

VENTILAZIONE NATURALE

il progetto dei movimenti di apertura dei serramenti, delle facciate e delle coperture ventilate

FABRIZIO TUCCI

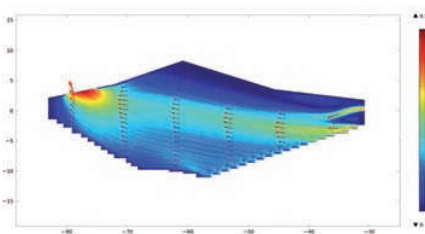
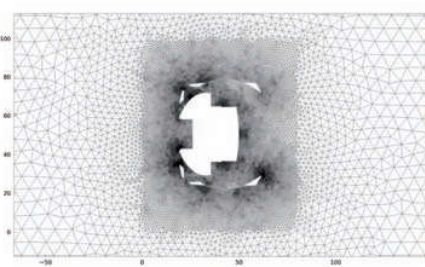
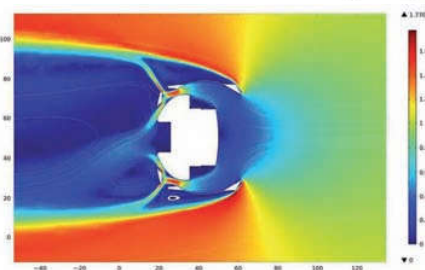
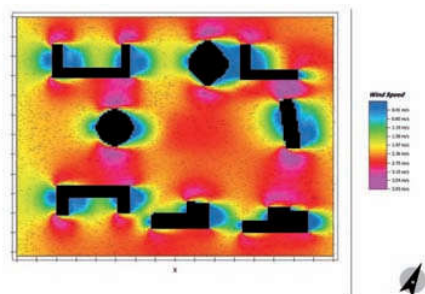
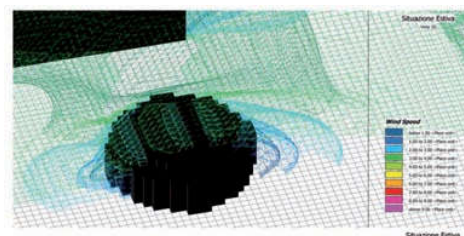
Concludo con questo articolo, che rappresenta una sorta di terza ed ultima puntata, un excursus di considerazioni che ho sviluppato sulle potenzialità insite nell'impiego delle masse d'aria in architettura e nel controllo della fluidodinamica negli edifici, pubblicate sulle pagine di questa rivista (cfr. Modulo n.363, 2010 e cfr. Modulo n.380, 2012). Nel passare in rassegna critica le opportunità offerte dall'uso ed integrazione progettuale delle tre famiglie di sistemi tecnologici per la captazione, distribuzione ed espulsione dell'aria rappresentate dalle Torri di ventilazione, i Canali di ventilazione e le Piastre di ventilazione (oggetto del mio primo articolo), a cui si erano aggiunte le note sulla serie delle quattro questioni-chiave che incidono fortemente sugli esiti della ventilazione in termini di efficacia nell'architettura quali il fattore forma, la tipologia edilizia, la distribuzione interna e la presenza o meno di "spazi vuoti" potenzialmente bioclimatici (oggetto del mio secondo articolo), mancavano a completare il quadro complessivo della trattazione i due fondamentali temi capaci di incidere fortemente sull'efficienza dei risultati derivanti dall'impiego della ventilazione: quello relativo ai tipi di aperture, comprese le necessarie considerazioni sul loro posizionamento e dimensionamento, e quello relativo alle tipologie d'involucro architettonico, che vedono protagoniste la facciata ventilata e la copertura ventilata, su cui non mi soffermo, se non sinteticamente essendo stato oggetto nel tempo di molti contributi su Modulo. E' su di essi che si concentra la trattazione di questo terzo articolo.

MODULO PAROLE CHIAVE

FLUODINAMICA – TORRI DI VENTILAZIONE – PIASTRE DI VENTILAZIONE – CANALI DI VENTILAZIONE – CHIOSTRINE – ATRI BIOCLIMATICI – SISTEMI DI APERTURA - FACCIATE VENTILATE - COPERTURA VENTILATE

AUDITORIUM

Progetto di un auditorium – Esempi di simulazioni fluidodinamiche nel rapporto esterno-interno



Tipologie dei principali sistemi di apertura per la ventilazione, i serramenti, i torrini

Cominciamo innanzitutto con l'analizzare i principali sistemi di apertura, che possono essere suddivisi in base al tipo di applicazione ed al dispositivo tecnologico utilizzato:

Aperture permeabili esterne laterali e schermi protettivi

Ne esistono molti tipi che possono essere valutati sulla base delle prestazioni relative alla ventilazione naturale. I requisiti principali riguardano la quantità di superficie resa disponibile per il passaggio dell'aria, la flessibilità di utilizzo e la possibilità di regolare la direzione del flusso nell'ambiente. E' di una certa rilevanza anche la tenuta all'aria, soprattutto a quella in entrata. Le infiltrazioni non controllate in inverno possono infatti raffreddare lo spazio interno con conseguenze negative sul comfort e sui consumi energetici.

Di seguito viene presentato un elenco dei sistemi più comuni con la descrizione delle loro caratteristiche più importanti in relazione ai requisiti citati.

Anta con rotazione su asse verticale laterale: è il sistema più diffuso in Italia. La variante con l'apertura dei battenti verso l'esterno offre le prestazioni di tenuta migliori grazie alla pressione del vento che rafforza il contatto con la battuta al contrario di quanto avviene con l'apertura verso l'interno. Inoltre le ante esterne non limitano il flusso all'interno, agevolando la ventilazione delle zone laterali.

- Anta con rotazione su asse verticale intermedio: offre il vantaggio di poter direzionare il flusso in orizzontale e, nel caso di apertura singola, agevola la formazione di una doppia corrente nelle due porzioni dell'apertura.

- Anta con rotazione su asse orizzontale superiore (a visiera) o inferiore (a vasistas): limitano l'area apribile della finestra e di conseguenza la portata d'aria. Il vasistas con apertura verso l'esterno può agevolare l'espulsione dell'aria esausta verso l'alto.

- Anta scorrevole complanare orizzontale o verticale: consente una regolazione flessibile ma ha lo svantaggio di ridurre l'area apribile della finestra a metà della sua superficie; il problema può essere risolto con l'uso di scorrevoli ad incasso, che comportano però maggiori costi e difficoltà di manutenzione e pulizia.

- Oscillo-battente: offre grande flessibilità d'uso perché nelle diverse configurazioni può funzionare sia come un battente che come un vasistas.

- Fisarmonica: può essere regolata come uno scorrevole ma consente l'apertura dell'intera superficie disponibile, anche se l'aumento del numero di giunti può però creare problemi di tenuta alle infiltrazioni.

- Lamelle orientabili: consentono l'apertura di quasi tutta la superficie disponibile ed il direzionamento del flusso nella direzione perpendicolare all'asse di rotazione, ma hanno lo svantaggio di offrire una scarsa tenuta all'aria per via dei molti giunti fra le singole lamelle.

- Schermi protettivi: sono elementi aggiuntivi rispetto alle chiusure già descritte e assicurano contemporaneamente la protezione solare e la ventilazione naturale. Sono disponibili con sistemi di apertura ad anta (con pannelli o doghe), scorrevoli e a visiera. E' possibile utilizzare a questo scopo anche delle tende interne, che però hanno lo svantaggio di ridurre la velocità dell'aria nell'ambiente.

Aperture permeabili esterne superiori

Questo tipo di aperture è stato classificato in base alla disposizione sulla coperture ed alle caratteristiche morfologiche. Sono di seguito sinteticamente descritte le principali categorie di sistemi.

- Aperture complanari al tetto: possono essere regolate da chiusure vetrate planari, a cupola, voltate o piramidali e, quando sono collocate su coperture piane, sono utilizzate come aperture di uscita per i sistemi di ventilazione che utilizzano l'effetto camino. Se sono collocate su falde inclinate, si comportano, analogamente alle aperture laterali, in funzione delle pressioni generate dall'effetto del vento sulla superficie di appartenenza.

- Aperture con piano di apertura verticale: fanno parte di questa categoria gli abbaini e gli shed, che possono essere sfruttati, a seconda dell'orientamento rispetto alla direzione dei venti, sia per l'espulsione dell'aria che per la captazione del vento in quota, dove gli ostacoli alla circolazione dell'aria sono minori e la velocità maggiore.

- Aperture speciali: sono quelle aperture in grado di sfruttare al meglio la pressione del vento ed i moti

convettivi grazie ad alcuni accorgimenti tecnici che esaltano i fenomeni naturali sfruttati per la ventilazione naturale. I torrini di estrazione incrementano il tiraggio dell'aria grazie all'azione del vento, mentre i camini solari assolvono la stessa funzione sfruttando il calore del sole. I torrini a doppio flusso, con una sezione divisa in due condotti indipendenti e le aperture esposte su fronti opposti, sono in grado di svolgere contemporaneamente la funzione di captatori ed estrattori, grazie alle opposte pressioni generate dal vento sulle due aperture speculari. Le volte dei venti sono invece sistemi molto flessibili, caratterizzati da due alettoni curvi che, modificando la loro configurazione, possono adattarsi alle condizioni del momento e svolgere le funzioni più appropriate alle circostanze. Sono in grado di funzionare sia come captatori che come estrattori, sfruttando all'occorrenza sia la pressione del vento che l'effetto camino.

Posizionamento e dimensionamento delle aperture per la ventilazione

Il posizionamento e la conformazione delle aperture permeabili all'aria da utilizzare per la ventilazione passiva vanno progettati in funzione della strategia di ventilazione che verrà adottata nell'edificio. In primo luogo va stabilito se si mira ad ottenere una ventilazione per effetto dovuto prevalentemente alla portata diretta del vento, per effetto Venturi, o per combinazione di questi. In seguito, in riferimento alla funzione di raffrescamento, va definito il ruolo principale da assegnare alla ventilazione naturale, che può essere indirizzata verso il raffrescamento corporeo o verso il raffrescamento strutturale.

Il dimensionamento delle aperture va invece calcolato sulla base della portata che si desidera ottenere e della velocità dell'aria che si vuole realizzare nell'ambiente.

Nel caso di ventilazione per effetto diretto della portata del vento, per massimizzare la portata d'aria le aperture d'ingresso e di uscita vanno dunque posizionate nei punti in cui sia massima la differenza di pressione.

Nel caso dell'effetto camino si dovrà invece incrementare il più possibile la differenza di quota delle aperture, ponendo quella in basso (di ingresso) sul versante sopravento per sfruttare l'effetto combinato del vento e comunque per evitare che i due meccanismi entrino in conflitto.

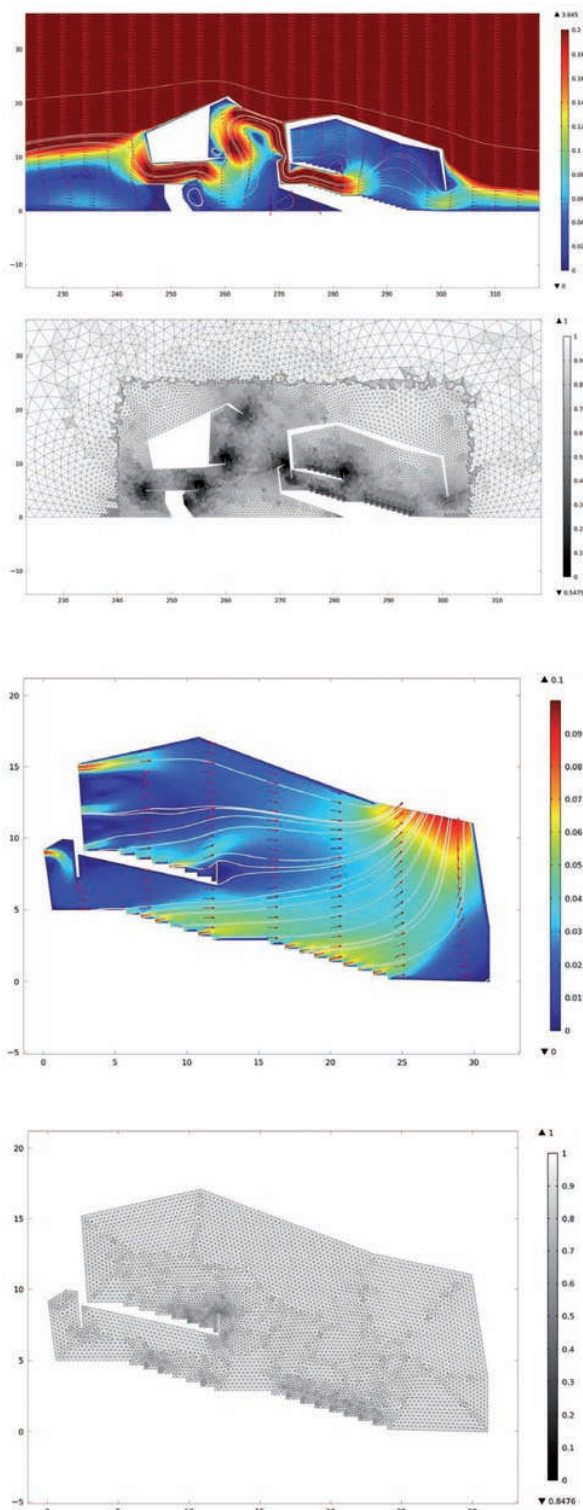
A questo punto, se l'obiettivo è il raffrescamento corporeo il flusso d'aria deve essere indirizzato ad altezza d'uomo, mentre se si vuole disperdere il calore accumulato nelle strutture, la corrente va direzionata verso il soffitto o il pavimento. Lo scopo può essere raggiunto sia variando l'altezza delle aperture sia usando dispositivi di direccionamento, come gli aggetti, le ante, o le lamelle degli schermi protettivi applicati alle finestre.

Infine, l'entità della portata sarà determinata dalla dimensione e dalla forma delle aperture: sarà proporzionale (anche se in modo non lineare) all'area delle aperture ed ai coefficienti di perdita di carico delle aperture.

I valori di tali coefficienti sono tabellati e dipendono dal rapporto fra l'area della finestra e quella della parete di appartenenza, dalla posizione della finestra sulla parete stessa, dal rapporto fra le dimensioni dell'apertura e le dimensioni della sezione trasversale al flusso, dal rapporto fra area delle aperture di uscita e di ingresso.

CENTRO CONGRESSI

Progetto di un centro congressi - Studio della ventilazione naturale per un concorso di progettazione di un centro congressi



L'effetto camino delle facciate ventilate: in estate si sottrae calore per convezione, in inverno si riduce il rischio di condensa e si smaltisce il vapore

Come noto, le facciate ventilate sono costituite da due strati separati da un'intercapedine d'aria con aperture verso l'esterno e/o l'interno che consentono il passaggio dell'aria da e verso l'intercapedine. Le aperture possono essere poste solo in cima e alla base della parete o di sezioni di essa, oppure possono essere realizzate semplicemente sfruttando i giunti lasciati aperti fra le lastre del rivestimento esterno. Come premesso, visto che l'argomento è stato trattato spesso su Modulo, molto sinteticamente accenno solo agli aspetti relativi alle diverse combinazioni dei due strati.

- Strati opaco interno / opaco esterno

È la soluzione più comune e normalmente viene realizzata con la successione, dall'interno verso l'esterno, di strato strutturale, strato isolante, intercapedine ventilata e rivestimento esterno. Quest'ultimo viene montato perlopiù a secco su strutture metalliche e può constare dei materiali più diversi, come pietra, laterizi o legno, in funzione dell'aspetto estetico e delle prestazioni termiche da conseguire.

I materiali più pesanti garantiscono una maggiore inerzia termica, quelli più leggeri un migliore isolamento.

- Strati trasparente interno / trasparente esterno

È un sistema valido quando si ha la necessità di progettare grandi superfici vetrate e garantisce buone prestazioni termiche (nell'ambito degli involucri trasparenti), unite con ottime potenzialità per l'illuminazione naturale ed il riscaldamento passivo diretto. La continuità dell'intercapedine deve comunque essere interrotta in corrispondenza delle aperture per la ventilazione degli ambienti interni al fine di evitare interferenze fra i due flussi d'aria. Inoltre, le pareti con esposizione nel quadrante meridionale hanno bisogno di dispositivi frangisole per prevenire il surriscaldamento dei locali interni nella stagione calda. Tali dispositivi possono trovare posto nell'intercapedine, avendo cura di lasciare sufficiente spazio libero per la circolazione dell'aria.

- Strati opaco interno / trasparente esterno

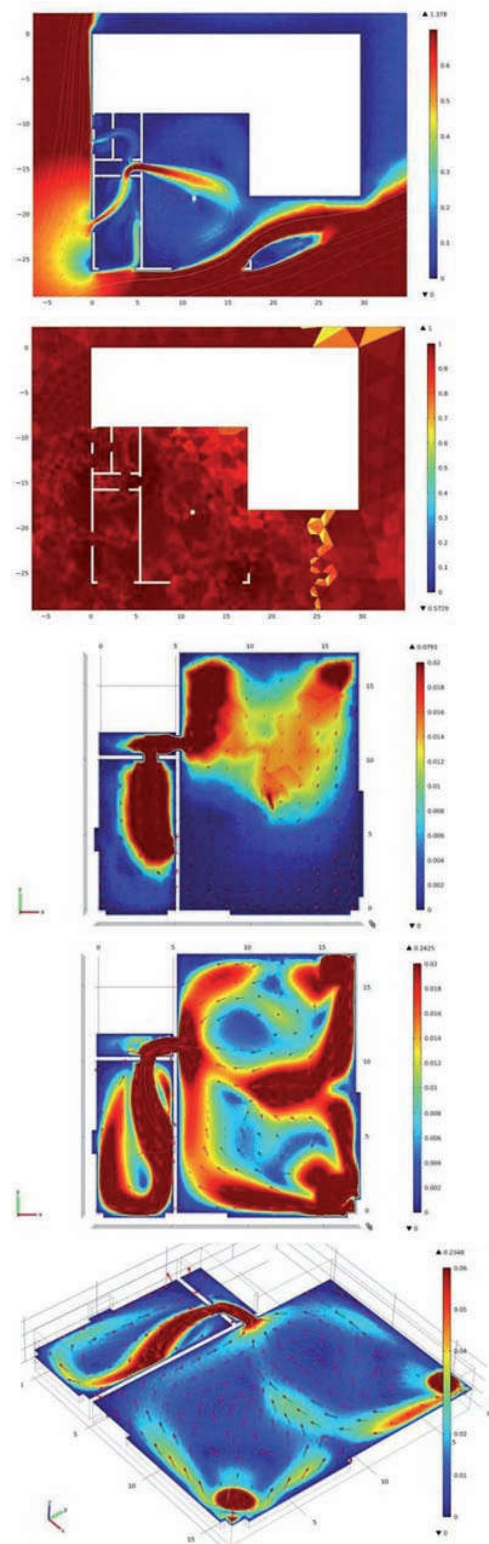
Questa soluzione produce un accumulo di calore nello strato interno della parete per effetto serra e può quindi considerarsi un sistema di riscaldamento passivo con un funzionamento simile a quello dei muri Trombe-Michelle. Il percorso dell'aria dovrebbe variare da esterno-interno durante il periodo di riscaldamento a esterno-esterno o interno-esterno durante il resto dell'anno. Anche in questo caso sarà comunque necessario schermare le superfici vetrate nei mesi caldi.

- Strati trasparente interno / opaco esterno

L'applicazione di uno strato trasparente internamente può essere abbinata a quella di uno strato semiopaco o ad opacità variabile sul lato esterno. Questa soluzione consente di regolare la luce in ingresso, sfruttando l'energia solare per il riscaldamento in inverno e proteggendo dal surriscaldamento in estate.

MENSA SCOLASTICA

Progetto di una mensa scolastica – Modellazione fluidodinamica per un modulo di una mensa scolastica-tipo



Coperture ventilate: la differenza di quota e di esposizione determina un funzionamento diverso rispetto a quello dell'involucro ... con il plus del raffrescamento passivo radiativo

Le considerazioni fatte per le facciate ventilate sono in buona parte valide anche nel caso delle coperture, che vengono realizzate con intenti analoghi e funzionano in virtù degli stessi principi. Tuttavia, tralasciando le ovvie differenze costruttive fra pareti e coperture, che riguardano anche i sistemi tradizionali, vanno evidenziate alcune diversità che influiscono sulle modalità di realizzazione e sul funzionamento dei due sistemi, prime fra tutte la differenza di quota (più elevata) e di esposizione (pressoché orizzontale anziché verticale) delle coperture, che determinano diverse interazioni fra gli agenti climatici e gli elementi di involucro.

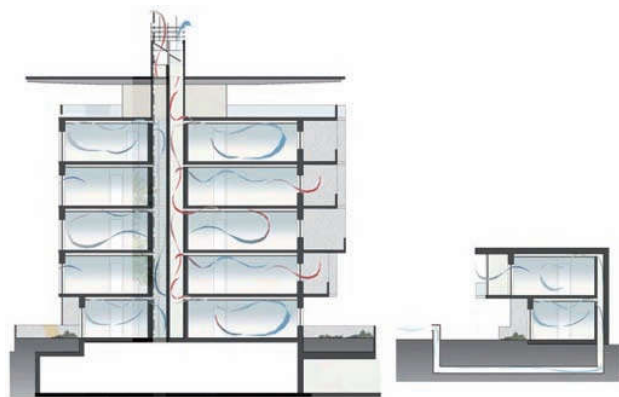
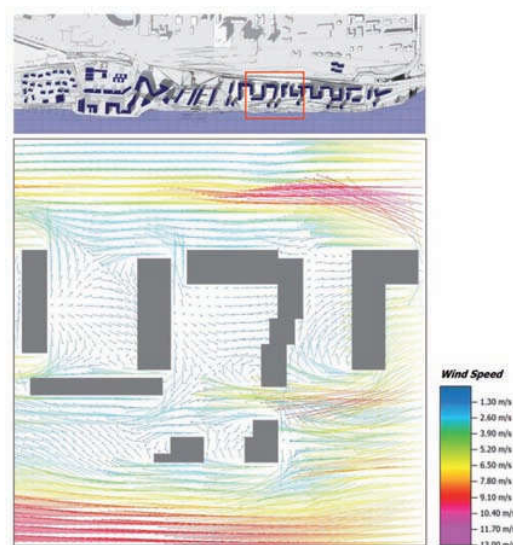
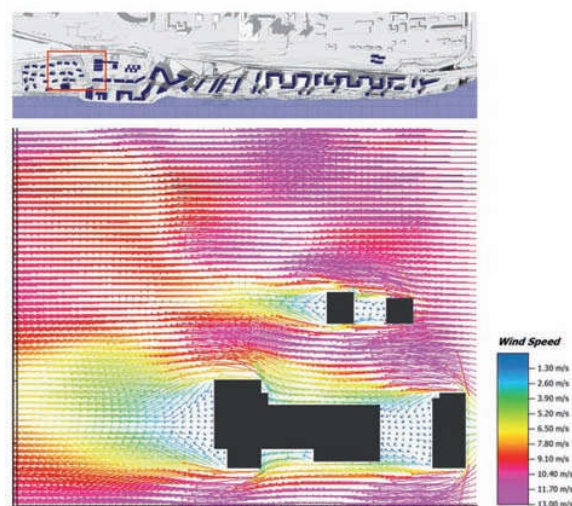
Rispetto alle pareti verticali, le coperture sono infatti maggiormente esposte alle precipitazioni atmosferiche e subiscono la pressione di venti più veloci. Va sottolineato che anche l'andamento dell'irraggiamento solare su superfici orizzontali è molto diverso che su quelle verticali. Le condizioni di queste ultime dipendono molto dall'esposizione e (con riferimento alle latitudini italiane) dalla fondamentale considerazione che se quelle a Sud ricevono più calore durante l'inverno, per quelle a Est e Ovest avviene il contrario. Le superfici orizzontali invece sono irraggiate enormemente di più in estate e sono quelle che fra tutte ricevono nell'arco dell'anno la maggior quantità di energia. Ciò rende le intercapedini ventilate anche più utili che nelle pareti per il contenimento dei carichi termici estivi.

Per quanto riguarda il flusso d'aria, se da un lato lo strato esterno raggiunge temperature maggiori, dall'altro le giaciture orizzontali o quasi non favoriscono l'effetto camino e da questo punto di vista sono prefe-

LA COPERTURA VENTILATA, MOLTO UTILIZZATA DA TEMPO, HA ANCORA SPAZI DI INNOVAZIONE LEGATI ALL'ABBINAMENTO CON SISTEMI FRANGISOLE ORIZZONTALI, MATERIALI A CAMBIAMENTO DI FASE O VETRI CROMOGENICI

SPAZI ESTERNI

L'attenta simulazione della ventilazione naturale negli spazi esterni è direttamente incidente sulle possibilità di impiegare parte di essa negli involucri e in alcuni spazi-chiave degli edifici



ribili le falde inclinate. In compenso, come già accennato, la velocità del vento è generalmente maggiore e provvede comunque al ricambio d'aria nell'intercapedine.

Come per le pareti, tale flusso può essere indirizzato lungo un percorso esterno-esterno, per il semplice raffrescamento strutturale e per lo smaltimento dell'umidità, o coinvolgere anche l'ambiente interno al fine di estrarre aria calda e viziata (interno-esterno) o di immettere in inverno aria riscaldata dal sole in modo simile a quello dei sistemi Trombe-Michelle (esterno interno o anche interno-interno).

Le coperture ventilate possono anche prestarsi, meglio delle facciate, al raffrescamento passivo radiativo.

Ad ogni modo, nei sistemi che comportano scambi d'aria con gli ambienti sottostanti è utile - a volte necessario - prevedere la possibilità di regolare l'entità dei flussi d'aria.

Anche in questo caso, come per le pareti, le diverse soluzioni possibili per la realizzazione delle coperture ventilate andranno discusse analizzando quattro varianti che prendono in considerazione le proprietà degli strati interno ed esterno e le loro differenti combinazioni.

- Strati opaco interno / opaco esterno

È la configurazione più semplice, ma offre già da sola numerose alternative nella realizzazione e nell'utilizzo. Per il manto esterno si può prevedere l'impiego di materiali diversi, dai laterizi al metallo, con criteri simili a quelli descritti per le facciate.

La forma della superficie può essere progettata per incrementare la portata della ventilazione e la velocità dell'aria all'interno variando la sezione dell'intercapedine per sfruttare l'effetto Venturi. In estate, il più delle volte la ventilazione viene utilizzata semplicemente per ridurre i carichi termici dovuti all'irraggiamento solare, ma realizzando lo strato esterno con una sottile lastra metallica, la copertura può diventare un sistema di raffrescamento passivo in grado di dissipare calore per radiazione verso il cielo durante la notte. Se l'inclinazione e la disposizione delle aperture lo consentono, l'aria a contatto con la lastra fredda si appesantisce e scende naturalmente nell'ambiente sottostante, in caso contrario è necessario far ricorso alla ventilazione forzata per mezzo di ventole meccaniche.

- Strati trasparente interno / trasparente esterno

Una soluzione del genere comporta ottime potenzialità per l'illuminazione naturale, ma anche notevoli rischi di surriscaldamento estivo nei climi italiani. L'impiego di dispositivi frangisole regolabili può essere in questi casi la soluzione ottimale sia per la modulazione della luce solare sia per il controllo della temperatura ambientale.

Alternative valide, ma relativamente complesse da gestire, potrebbero essere l'uso di acqua o di verde in copertura. Entrambe le soluzioni non consentono comunque alcuna flessibilità per quanto riguarda la regolazione della luce durante il giorno.

- Strati opaco interno trasparente esterno

Questi sistemi sono utilizzati per il riscaldamento solare passivo, preferibilmente in falde inclinate verso Sud: l'aria si riscalda nell'intercapedine per effetto serra e viene immessa nell'ambiente interno.

Nelle coperture progettate per questo utilizzo le aperture devono essere operabili perché in estate il percorso dell'aria deve essere invertito in modo da estrarre l'aria interna, raffreddare con questa la copertura e disperderla all'esterno. Nei climi temperati, è comunque opportuno che la vetrata sia protetta dal sole nei periodi caldi dell'anno.

- Strati trasparente interno / opaco esterno

L'applicazione più interessante di questi sistemi è quella che prevede l'accoppiamento dello strato trasparente interno con uno strato esterno a opacità variabile. L'elemento esterno funziona come un frangisole, eliminando i problemi legati al surriscaldamento estivo descritti per le due soluzioni precedenti, ma conservando la possibilità di utilizzare la vetrata inferiore come superficie captante per il riscaldamento solare diretto nella stagione invernale.

In estate la regolazione dell'elemento superiore dovrebbe essere tale da consentire il passaggio dell'aria e l'ingresso di una certa quantità di luce naturale escludendo la radiazione diretta. In inverno la chiusura completa durante la notte consente invece di limitare le elevate dispersioni che si verificherebbero in presenza di una vetrata semplice. Volendo prendere in considerazione anche le soluzioni più avanzate e sperimentali, lo strato esterno potrebbe essere realizzato anche con elementi innovativi, quali materiali a cambiamento di fase, o vetri cromogenici.