h

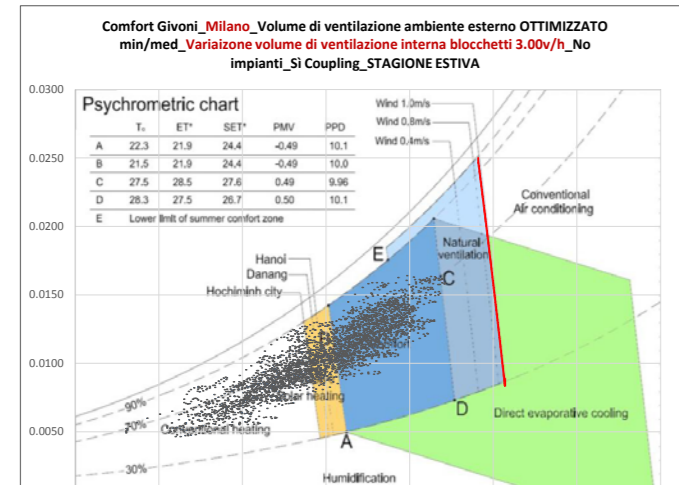


Figura 6.81 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fissa 3v/h

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dall'analisi dei diagrammi si può notare come all'aumentare dei volumi di ventilazione, la nuvola di punti si sposti progressivamente verso l'alto, tuttavia rimanendo sempre al di sotto del livello di discomfort.

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso la normativa italiana UNI EN 15251. A differenza dell'analisi della città di Hanoi, nel caso di Milano le percentuali appartenenti alle varie fasce di comfort variano notevolmente rispetto ai differenti volumi di ventilazione. Infatti proporzionalmente cresce in modo significativo la percentuale dell'ultima fascia al crescere del v/h, invece diminuisce in modo più graduale quella relativa alla prima fascia.

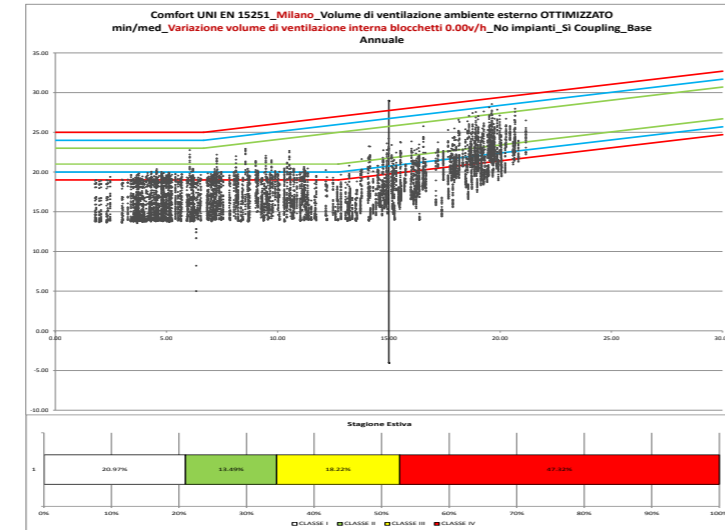


Figura 6.82 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 0v/h

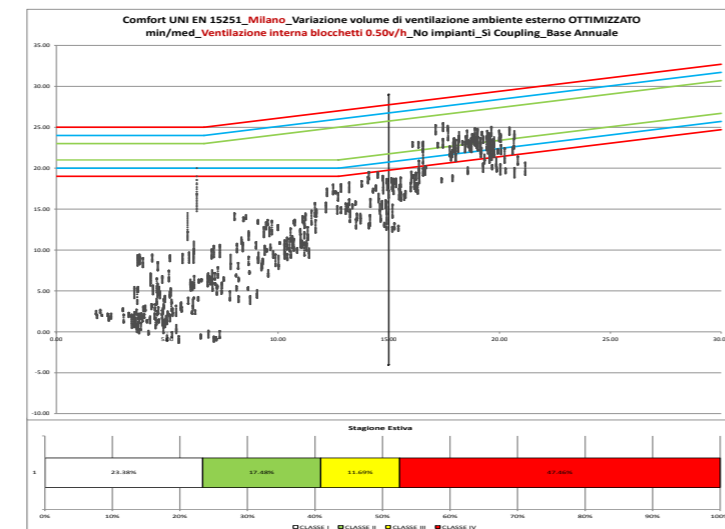


Figura 6.83 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 0.5v/h

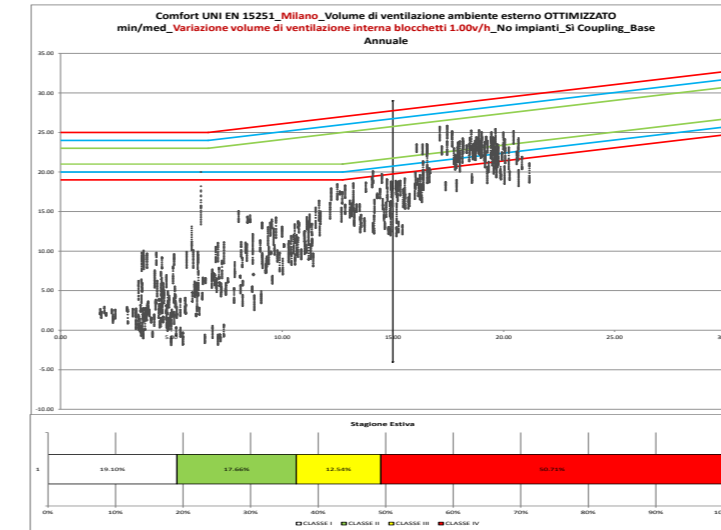


Figura 6.84 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 1v/h

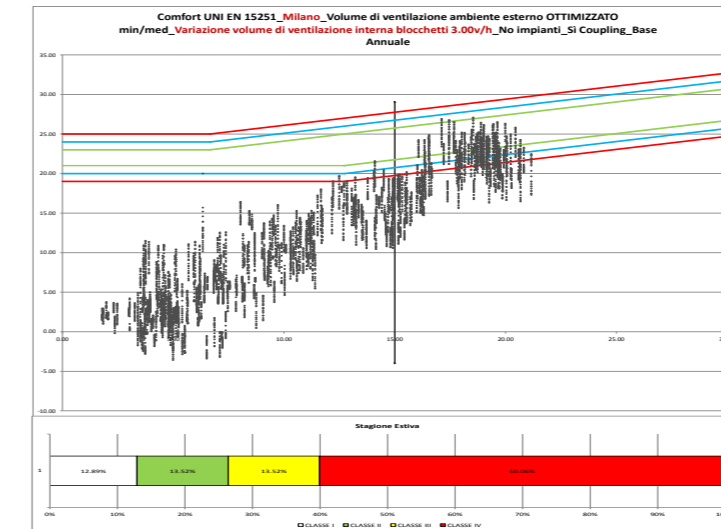
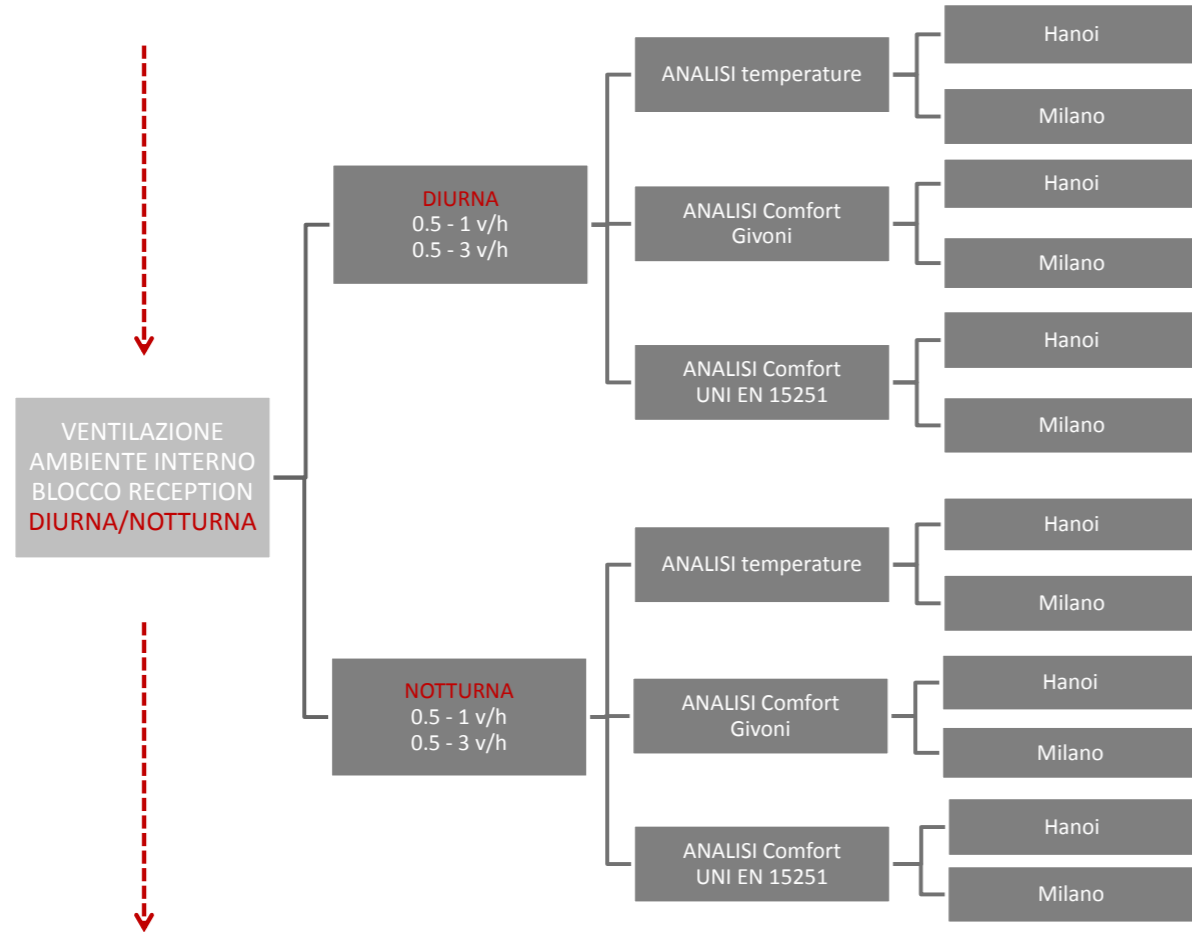


Figura 6.85 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 3v/h

6.5.5 VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION NOTTURNA/DIURNA



La simulazione analizza il modello con l'attivazione di un volume di ventilazione fisso notturno o diurno all'interno del blocco reception ed info point. Per il volume esterno invece, viene utilizzata la ventilazione ottimizzata minima/media, che rappresenta il caso reale.

L'obiettivo principale della simulazione è analizzare l'apporto di un sistema di ventilazione meccanica controllata senza controllo di temperatura, quindi con l'attivazione un movimento d'aria tra interno ed esterno, senza variazioni di calore. In questa fase si utilizzano un volume standard di 0.5v/h all'interno della giornata, che viene aumentato fino ai valori di 1v/h e 3v/h diurni o notturni.

Il volume di ventilazione fisso verrà introdotto nell'apposita finestra dell'applicazione TRNbuild.

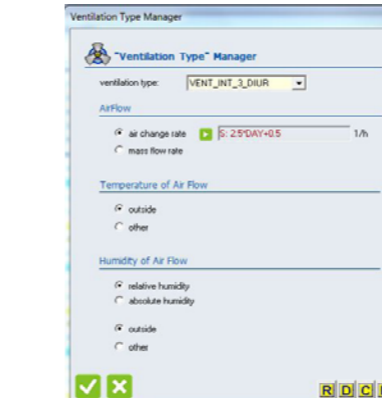


Figura 6.86 Schermata ventilazione interna diurna Trnbuild

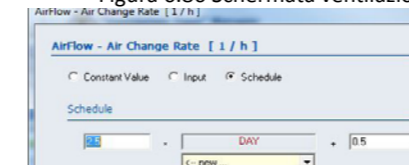


Figura 6.87 Schermata impostazione dati Trnbuild

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION NOTTURNA/DIURNA: HANOI

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Hanoi
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 1.89 v/h dt<10°C MEDIA 2.70 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.5-1v/h DIURNA 0.5-1v/h NOTT 0.5-3v/h DIURNA 0.5-3v/h NOTT
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente

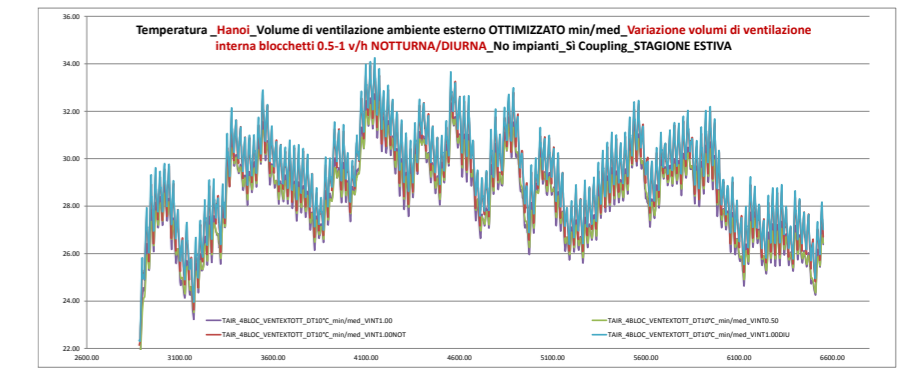


Figura 6.88 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h nott/diu

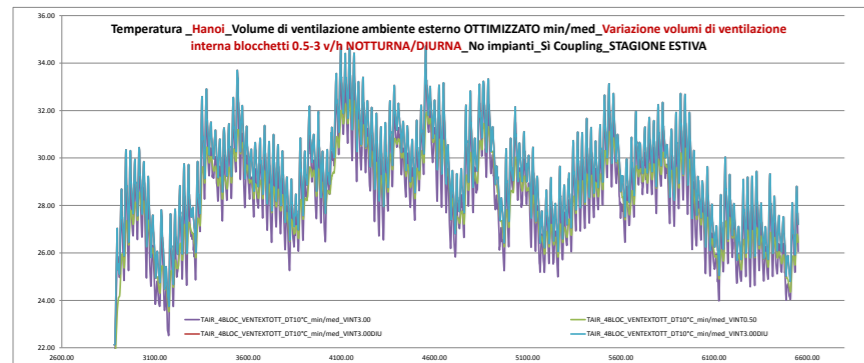


Figura 6.89 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h notti/di

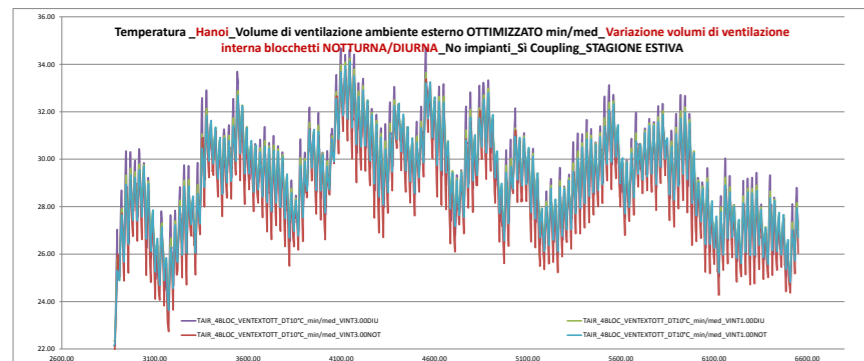


Figura 6.90 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna confronto notti/di

Nel grafico rappresentante le singole ventilazioni rispetto ai differenti volumi, si può notare come la ventilazione notturna minimizza i picchi verso l'alto e verso il basso rispetto alle altre tipologie; invece per quanto riguarda la diurna, minimizza i picchi verso il basso, ma maggiore quelli verso l'alto, a causa dei ricambi d'aria nelle ore più calde.

Nel grafico è rappresentato il confronto tra le temperature interne al blocco per la stagione estiva, derivanti dai diversi volumi di ventilazione

notturni e diurni, senza controllo automatico delle stesse.

Possiamo notare come aumentando i volumi, si abbia un aumento dei picchi sia verso l'alto che verso il basso, causato dall'interazione della temperatura dell'aria entrante nel blocco reception.

Infatti, non avendo un controllo automatico della temperatura, quindi un'ottimizzazione della ventilazione, nelle ore centrali della giornata con una ventilazione diurna, si avrà un ingresso di aria calda, che in molti casi porta al peggioramento del microclima interno e ad accentuare il picco di calore; viceversa nelle ore notturne con una ventilazione notturna, si registra un ingresso di aria più fredda di quella presente all'interno che provoca un ulteriore abbassamento delle temperature; diminuendo il volume di ricambio, si riducono anche gli effetti di questi fenomeni.

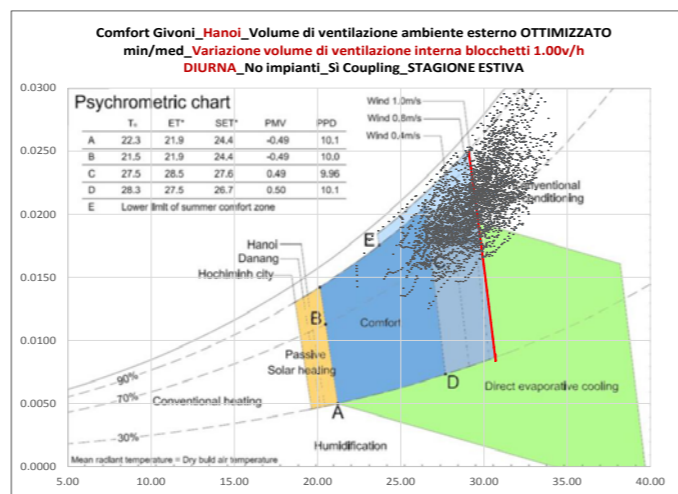


Figura 6.91 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Diurna

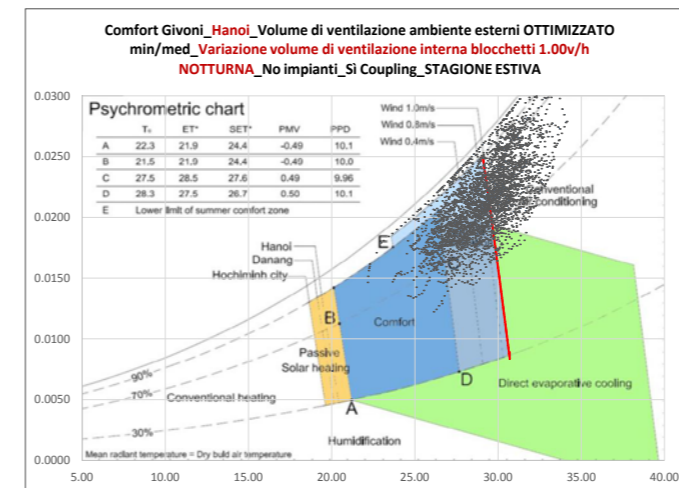


Figura 6.92 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Notturna

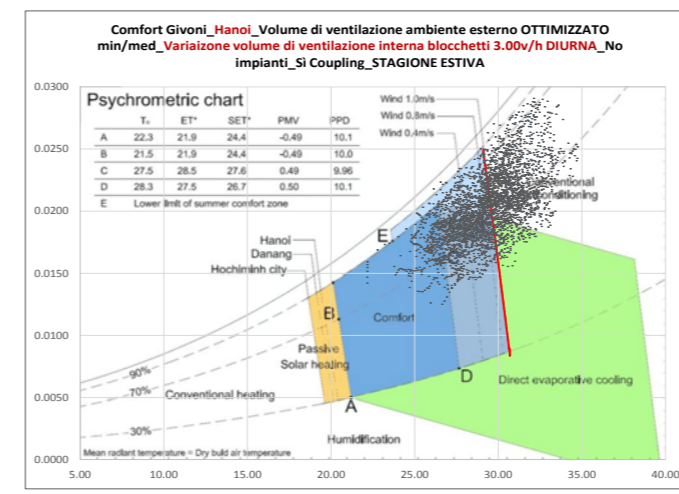
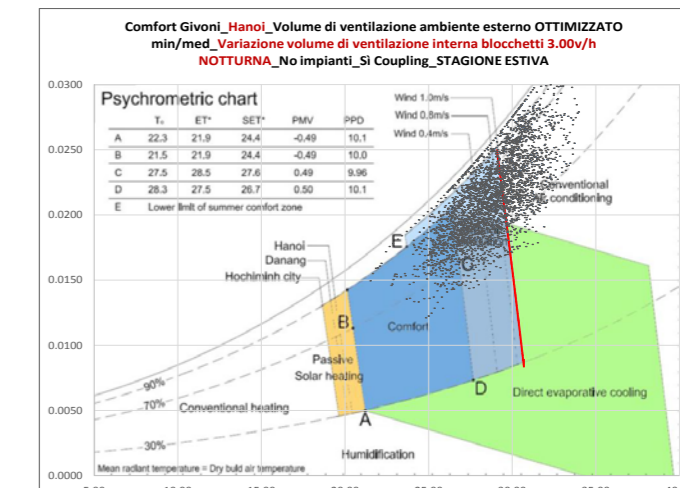


Figura 6.93 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Diurna



Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dall'analisi dei diagrammi si può notare come le ventilazioni diurne risultino le meno efficaci, per la continua interazione con l'aria calda delle ore centrali del giorno. Invece tra quelle notturne, risulta migliore la ventilazione di 3v/h con una percentuale di soddisfazione del 70%, in luogo di quella da 1v/h con il 68%.

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso la normativa italiana UNI EN 15251.

Nell'analisi si può notare come la percentuale relativa all'ultima fascia di comfort i risultati siano ravvicinati per quanto riguarda tutti i casi, si può registrare come miglior risultato la ventilazione 0.5-1.0v/h Diurna e quella peggiore 0.5-3.0 Notturna.

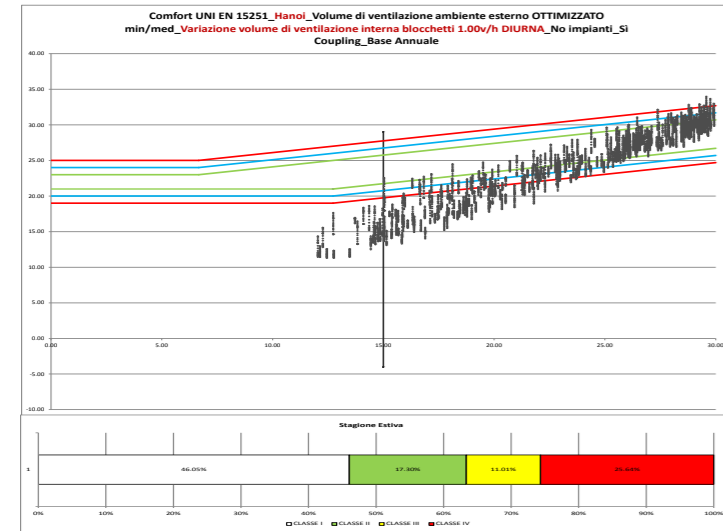


Figura 6.95 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Diu

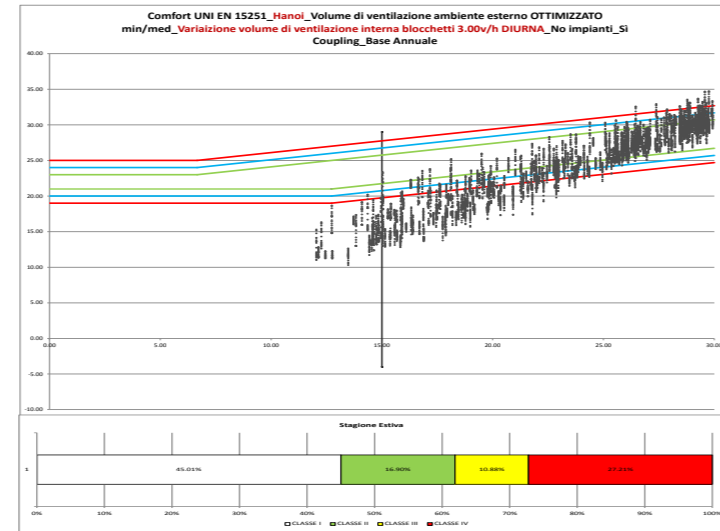


Figura 6.97 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Diu

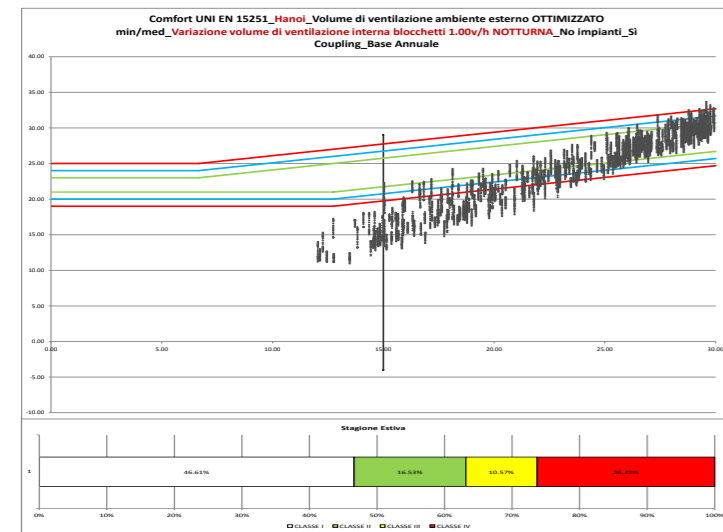


Figura 6.96 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Not

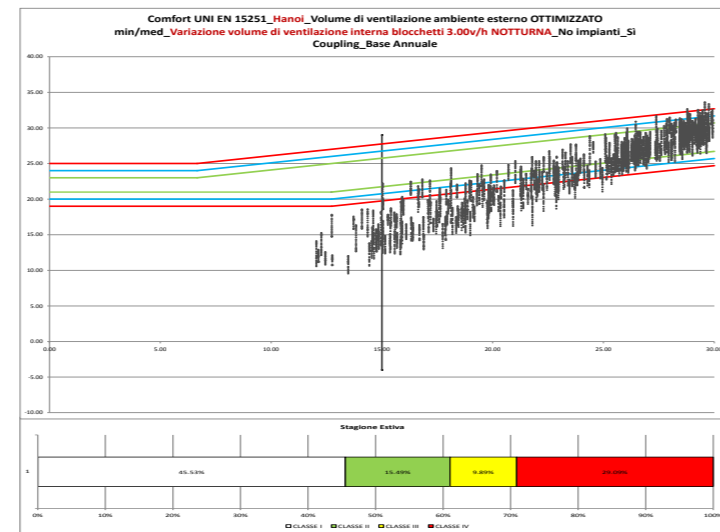


Figura 6.98 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Not

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION NOTTURNA/DIURNA: MILANO

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Milano
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 0.12 v/h dt<10°C MEDIA 0.79 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	0.5-1v/h DIURNA 0.5-1v/h NOTT 0.5-3v/h DIURNA 0.5-3v/h NOTT
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO INT	Assente

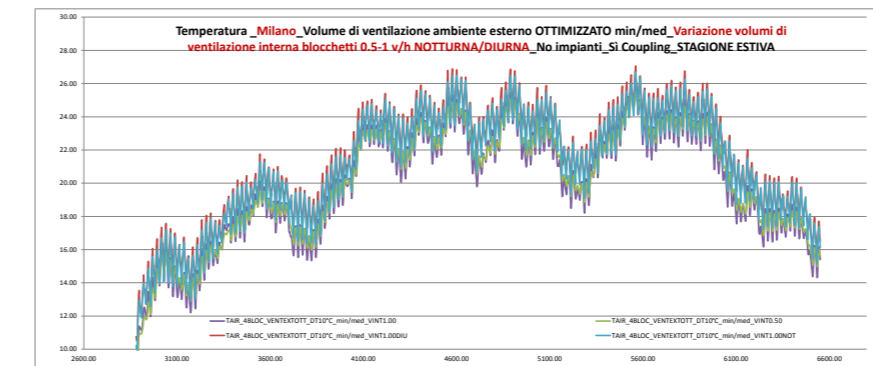


Figura 6.99 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h nott/diu

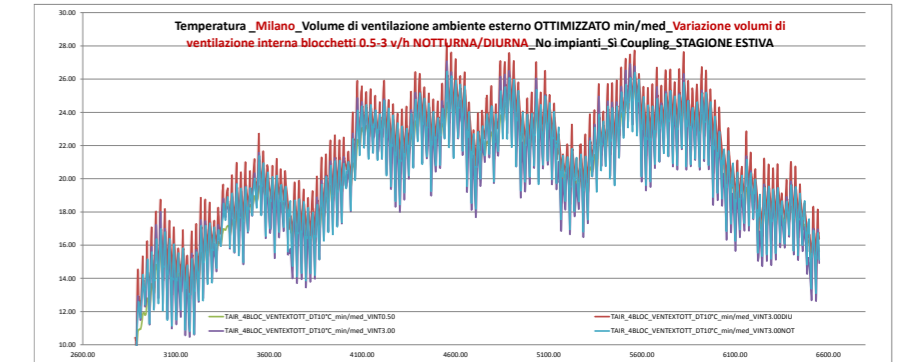


Figura 6.100 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h nott/diu

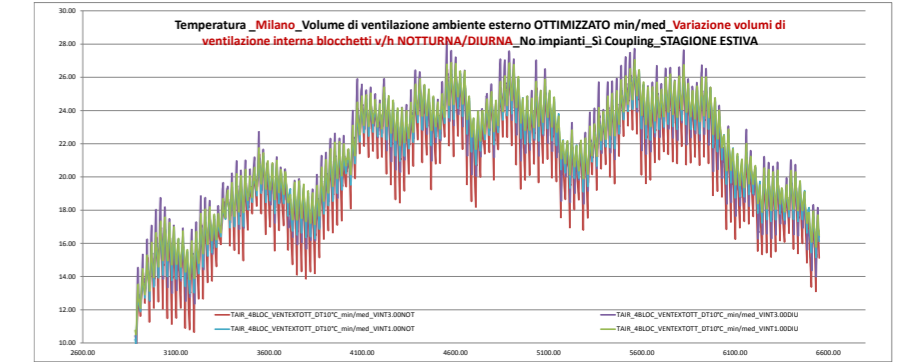


Figura 6.101 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna confronto

Nel grafico rappresentante le singole ventilazioni rispetto ai differenti volumi, si può notare come la ventilazione notturna minimizzi i picchi verso l'alto e verso il basso rispetto alle altre tipologie; invece per quanto riguarda la diurna, minimizza i picchi verso il basso, ma maggiore quelli verso l'alto, a causa dei ricambi d'aria nelle ore più calde. Nel grafico è rappresentato il confronto tra le temperature interne al blocco per la stagione estiva, derivanti dai diversi volumi di ventilazione

notturni e diurni, senza controllo automatico delle stesse. Possiamo notare come aumentando i volumi, si abbia un aumento dei picchi sia verso l'alto che verso il basso, causato dall'interazione dalla temperatura dell'aria entrante nel blocco reception. Infatti, non avendo un controllo automatico della temperatura, quindi un'ottimizzazione della ventilazione, nelle ore centrali della giornata con una ventilazione diurna, si avrà un ingresso di aria calda, che in molti casi porta al peggioramento del microclima interno e ad accentuare il picco di calore; viceversa nelle ore notturne con una ventilazione notturna, si registra un ingresso di aria più fredda di quella presente all'interno che provoca un ulteriore abbassamento delle temperature; diminuendo il volume di ricambio, si riducono anche gli effetti di questi fenomeni.

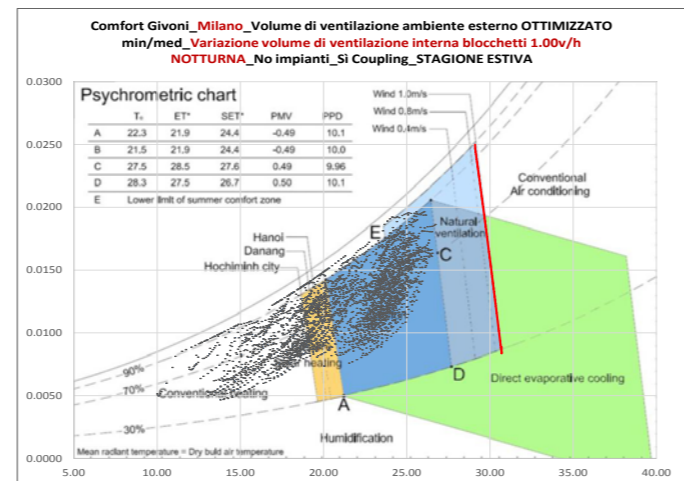


Figura 6.103 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Notturna

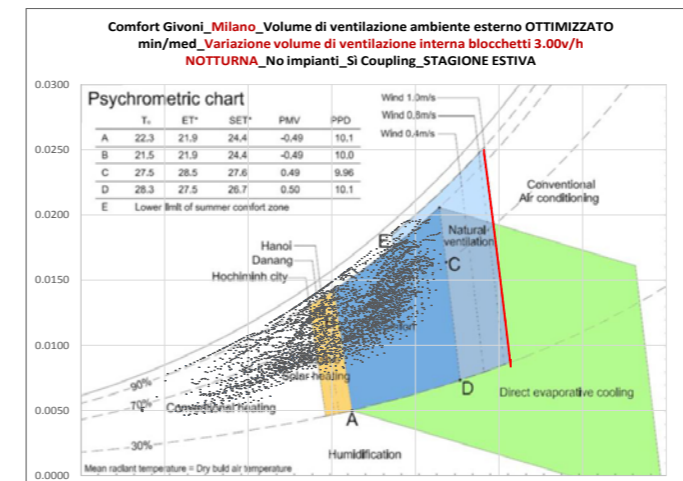


Figura 6.105 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Notturna

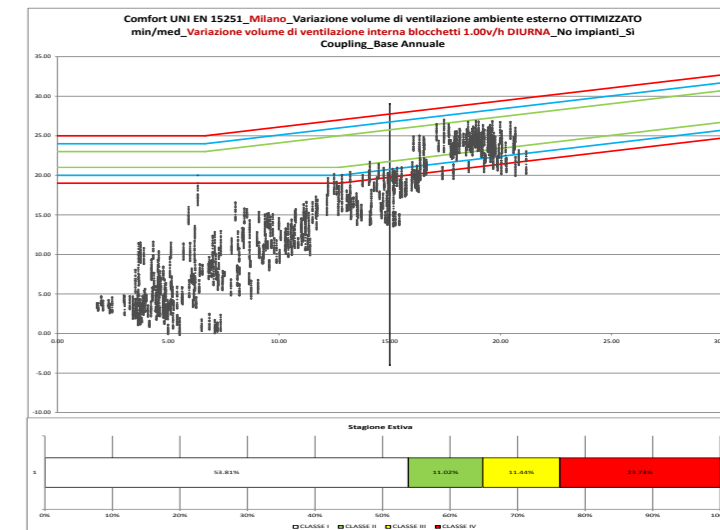


Figura 6.106 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Diu

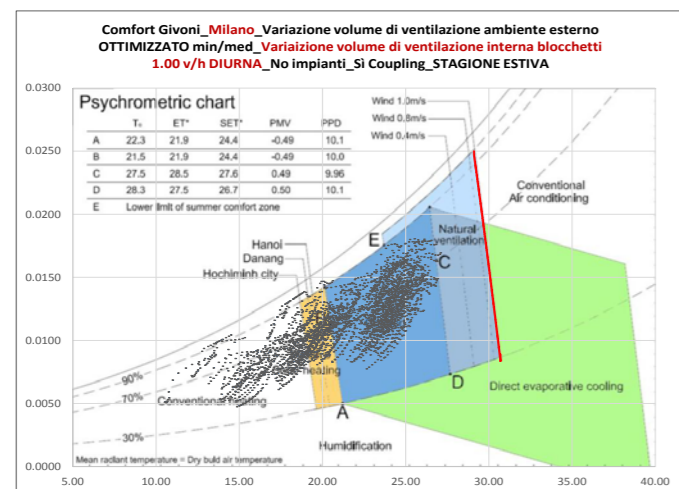


Figura 6.102 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Diurna

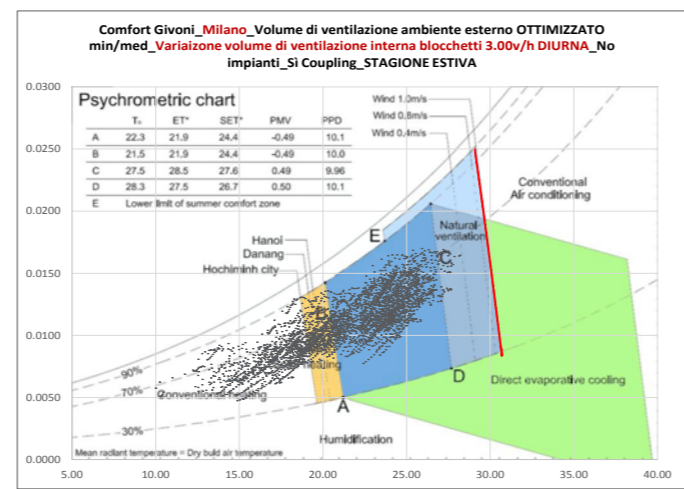


Figura 6.104 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Diurna

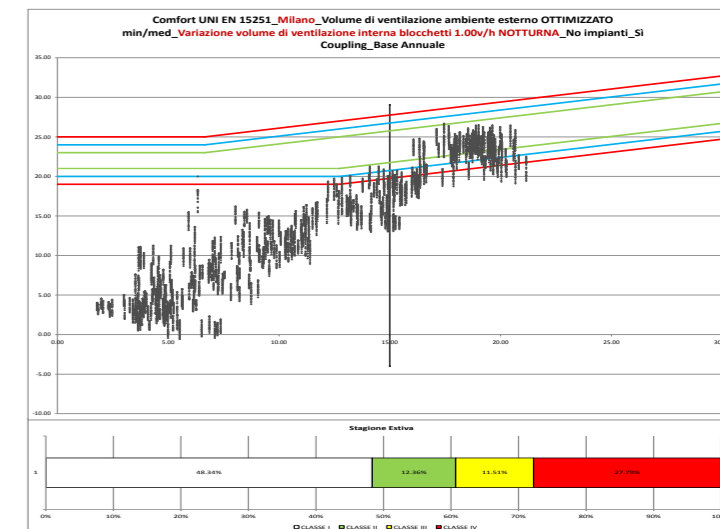


Figura 6.107 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Not

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione. Dall'analisi dei diagrammi si può notare come le ventilazioni diurne risultino le meno efficaci, per la continua interazione con l'aria calda delle ore centrali del giorno. Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso la normativa italiana UNI EN 15251. Nell'analisi si può notare come la percentuale relativa all'ultima fascia di comfort i risultati siano ravvicinati per quanto riguarda tutti i casi, si può registrare come miglior risultato la ventilazione 0.5-1.0v/h Diurna e quella peggiore 0.5-3.0 Notturna.

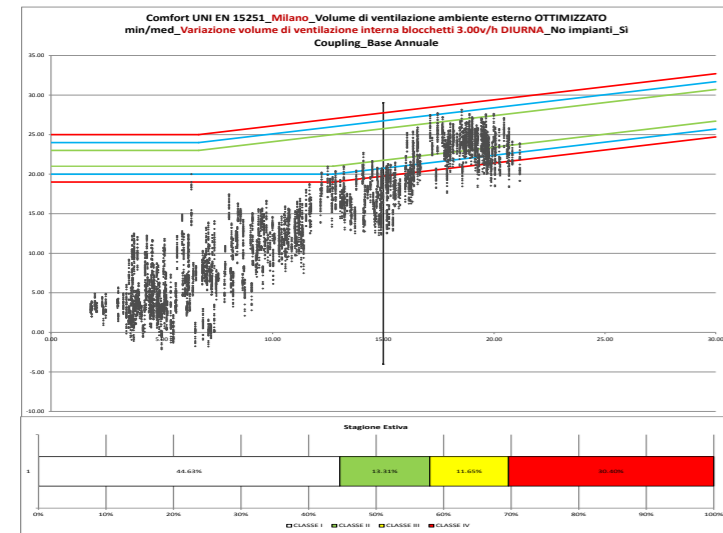


Figura 6.108 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Diu

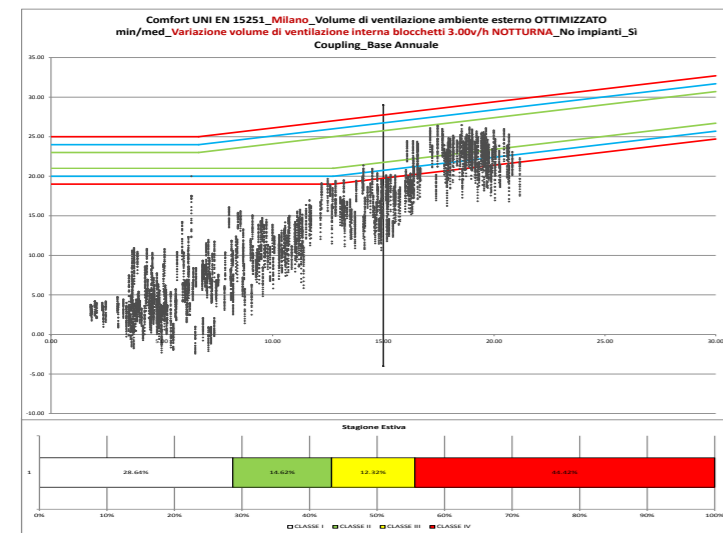
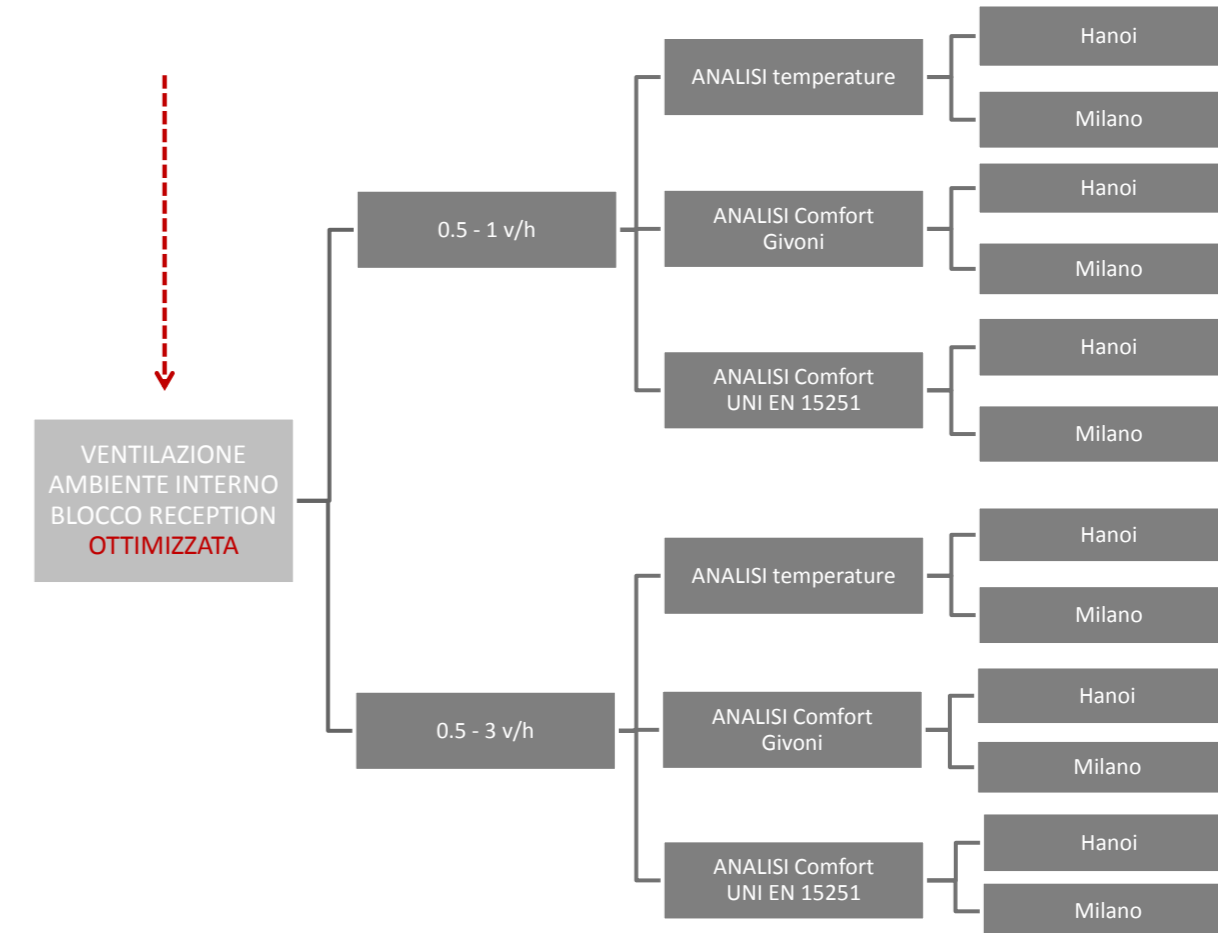


Figura 6.109 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Not

6.5.6 VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION OTTIMIZZATA



La simulazione analizza il modello con l'attivazione di un volume di ventilazione ottimizzato all'interno del blocco reception e info point.

L'obiettivo principale dell'ottimizzazione è quello di avvicinarsi il più possibile alla configurazione reale di funzionamento del camino, infatti, come descritto in precedenza, la ventilazione naturale si attiva in presenza di una differenza di temperatura tra interno ed esterno di 8-10°C.

Sarà quindi impostato un controllo della differenza di temperatura tra interno ed esterno, con un valore di riferimento di 5°C;

Questo caso rappresenta la possibile configurazione del modello, con l'aggiunta di una ventilazione meccanica controllata, con in parallelo un sensore di rilevamento delle temperature; obiettivo della simulazione è quello di mantenere il blocco con una ventilazione minima di 0.5v/h per differenze di temperatura al di sotto dei 5°C, non peggiorando i picchi verso l'alto nella stagione estiva, e di attivare una ventilazione di 1v/h o 3v/h per differenze minori.

Il volume di ventilazione ottimizzata verrà introdotto nell'apposita finestra dell'applicazione TRNbuild, con l'ausilio di un input, derivante dal controllo della temperatura effettuato nell'applicazione Simulation Studio dal Type2B.

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION OTTIMIZZATA: HANOI

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Hanoi
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 1.89 v/h dt<10°C MEDIA 2.70 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	OTTIMIZZATA 0.5 dt>5°C 1.0/3.0 v/h dt<5°C

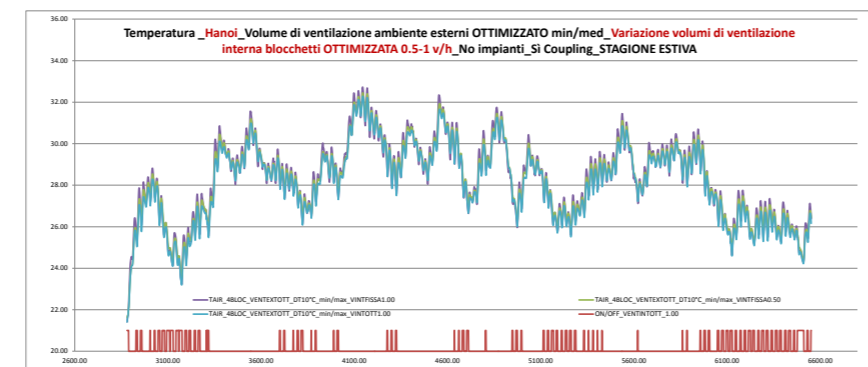


Figura 6.110 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h Ott

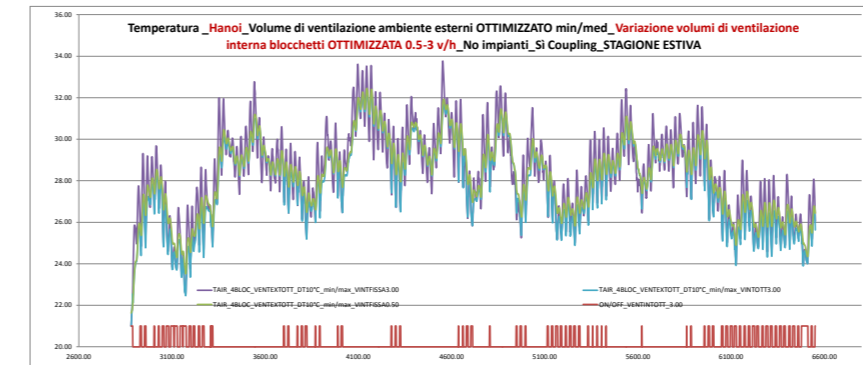


Figura 6.111 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h Ott

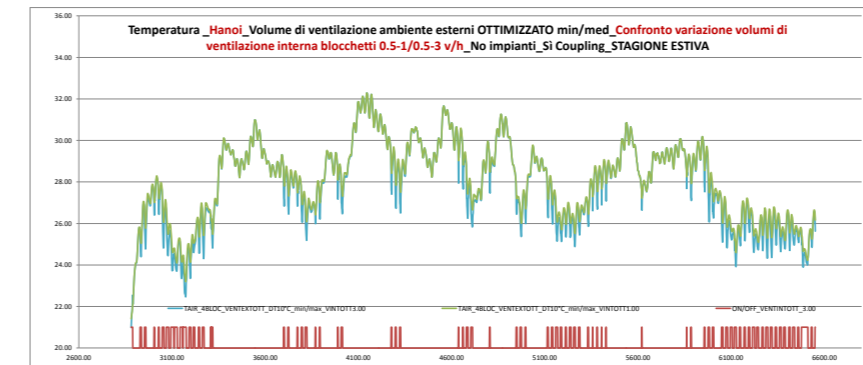


Figura 6.112 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna ott confronto

Nei grafici delle temperature delle singole ventilazioni possiamo notare come quella ottimizzata, oltre ad abbassare i picchi verso l'alto delle rispettive ventilazioni fisse, provoca un abbassamento generale anche del profilo inferiore delle temperature. Nel confronto invece tra la ventilazione ottimizzata 0.5-1 v/h e 0.5-3v/h, possiamo notare come il profilo delle temperatura della ventilazione maggiore, risulta nella quasi totalità delle ore al di sotto di quella minore. Inoltre, il grafico di attivazione del-

la ventilazione massima, risulta pressoché uguale, quindi il variazione di volume non influenza a tal punto le temperature da variare il numero di attivazioni del sistema.

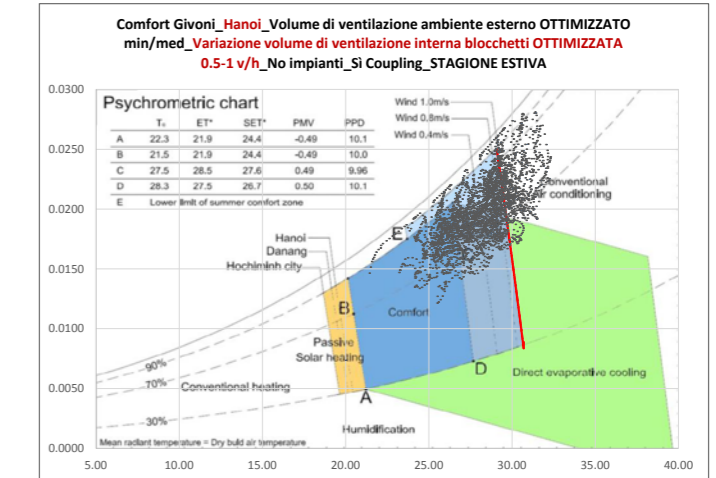


Figura 6.113 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Ottimizzata

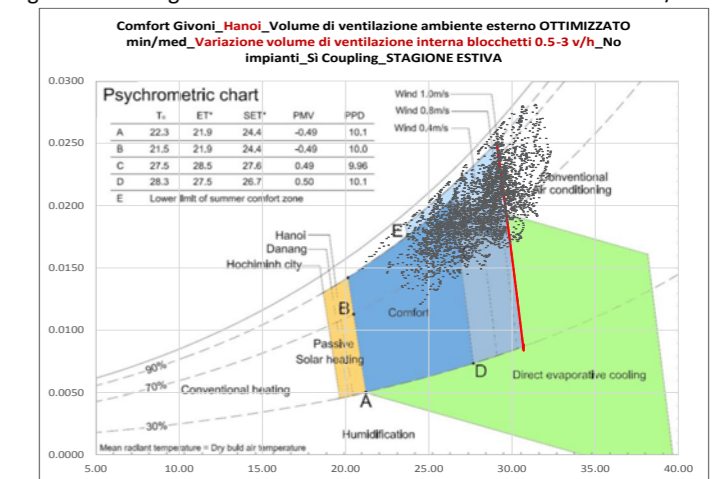


Figura 6.114 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Ottimizzata

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dall'analisi dei diagrammi si può notare come all'aumentare dei volumi di ventilazione, la nuvola di punti si sposti progressivamente verso l'alto. Tuttavia la percentuale di fuori dall'intervallo ideale, si attesta per entrambe le ventilazioni ottimizzate sul 17%, valore che risulta quindi inferiore a quelli delle rispettive fisse.

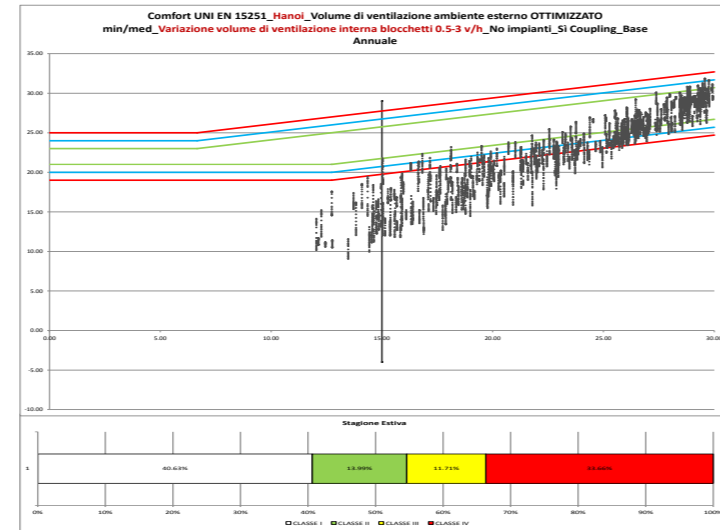


Figura 6.116 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Ott

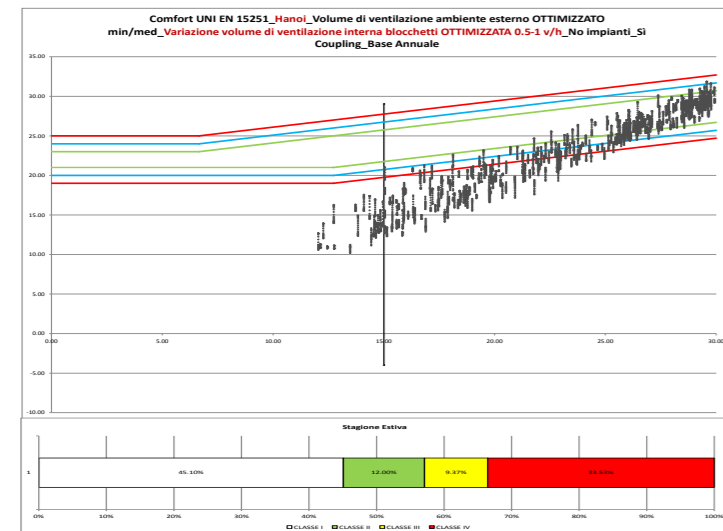


Figura 6.115 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Ott

ANALISI VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO BLOCCO RECEPTION OTTIMIZZATA: MILANO

TECNOLOGIA	Stratigrafia REALE
LOCALIZZAZIONE	Milano
ZONE TERMICHE ANALIZZATE	Tutte
INTERAZIONE ZONE TERMICHE	Si Coupling
VENTILAZIONE AMBIENTE ESTERNO	OTTIMIZZATA MINIMA 0.12 v/h dt<10°C MEDIA 0.79 v/h dt>10°C
VENTILAZIONE AMBIENTE INTERNO	OTTIMIZZATA 0.5 dt>5°C 1.0/3.0 v/h dt<10°C

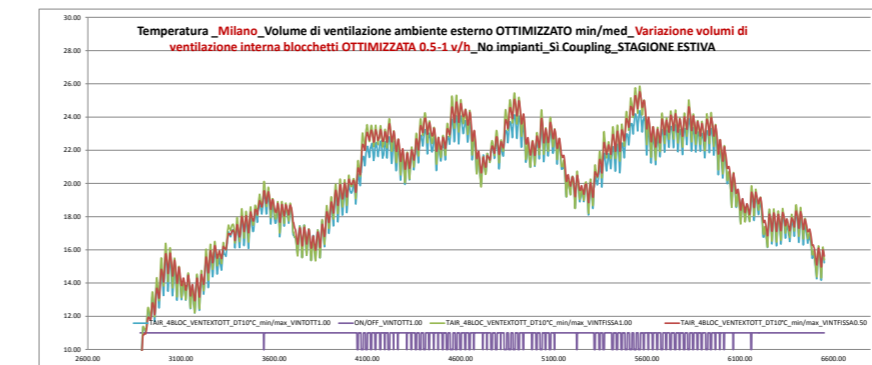


Figura 6.117 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h Ott

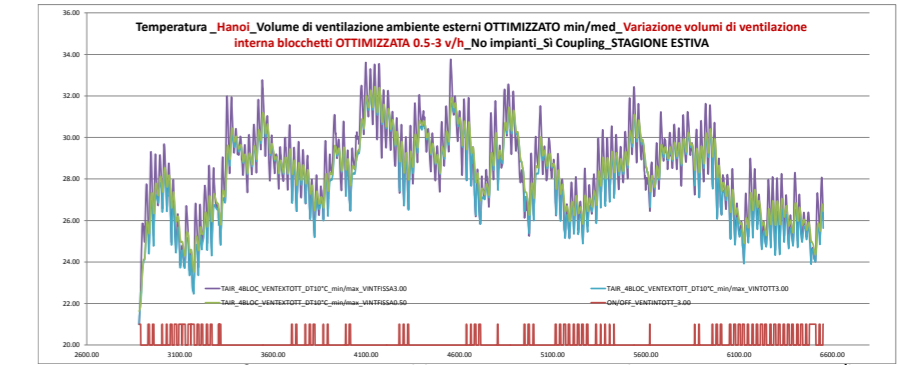


Figura 6.118 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h Ott

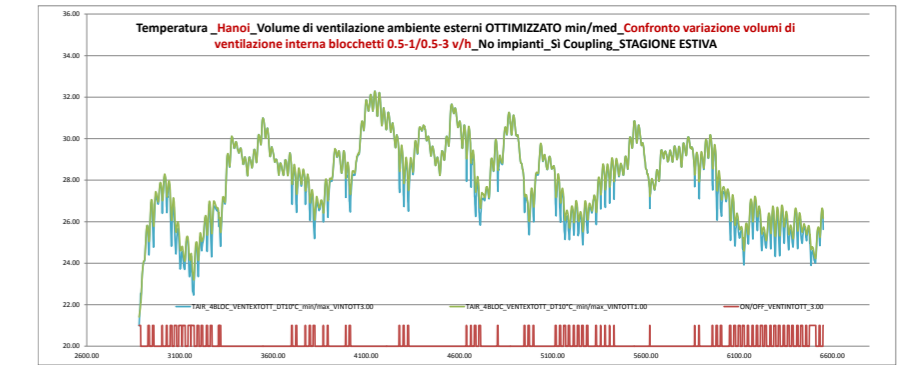


Figura 6.119 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna ott confronto

Nei grafici delle temperature delle singole ventilazioni possiamo notare come quella ottimizzata, oltre ad abbassare i picchi verso l'alto delle rispettive ventilazioni fisse, provoca un abbassamento generale anche del profilo inferiore delle temperature.

Nel confronto invece tra la ventilazione ottimizzata 0.5-1 v/h e 0.5-3v/h, possiamo notare come il profilo delle temperatura della ventilazione maggiore, risulta nella quasi totalità delle ore al di sotto di quella minore.

Inoltre, il grafico di attivazione della ventilazione massima, risulta pressoché uguale, quindi il variazione di volume non influenza a tal punto le temperature da variare il numero di attivazioni del sistema.

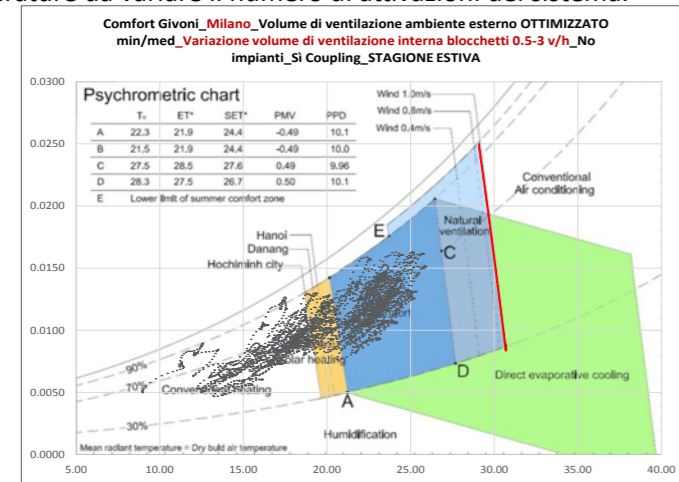


Figura 6.120 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Ottimizzata

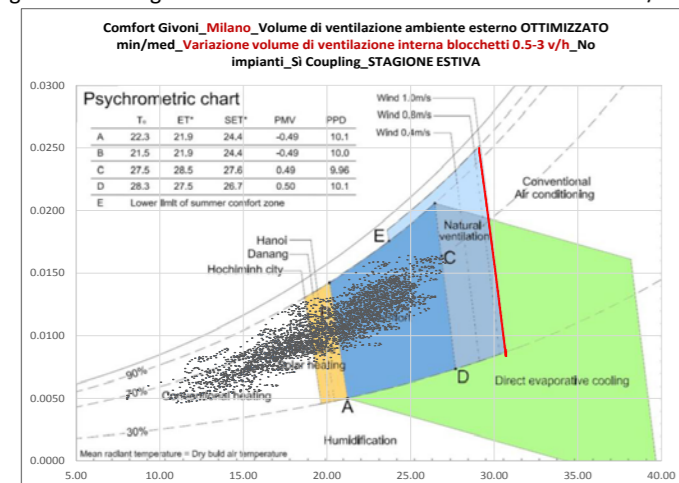


Figura 6.120 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Ottimizzata

Si analizza quindi il livello di comfort ottenuto all'interno del blocco reception attraverso il diagramma psicrometrico ampliato con la fascia di comfort derivante dalla ventilazione.

Dall'analisi dei diagrammi si può notare come all'aumentare dei volumi di ventilazione, la nuvola di punti si sposti progressivamente verso l'alto, tuttavia come nei casi precedentemente descritti, tutti i punti si attestano al di sotto del limite superiore di discomfort.

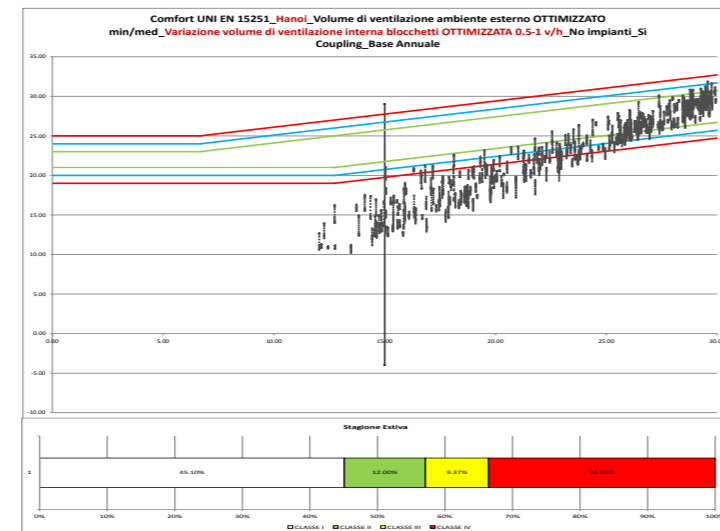


Figura 6.121 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Ott

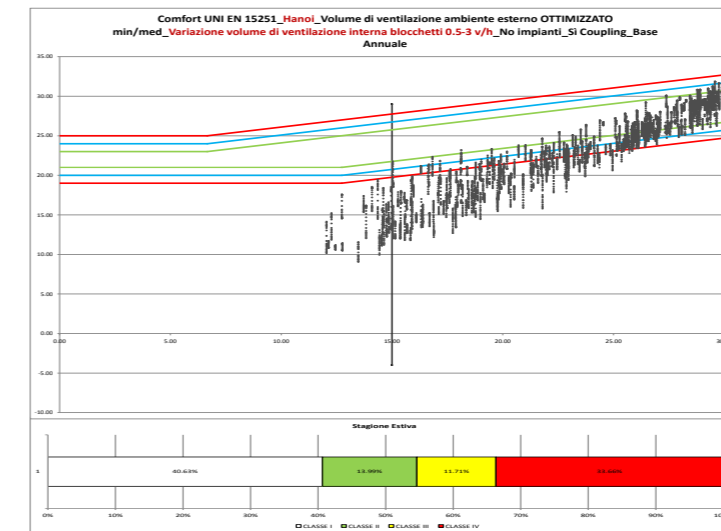


Figura 6.122 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Ott

6.6 CONCLUSIONI

L'analisi microclimatica è stata impostata con una triplice finalità: in primo luogo la verifica del funzionamento effettivo della grande copertura e del camino di ventilazione su spazi aperti; in seconda istanza l'analisi del comportamento dei blocchetti posti al di sotto di essa; ultimo, ma non meno importante, lo studio per una possibile applicabilità della soluzione progettuale in una località come Milano, caratterizzata da un clima temperato.

Per lo studio del camino di ventilazione, le simulazioni hanno confermato le ipotesi fatte, inoltre è stato possibile valutare una minima integrazione impiantistica, come la movimentazione automatizzata delle alette della parte sommitale del camino con l'ausilio di un sensore di controllo della temperatura, soluzione tuttavia scartata per la parziale inefficacia.

Da sottolineare la scelta progettuale di scartare la possibilità di una integrazione impiantistica massiccia, data dall'introduzione di un ventilatore in sommità, per la possibile sproporzione tra costi di installazione e manutenzione, rispetto agli effettivi benefici in termini di comfort.

Nota importante riguarda l'analisi del comfort, in fatti le metodologie utilizzate non sono state pensate per lo studio di uno spazio aperto, per questo era stato inizialmente ipotizzato un uso qualitativo, salvo poi alla fine riscontrare dei dati validi anche nel loro valore assoluto.

I risultati ottenuti per lo spazio aperto risultano molto soddisfacenti per la città di Hanoi; per la città di Milano invece, il sistema rientra pienamen-

te nei limiti di comfort probabilmente anche in misura superiore al caso della capitale vietnamita, tuttavia sia dalla verifica effettuata dal software Fluent, sia dalle simulazioni di Trnsys17, si nota come il sistema risulti non pienamente efficace e in alcuni casi sovradimensionato.

Lo studio del blocco reception-info point, è stato orientato all'analisi di diverse tipologie di ventilazione; in questo caso, adottando un sistema di ventilazione meccanica controllata, che non viene influenzata dalla fluidodinamica del sistema o dalle condizioni di vento, ma solo dalle temperature e indici di umidità, i dati delle due localizzazioni risultano paragonabili.

Considerazione a parte merita il confronto tra le due metodologie di controllo del comfort degli ambienti, quello proposto dalla norma UNI EN 15251 e quello del digramma psicrometrico di Givoni, che in alcuni casi hanno dato risultati notevolmente differenti.



07 CONCLUSIONI



Giunti al termine della trattazione del presente progetto di tesi si intende richiamarne alcuni degli aspetti che maggiormente lo hanno caratterizzato. Questo elaborato rappresenta la conclusione di un lungo percorso di studi architettonici ed ingegneristici, grazie a cui è stata consolidata l'idea che una progettazione di tipo multidisciplinare sia imprescindibile per unire la realtà ingegneristica ed architettonica che competono e completano un progetto. Ciò si è tradotto nell'elaborazione di scelte che hanno connotato il presente lavoro rendendolo frutto di decisioni compositive e tecnologiche. Ad ogni passo che ha caratterizzato l'evoluzione del progetto si è applicato un approccio di tipo interdisciplinare, giudicando allo stesso modo ogni aspetto saliente.

La progettazione all'interno di una realtà lontana dalla nostra, per aspetti socio-culturali, climatici, di usi e costumi, spinge il progettista ad andare oltre i dogmi e le idee che si era prefissato. Questo ha rappresentato lo stimolo e l'insegnamento maggiore tratti da questo lavoro di tesi. Ogni scelta, che fosse architettonica o ingegneristica, compositiva o materica, tecnologica o energetica, è stata il frutto di un'attenta analisi del contesto e della realtà in cui è sito il progetto. Questo processo è stata la linea guida ed il filo conduttore durante tutto il percorso di Rice Up per unire la volontà di rispetto delle tradizioni ad una loro rielaborazione per un uso innovativo. Si pensi all'attenzione dedicata allo studio sull'inserimento contestuale all'interno del piccolo villaggio di Phu Do, così come alla scelta dei materiali, che non solo rispettano gli usi delle tradizioni costruttive locali, ma anche i parametri di sostenibilità ambientale grazie all'utilizzo di materiali di riuso. Anche per quanto riguarda le strategie energetiche si può dire altrettanto. Particolare cura è stata posta allo studio approfondito della grande copertura in termini fluidodinamici e di comfort, convalidato a sua volta dall'analisi strutturale che ne conferma la validità.

08 BIBLIOGRAFIA
E INDICE DELLE FIGURE





8.1 BIBLIOGRAFIA

1 ANALISI PRELIMINARI

- Aimini M.: Hanoi 2050 - Trilogia di un paesaggio asiatico, Issuu, s.l., 2014
- AA.VV.: Hanoi - Capital City, Waibel, Hanoi, 2015
- AA.VV.: Hanoi - Baie d'Along, Petit Futè, s.l., 2013
- AA.VV.: Sustainability report Expo Milano 2015, Expo 2015 Company, Milano, 2013
- AA.VV.: Vietnam e Angkor Wat, Mondadori Electa, s.l., 2008
- Imperadori M., Brasca M.: Compasso Volante - Dieci anni insieme, Polipress, Politecnico di Milano, Milano, 2009
- Le Brusq A.: Vietnam a travers l'architecture colonial, Patrimoines et Medias, Chauray, 1999
- Mangin F.: Le patrimoine indochinois: Hanoi et autres sites, Recherches, Paris, 2006
- Paul L.: Viet Nam, Michel, Huet, 1998
- Sica M.: Viaggiatori italiani in Vietnam, Naham
- Thiveaud J.M., Culot M.: Architectures francaises outre-mer: Abidjian, Agadir, Alep, Alger, Bangui, Beyrouth, Brazzaville, Cansado, Casablanca, Conakry, Dakar, Damas, Hanoi, Libreville, Niamey, Orleansville, Ouagadougou, Riyadh, Tananarive, Tunis, Yaounde, Mardaga, Liege, 1992
- Vandeberghe T., Thys L.: Hanoi Street Food, Tielt, 2012
- Von Gerkan M., Goetze N.: The Hanoi Museum in Vietnam, Jovis Verlag, Berlin, 2014

SITOGRAFIA

- <http://194.199.207.180.8080/ListRecord.html>
- www.archdaily.com
- www.asi.it
- www.belleindochine.free.fr
- www.cmv-architect.co.uk
- www.fisterandpartners.com
- www.gmp-architrkten.de
- www.hanoiguide.net
- www.hpa.vn
- www.inhabitat.com
- www.issuu.com/matteo.aimini/docs/hn50_completo
- www.it.wikipedia.org
- www.letoilvietnam.com
- www.mentinfuga.com
- www.meteoam.it
- www.naturalis-expeditions.blogspot.it
- www.sapere.it
- www.sabrinacarbonte.wordpress.com
- www.streetfoodtourshanoi.blogspot.it
- www.travel.cnn.com
- www.vietnamfood.org
- www.vietnamvisto.com

2 PROGETTO ARCHITETTONICO

- Aimini M.: Hanoi 2050 - Trilogia di un paesaggio asiatico, Issuu, s.l., 2014
- Casale A., Valenti G.M., Calvano M.: Architettura delle superfici piegate: le geometrie che muovono gli origami, Edizioni Kappa, Roma, 2012

SITOGRAFIA

- <http://areeweb.polito.it/didattica/polymath/htmlS/probegio/GAMEMA-TH/Tangram/Tangram.htm>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Tangram>
- <http://www.lannaronca.it/programmazione/tangram.htm>
- http://www.schoolmate.it/index.php?option=com_content&view=article&id=60:la-leggenda&catid=22&Itemid=231

3 ENERGIA E TECNOLOGIA

- Bonanomi M., De Flumeri C., Lavagna M.: Edifici a consumo energetico zero Orientamenti normativi, criteri progettuali ed esempi di zero energy e zero emission buildings, Maggioli Editore, 2012
- Bruno S.: Progettazione bioclimatica e bioedilizia: manuale di architettura per edifici e impianti ecocompatibili, ilSole24ore, Milano, 2001
- Firrone T., Legno: tradizione e innovazione, Aracne Editrice, Milano, 2010
- Imperadori M.: Progettazione e Innovazione Tecnologica, Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura, Politecnico di Milano, A.A. 2012-2013
- Imperadori M., Senatore A.: Schematic Design, Tecniche ed esempi di comunicazione del progetto, Il Sole 24 Ore, Milano, 2008
- Masera G.: Progettazione degli elementi costruttivi, Facoltà di Ingegneria

- Edile-Architettura, Politecnico di Milano, A.A. 2009-2010
- Natterer J., Herzog T., Volz M.: Atlante del legno, UTET, Milano, 1999
- Olgay V.: Design with climate, Princeton university press, 1958
- Mocchi S.: Elogio della paglia_ Rivista Bioarchitettura

SITOGRAFIA

- <http://annaestefanoarchitetti.jimdo.com/che-cos-e-la-bioarchitettura/>
- http://costruire.laterizio.it/costruire/_pdf/n133/133_77.pdf
- http://italy.peacelink.org/ecologia/articles/art_7031.html
- <http://listserv.repp.org/mailman/listinfo/strawbale>
- <http://listserv.repp.org/pipermail/strawbale/1998-March/016405.html>
- <http://swarthmore.edu/es/strawbale.html>
- <http://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/case-paglia-tecnica-costruttiva-tempi-costi-585/>
- <http://www.balewatch.com/>
- http://www.caseinpaglia.it/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=58
- <http://www.centrodellisolante.com/bioedilizia.html>
- <http://www.inteext.it/cara-ti-presento-bio/>
- <http://www.lifegate.it/persona/stile-di-vita/domotica-casa-e-ambiente>
- <http://www.pavimentisulweb.it/guida/il-legno-piu-resistente-e-pregiato-il-teak-adatto-per-la-pavimentazione-con-parquet-e-per-esterni.html>
- <http://www.progettazionecasa.com/pallet-utilizzo-in-architettura>



4 PROGETTO STRUTTURALE

AA.VV.: UNI EN 1995-1-1, Eurocodice 5: Progettazione delle strutture di legno, 2004

AA.VV.: UNI EN ISO 8611-1: Pallets for materials handling - Flat pallets, Part 1: Test methods, 2012

AA.VV.: UNI EN ISO 8611-2: Pallets for materials handling - Flat pallets, Part 2: Performance requirements and selection of tests, 2012

AA.VV.: UNI EN ISO 8611-3: Pallets for materials handling - Flat pallets, Part 3: Maximum working loads, 2012

AA.VV.: Vietnamese standard, TCVN 2737:1995 2nd revision, Hanoi Colombo M.: Tecnica delle costruzioni, Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura, Politecnico di Milano, A.A. 2011-2012

Natterer J., Herzog T., Volz M.: Atlante del legno, UTET, Milano, 1999

Nguyen Dinh Toan: Vietnamese traditional wooden architecture, National Institute of Architectural Research and Ministry of construction Vietnam, Hanoi

Piazza M., Tomasi R., Modena R.: Strutture in legno. Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Hoepli, Milano, 2009

SITOGRAFIA

<http://english.vietnamnet.vn/fms/artentertainment/93753/thetilerooft-bridgeofluongpagoda.html>

http://it.opencrafts.org/wiki/Legno_dei_pallet#Usi_del_legno_dei_pallet

<http://www.conlegno.eu/it/comitati-tecnici/palok>

<http://www.talkvietnam.com/2013/06/hanoisonlyancientironwoodforestinthetalkofdyng/>

<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Lamiaceae/Tectona/>

5 VENTILAZIONE NATURALE

Bruno S.: Progettazione bioclimatica e bioedilizia: manuale di architettura per edifici e impianti ecocompatibili, ilSole24ore, Milano, 2001

Comini G., Savino S.: Fondamenti termodinamici dell'energetica, SGEEditoriali, Padova, 2011

De Santoli L., Mariotti M.: La ventilazione naturale - Il moto naturale dell'aria per il controllo delle condizioni ambientali, Dario Flaccovio editore, Milano, 2011

Grosso M., Peretti G.: Flussi d'aria e ventilazione naturale negli edifici, UNCSAAL, Torino, 1990

Grosso M.: Il raffrescamento passivo degli edifici, concetti, precedenti architettonici, criteri progettuali, metodi di calcolo e casi studio, Maggioli, Milano, 2011

Leone G.: Torri del vento, Casa & Clima n°19, Quine Business Publisher, 2009

Masetti P., Amista G.: La ventilazione comfort per gli edifici ad alte prestazioni energetiche, Maggioli, Milano, 2009

Szokolay S.V.: Introduzione alla progettazione sostenibile, Hoepli, Milano, 2010

SITOGRAFIA

<https://architettura.unige.it/did/l2/architettura/quarto0506/progettbioclimatica/matdid/32.pdf>

<https://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/131720/2/to%20Orbi%201.pdf>

https://it.wikipedia.org/wiki/Fluidodinamica_computazionale

http://www.casaclima.com/ar_9544__QUESITI-TECNICI-FAQ-INVOLUCRO-giuliana-leone--torri-del-vento-Torri-del-vento-principi-di-progettazione.html

http://www.iuav.it/Ateneo1/docenti/design-e-a/docenti-st/Romagno-ni-/materiali-/fisica-tec/lezione_11_ventilazione1.pdf

http://www.solerpalau.it/formacion_01_30.html

http://www.surra.it/files/ventilazione_naturale.pdf

6 COMFORT MICROCLIMATICO

AA.VV.: Certibuild - Metodi di calcolo per il sistema edificio - impianto, Erretiesse, Mareno di Piave

AA.VV.: TRNSYS17 Manual

AA.VV.: UNI-EN-ISO 7730, 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, 1997

AA.VV.: UNI EN 15251, Criteri per la valutazione dell'ambiente interno AERMEC: L'aria umida e l'uso del diagramma psicrometrico, La Casa del Clima, 03/2002

Anh-Tuan Nguyen: Analysis of passive cooling and heating potential in vietnam using graphical method and typical meteorological year weather

file

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers): Thermal Comfort Conditions, ASHRAE Standard, 55/66. New York, 1966

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers): Thermal environmental conditions for human occupancy, ASHRAE Standard 55-2004, Atlanta, 2004

Briganti A.: Il nuovo benessere termoigrometrico, Impianti Clima n°4, 2012

De Angelis E.: Il benessere termico, Politecnico di Milano

Humphreys M.A., Outdoor temperatures and comfort indoors, Building Research and Practice (J CIB) 6 (2), 1978

Mallik F.H.: Thermal comfort and building design in the tropical climates, Energy and Buildings 23, 161- 167, 1996

Salvalai G.: Sistemi edilizi ad alta efficienza energetica, Facoltà di Ingegneria Edile-Architettura, Politecnico di Milano, A.A. 2012- 2013

SITOGRAFIA

<http://sel.me.wisc.edu/trnsys/maillinglist/trnsysmaillinglist.htm>

<http://www.celenit.com>

<http://www.knauf.com>

<http://www.meteororm.com/>

<http://www.mygreenbuildings.org/2015/05/20/software-simulazione-dinamica-edifici.html>

http://www.solerpalau.it/formacion_01_30.html



8.2 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.5 Prof. Ing. Marco Imperadori durante una conferenza	14	Figura 1.23 Compasso al Segreen	20	Figura 1.48 Musica vietnamita	40	Figura 1.75 Catasto met' XX secolo	51
Figura 1.6 Prof. Ing. Marco Imperadori durante una conferenza ad Hanoi	14	Figura 1.24 Allestimento mostra	20	Figura 1.48 Teatro vietnamita	40	Figura 1.76 Plastico Hanoi	55
Figura 1.7 Workshop ad Hanoi, Vietnam	14	Figura 1.25 Allestimento mostra	20	Figura 1.49 Teatro delle marionette vietnamita	41	Figura 1.77 Mezzi di trasporto	55
Figura 1.8 Sito di progetto a Phu Do	15	Figura 1.26 Munari Politecnico	21	Figura 1.50 Ceramiche e manufatti in lacca	41	Figura 1.78 Motorini e biciclette ad Hanoi	55
Figura 1.10 Premiazione: menzione Rice Up	16	Figura 1.27 Mostra alla triennale	21	Figura 1.51 Manufatti in lacca	41	Figura 1.79 Binari passano tra le case	56
Figura 1.9 I ragazzi del Compasso Volante durante la cerimonia finale	16	Figura 1.28 Mostra alla Triennale	21	Figura 1.53 Tessuti vietnamiti tipici	42	Figura 1.80 Treno in Vietnam	56
Figura 1.11 Premiazione:menzione Rice Up	16	Figura 1.29 Visita Torre Isozaki	22	Figura 1.55 Strumenti musicali vietnamiti	42	Figura 1.81 Bonsai City	57
Figura 1.12 I ragazzi del Compasso Volante durante il workshop all'università di Hanoi	18	Figura 1.30 Visita Torre Isozaki	22	Figura 1.56 Strumenti musicali vietnamiti	42	Figura 1.82 Agglomerato di Tube House	57
Figura 1.13 Workshop "Thang Long Food and energy Urban Farm" all'università di Hanoi	18	Figura 1.32 Plastico Cluster del Riso	22	Figura 1.57 Produzione della carta di riso	43	Figura 1.83 Tipiche Tube House ad Hanoi	57
Figura 1.14 Campi di riso, Vietnam	19	Figura 1.31 Mostra Riso e Architettura	22	Figura 1.58 Produzione della carta di riso	43	Figura 1.84 Vermicelli di riso di Phu Do	72
Figura 1.15 Hanoi, Vietnam	19	Figura 1.33 Plastico stampante 3D Rice Up	22	Figura 1.60 La cultura del riso	43	Figura 1.85 Donna prepara vermicelli di riso	72
Figura 1.16 Street food nel centro di Hanoi, Vietnam	19	Figura 1.34 Mostra Nuce Phu Do	23	Figura 1.61 Sapa, Vietnam	44	Figura 1.86 Festa del serpente a Le Mat	73
Figura 1.17 Baia di Ha Long, Vietnam	19	Figura 1.35 Mostra Nuce Phu Do	23	Figura 1.62 Selezione riso	45	Figura 1.87 Negozio tipico di Le Mat	73
Figura 1.18 Cattedrale San Paolo ,Macao	19	Figura 1.36 Planisfero politico con lolalizzazione del Vietnam	26	Figura 1.63 Immersione del riso in acqua	45	Figura 1.88 Logo ufficiale di Expo Milano 2015	75
Figura 1.20 Hong Kong	19	Figura 1.37 Territorio Vietnamita	26	Figura 1.64 Macerazione del riso	45	Figura 1.89 Locandina dell'Esposizione Internazionale a Milano del 1906	75
Figura 1.19 Studio di Carlos Marreiros	19	Figura 1.38 Stagione dei monsoni in Vietnam	27	Figura 1.65 Lavorazione del riso	45	Figura 1.90 Mappa di Expo 2015	76
Figura 1.21 Studio di Rocco Yim, HongKong	19	Figura 1.39 Precipitazioni mensili	27	Figura 1.66 Vista di Hnaoi, Vietnam	47	Figura 1.91 Cluster Bio Mediterraneo	76
Figura 1.22 Segreen	20	Figura 1.40 Temperature medie mensili-umidità	27	Figura 1.67 Catasto 1803	49	Figura 1.92 Cluster Bio Mediterraneo	76
		Figura 1.41 Foreste tropicali pluviali	29	Figura 1.68 Catasto 1873	49	Figura 1.93 Cluster del riso	77
		Figura 1.42 Popolazione vietnamita	30	Figura 1.69 Ctasto 1885	50	Figura 1.94 Dettagli cluster riso	78
		Figura 1.43 Tratto ferroviario in Vietnam	32	Figura 1.70 Catasto 1890	50	Figura 1.95 Progetto iniziale Vietnam	78
		Figura 1.44 Trasporto e commercio lungo il fiume Mekong	33	Figura 1.71 Catasto 1943	51	Figura 1.96 Padiglione del Vietnam	79
		Figura 1.45 Mercato vietnamita	38	Figura 1.72 Catasto inizi XX secolo	51	Figura 1.97 Ispirazione del padiglione del Vietnam al fiore di loto	79
		Figura 1.46 Influenze coloniali nell'architettura	39	Figura 1.74 Catasto 1894	51	Figura 1.98 Schema funzionamento architettura tropicale	81
		Figura 1.47 Vestiti tipici della cultura Vietnamita	39	Figura 1.73 Catasto 1929	51		



Figura 1.99 Villaggi di palafitte	81	Figura 2.16 Pianta di dettaglio Produzione vermicelli	129	Figura 3.17 Balla di paglia	160	Figura 4.11 VanMe	198
Figura 1.100 Uso del bamboo in architettura	82	Figura 2.17 Pianta di dettaglio Casa Tipica e Ludoteca	130	Figura 3.18 Prova del Research Laboratory all'Universita di Kassel	163	Figura 4.12 BaHangChan	198
Figura 1.101 Pasona O2 Tokio	83	Figura 2.18 Vista d'insieme esploso del progetto	131	Figura 3.19 Sostenibilità della paglia	164	Figura 4.13 Decorazione legno	199
Figura 1.102 Pasona O2 Tokio	83	Figura 2.19 Primi sketch e viste concettuali	131	Figura 3.20 Tecnica Nebraska	165	Figura 4.14 Đình Bảng communal house	200
Figura 1.102 Stati Uniti - Urban Roof Farm & Garden New York	84	Figura 2.20 Dettaglio sul blocchetto Street Food del sistema di frangiso-		Figura 3.21 Infill bale walls	165	Figura 4.15 Tempio della Letteratura, Van Mieu, ad Hanoi	201
Figura 1.103 Urban Food Jungle- AECOM	84	le	131	Figura 3.22 Dimensioni dell' Europallet	166	Figura 4.16 Tile roof Bridge della Pagoda di Luong	202
Figura 1.104 Hong Kong - HK Farm	85	Figura 3.1 Classificazione climatica mondiale secondo il sistema Köppen		Figura 3.23 Possibili alterazioni del legno	168	Figura 4.17 Ponte Chua Cau, Hoi An	203
Figura 2.1 Sezioni ambientali del sito di progetto	98	Geiger	143	Figura 3.24 Pupa Pavilion	170	Figura 4.19 Pnd Bridge, dettagli interni	203
Figura 2.2 Esempio di stradina sterrata interna di Phu Do	101	Figura3.2 Irraggiamento mensile	143	Figura 3.25 Pallet Pavillion	170	Figura 4.21 Thanh Toan bridge, Hue	203
Figura 2.3 Vista del sito di progetto, oggi vuoto urbano	101	Figura3.4 Temperature mensili	143	Figura 3.26 Teatro di Kaltwasser	171	Figura 4.18 Pond Bridge, Hanoi	203
Figura 2.4 Carta del Nolli Phu Do, sito di progetto	102	Figura3.6 Precipitazioni	143	Figura 3.27 Foret II	171	Figura 4.20 Chua Thay, Hanoi, 1602	203
Figura 2.5 Carta del Nolli street food	102	Figura3.3 Irraggiamento giornaliero	143	Figura 3.28 Unit Load Redux	172	Figura 4.22 Phat Diem bridge, Kim Son	203
Figura 2.6 Tangram ed esempio di composizione con i suoi tan	103	Figura3.5 Temperature giornaliere	143	Figura 3.28 Unit Load Redux	172	Figura 4.23 Casa in legno a Hue	203
Figura 2.7 Esempi dell'uso della figura del dragone in Vietnam	107	Figura3.7 Soleggiamento	143	Figura 3.29 Esempi di utilizzo dei pallet nel design	173	Figura 4.24 Carta Vietnam, coefficiente W_0	208
Figura 2.8 Baia di Ha Long, ottava meraviglia del mondo	108	Figura 3.8 Temperatura media del vento	144	Figura 4.1 Percentuali di uso delle aree forestali. Fonte: Forest Protection		Figura 4.25 Tabella coefficiente k	209
Figura 2.9 Caratteristiche "Dragon tiles" vietnamite in terracotta	110	Figura 3.9 Umidità relativa del vento	144	Departmen	194	Figura 4.26 Tabella coefficiente c, blocchi Urban Farm	209
Figura 2.10 Tempio della Letteratura, Van Mieu, Hanoi	112	Figura 3.10 Direzione prevalente del vento	144	Figura 4.2 Tempio della letteratura, Hanoi	194	Figura 4.27 Tabella coefficiente c, copertura	209
Figura 2.11 Tipico "up&down" delle tube houses, qui a Phu Do, sul sito di progetto	115	Figura 3.11 Esempi di architettura Vietnamita per un clima caldo umido	147	Figura 4.3 Casa tipica rurale vietnamita	194	Figura 4.28 Tabella coefficiente c, copertura	209
Figura 2.12 Vista su tetti di Hanoi e dettaglio delle piramidi di ventilazio-		Figura 3.13 Dettaglio della copertura e dei frangisole degli edifici	150	Figura 4.4 Pagoda vietnamita	195	Figura 4.29 Tabelle carico variabili del vento copertura e blocchi Urban	
ne	115	Figura 3.14 Foresta di teak in Vietnam	155	Figura 4.5 Tempio vietnamita	195	Farm	210
Figura 2.13 Texture presenti nell'architettura rurale vietnamita, al museo		Figura 3.15 Esempio di costruzione in paglia	158	Figura 4.6 Portale bovi	196	Figura 4.30 Coefficienti combinazioni carichi variabili SLE	210
etnografico	116	Figura Sezione dello stelo di frumento e di riso	158	Figura 4.7 Due diverse tipologie di piedistallo tradizionale	196	Figura 4.31 Coefficienti combinazioni carichi variabili SLU	211
Figura 2.14 Pianta di dettaglio Reception	128	Figura Rappresentazione della produzione di cereali nel mondo	159	Figura 4.8 Edificio a più portali bovi	197	Figura 4.32 Esempio di uso strutturale di pallet	214
Figura 2.15 Pianta di dettaglio Street Food	129	Figura 3.16 Uso della paglia come isolante naturale	160	Figura 4.9 GiaChieng	197	Figura 4.33 Epal Pallet	215
				Figura 4.10 ChongRuong	197	Figura 4.34 Epal pallet componenti	215



Figura 4.35 Esempio di utilizzo di pallet	220	Figura 5.19 bedZED, Londra	266	Figura 5.38 Scelta del camino di ventilazione per lo studio fluidodinamico	286	Figura 6.7 Diagramma bioclimatico di Olgyay	332
Figura 4.36 Esempio di struttura in teak	222	Figura 5.20 CH2, Melbourne	266	Figura 5.39 Dettaglio e sezione del camino di ventilazione	287	Figura 6.8 Diagramma psicrometrico	333
Figura 4.37 Graticcio incernierato SAP2000	241	Figura 5.23 Zion National Park Visitor Centre Utah	266	Figura 5.40 Esempi di applicazione di CFD	291	Figura 6.9 Diagramma di Givoni	334
Figura 4.38 Grafico freccia graticcio incernierato SAP2000	241	Figura 5.22 Lanchester Library, Coventry	266	Figura 5.41 Creazione della geometria del camino	294	Figura 6.10 Schema semplificato di scambi termici tra vegetazione e ambiente	336
Figura 4.39 Grafico freccia, momento, taglio graticcio incastrato SAP2000	242	Figura 5.21 Portcullis House, Londra	266	Figura 5.42 Creazione delle mesh	294	Figura 6.11 Regime di flusso da ostacolo separato, regime di flusso a scie interferenti, regime di flusso pseudo-laminare.	338
Figura 5.1 Smodato utilizzo di condizionatori per il raffrescamento a Macao	254	Figura 5.24 Igloo eschimesi (miglior rapporto superficie/volume)	272	Figura 5.43 Inlet in direzione S/O	294	Figura 6.12 Scala di Beaufort	339
Figura 5.2 Esempio di ventilazione naturale: Il Reichstag a Berlino di Norman Foster	254	Figura 5.25 La casa proposta da Socrate (400 a.C. circa) per un clima temperato	273	Figura 5.44 Outlet in direzione opposta all'Inlet alla base e sulle pareti della lanterna	294	Figura 6.13 Effetto della ventilazione sul corpo umano	340
Figura 5.3 Diverse modalità di interazione flusso-solido	256	Figura 5.26 Esempio di architettura in clima caldo-secco. Alcazar, Andalusia.	274	Figura 5.45 Fluide	295	Figura 6.13 Simulazione dinamica	345
Figura 5.4 Ipotesi di vento perpendicolare	257	Figura 5.27 Tongkonan dei Toraja, Indonesia e capanna adatta al clima caldo umido	275	Figura 5.46 Condizioni al contorno Inlet	295	Figura 6.14 Schermata Simulation Studio	348
Figura 5.5 Ipotesi di vento obliquo	257	Figura 5.28 Stagione delle piogge, Vietnam	276	Figura 5.47 Condizioni al contorno Outlet	295	Figura 6.15 Pianta generale Rice Up	348
Figura 5.6 Influenza della densità edilizia	257	Figura 5.29 Diagramma Psicrometrico	279	Figura 5.48 Andamento tipico dei residui numerici nelle simulazioni svolte	295	Figura 6.17 Modello Sketchup Generale	349
Figura 5.7 Ostacoli e flussi d'aria	258	Figura 5.30 Tipica giornata di foschia ad Hanoi	282	Figura 5.49 Schemi di funzionamento per il camino solare	299	Figura 6.16 Masterplan Rice Up	349
Figura 6.9 Effetto buco, ugello, deviazione	258	Figura 5.31 Previsione errata della zona di comfort per Hanoi con metodo "Szokolay"	282	Figura 5.50 Grafico delle temperature ottenuto con Trnsys17 relativo ad Hanoi	300	Figura 6.17 Modello Sketchup zona bassa	350
Figura 5.10 Torre del vento a flusso d'aria discendente	261	Figura 5.32 Diagramma psicrometrico adattato al clima caldo umido di Hanoi	283	Figura 5.51 Grafico delle temperature ottenuto con Trnsys17 relativo a Milano	300	Figura 6.18 Modello Sketchup zona intermedia	350
Figura 5.11 Torre del vento flusso d'aria ascensionale	261	Figura 5.33 Miglioramento del comfort con diverse strategie	284	Figura 6.1 Sensazioni che determinano il comfort	325	Figura 6.19 Modello Sketchup zona alta	350
Figura 5.12 Malqaf	262	Figura 5.34 Miglioramento del comfort durante le 4 stagioni e durante i 12 mesi di Hanoi	284	Figura 6.2 Temperature superficiali di un corpo umano abbigliato	327	Figura 6.20 Modello Sketchup blocco reception	350
Figura 5.13 Funzionamento del Malqaf	262	Figura 5.36 Schematic Design	285	Figura 6.3 Variazioni delle temperature interne del corpo umano	327	Figura 6.21 Confronto temperatura annuale	353
Figura 5.14 Bagdir	262	Figura 5.37 Aperture e ventilazione nel blocco dello Street Food	286	Figura 6.4 Gli scambi di calore del corpo umano	328	Figura 6.22 Confronto temperatura estiva	353
Figura 5.15 Funzionamento	262			Figura 6.5 Termometro a globo	329	Figura 6.23 Confronto umidità relativa annuale	353
Figura 5.17 Piramide di estrazione dell'aria e boiler	263			Figura 6.6 Modello psico-fisiologico di Auliciems	331	Figura 6.24 Confronto umidità relativa annuale	353
Figura 5.16 Tipica veduta dall'alto di città vietnamite	263					Figura 6.25 Confronto radiazione totale annuale	354
Figura 5.18 Queens building de monfort university, Leicester	266					Figura 6.26 Camino vento medio e cielo sereno	355
						Figura 6.27 Camino vento minimo e cielo coperto	355



Figura 6.28 Schermata impostazione coupling	362	Figura 6.50 Grafico temperature zona bassa	372	Figura 6.67 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione cami-	sa 1v/h	386
Figura 6.29 Grafico temperature no coupling	362	Figura 6.51 Grafico temperature zona alta	373	no ottimizzata minima-media		380
Figura 6.30 Grafico temperature sì coupling	363	Figura 6.52 Grafico temperature confronto zona bassa e alta	373	Figura 6.68 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata mini-	Figura 6.81 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fis-	sa 3v/h
Figura 6.31 Grafico temperature confronto no coupling sì coupling	363	Figura 6.53 Grafico differenza temperatura	373	ma-media		381
Figura 6.32 Grafico differenza temperatura	363	Figura 6.54 Diagramma comfort ventilazione camino fissa minima	374	Figura 6.69 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata nul-	Figura 6.82 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione inter-	na fissa 0v/h
Figura 6.33 Grafico temperature no coupling	364	Figura 6.56 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione cami-	no fissa minima			381
Figura 6.34 Grafico temperature sì coupling	364	Figura 6.55 Diagramma comfort ventilazione camino fissa media	374	Figura 6.70 Grafico temperature zona alta confronto ventilazioni ottimiz-	Figura 6.83 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione inter-	na fissa 0.5v/h
Figura 6.35 Grafico temperature confronto no coupling sì coupling	364	Figura 6.57 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione cami-	no fissa media			381
Figura 6.36 Grafico differenza temperatura	365	Figura 6.58 Type 2B Ventilazione ottimizzata Simulation Studio	377	Figura 6.71 Grafico temperature zona bassa ventilazione ottimizzata mi-	Figura 6.84 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione inter-	na fissa 1v/h
Figura 6.36 Tabella portate Fluent cielo coperto	367	Figura 6.59 Schermata ventilazione ottimizzata Trnbuild	377	nima-media		382
Figura 6.37 Tabella portate Fluent cielo sereno	367	Figura 6.60 Schermata impostazione input Trnbuild	377	Figura 6.72 Grafico temperature zona bassa confronto ventilazioni otti-	Figura 6.85 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione inter-	na fissa 3v/h
Figura 6.38 Camino vento minimo e cielo coperto	368	Figura 6.61 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata mini-	ma-media			382
Figura 6.39 Camino vento medio e cielo sereno	368	Figura 6.62 Grafico temperature zona alta ventilazione ottimizzata nul-	la-media			378
Figura 6.40 Schermata ventilazione fissa Trnbuild	368	Figura 6.63 Grafico temperature zona alta confronto ventilazioni ottimiz-	zate			378
Figura 6.41 Schermata impostazione valori Trnbuild	368	Figura 6.64 Grafico temperature zona bassa ventilazione ottimizzata mi-	nima-media			379
Figura 6.42 Grafico temperature zona bassa	369	Figura 6.65 Grafico temperature zona bassa confronto ventilazioni otti-	mizzate			379
Figura 6.43 Grafico temperature zona alta	369	Figura 6.66 Diagramma comfort ventilazione camino ottimizzata mini-	ma-media			379
Figura 6.44 Grafico temperature confronto zona bassa e alta	369			Figura 6.73 Diagramma comfort ventilazione camino ottimizzata mini-	ma-media	382
Figura 6.45 Grafico differenza temperatura	370			Figura 6.74 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione cami-	no ottimizzata minima-media	383
Figura 6.46 Diagramma comfort ventilazione camino fissa minima	371			Figura 6.75 Schermata ventilazione interna fissa Trnbuild		385
Figura 6.47 Diagramma comfort ventilazione camino fissa media	371			Figura 6.76 Schermata impostazione input Trnbuild		385
Figura 6.48 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione cami-	no fissa minima			Figura 6.77 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna	fissa	385
Figura 6.49 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione cami-	no fissa media			Figura 6.78 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception fis-	sa nulla	386
				Figura 6.79 Diagramma comfort ventilazione interna blocco reception	0.5v/h	386
				Figura 6.80 Diagramma comfort ventilazione interna blocco recepito	fis-	386



Figura 6.84 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 1v/h	391	na 0.5-3v/h Diu	396
Figura 6.85 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna fissa 3v/h	391	Figura 6.98 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Not	396
Figura 6.86 Schermata ventilazione interna diurna Trnbuild	393	Figura 6.99 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h nott/diu	397
Figura 6.87 Schermata impostazione dati Trnbuild	393	Figura 6.100 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h nott/diu	397
Figura 6.88 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h nott/diu	393	Figura 6.101 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna confronto	397
Figura 6.89 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h nott/diu	394	Figura 6.102 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Diurna	398
Figura 6.90 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna confronto nott/diu	394	Figura 6.103 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Notturna	398
Figura 6.91 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Diurna	394	Figura 6.104 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Diurna	398
Figura 6.92 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Notturna	395	Figura 6.105 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Notturna	399
Figura 6.93 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Diurna	395	Figura 6.107 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Not	399
Figura 6.94 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Notturna	395	Figura 6.106 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Diu	399
Figura 6.95 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Diu	396	Figura 6.108 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Diu	400
Figura 6.96 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Not	396	Figura 6.109 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Not	400
Figura 6.97 Grafico e footprint comfort UNI EN 15251 Ventilazione inter-			

Figura 6.110 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h Ott	402	na 0.5-1v/h Ott	406
Figura 6.111 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h Ott	403	Figura 6.122 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Ott	407
Figura 6.112 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna ott confronto	403		
Figura 6.113 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Ottimizzata	403		
Figura 6.114 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Ottimizzata	403		
Figura 6.115 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-1v/h Ott	404		
Figura 6.116 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione interna 0.5-3v/h Ott	404		
Figura 6.117 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-1v/h Ott	405		
Figura 6.118 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna 0.5-3v/h Ott	405		
Figura 6.119 Grafico temperature blocco reception ventilazione interna ott confronto	405		
Figura 6.120 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-1v/h Ottimizzata	406		
Figura 6.120 Diagramma comfort ventilazione interna blocco 0.5-3v/h Ottimizzata	406		
Figura 6.121 Grafico e footprint comfort UNI EN15251 Ventilazione inter-			

RINGRAZIAMENTI

Giunti alla conclusione di questo lungo percorso vogliamo ringraziare le persone che ci hanno accompagnati e guidati, in primo luogo il Professori Gabriele Masera e Marco Imperadori che ci hanno permesso di partecipare alla fantastica esperienza che è stato il “Premio Compasso Volante” e le iniziative ad esso legate.

Al Professor Gabriele Masera, guida sempre presente ed attenta, va un ringraziamento particolare per aver saputo stimolarci ed incitarci durante tutto il percorso di tesi.

Al Professor Marco Imperadori, per la disponibilità e per il tempo a noi dedicati, oltre per la fiducia riposta all’inizio di questo percorso.

Al Professor Matteo Colombo, per il supporto e l’aiuto fornito durante la progettazione strutturale del nostro complesso.

Al Professor Oscar Pagani, per il cordiale supporto fornito durante lo studio degli aspetti fluidodinamici del nostro progetto.

Al gruppo del Compasso Volante 2014, per aver condiviso le esperienze indimenticabili e per aver affrontato il faticoso percorso insieme.



THANG LONG FOOD AND ENERGY URBAN FARM
Design of a sustainable building in Hanoi, towards Expo 2015