

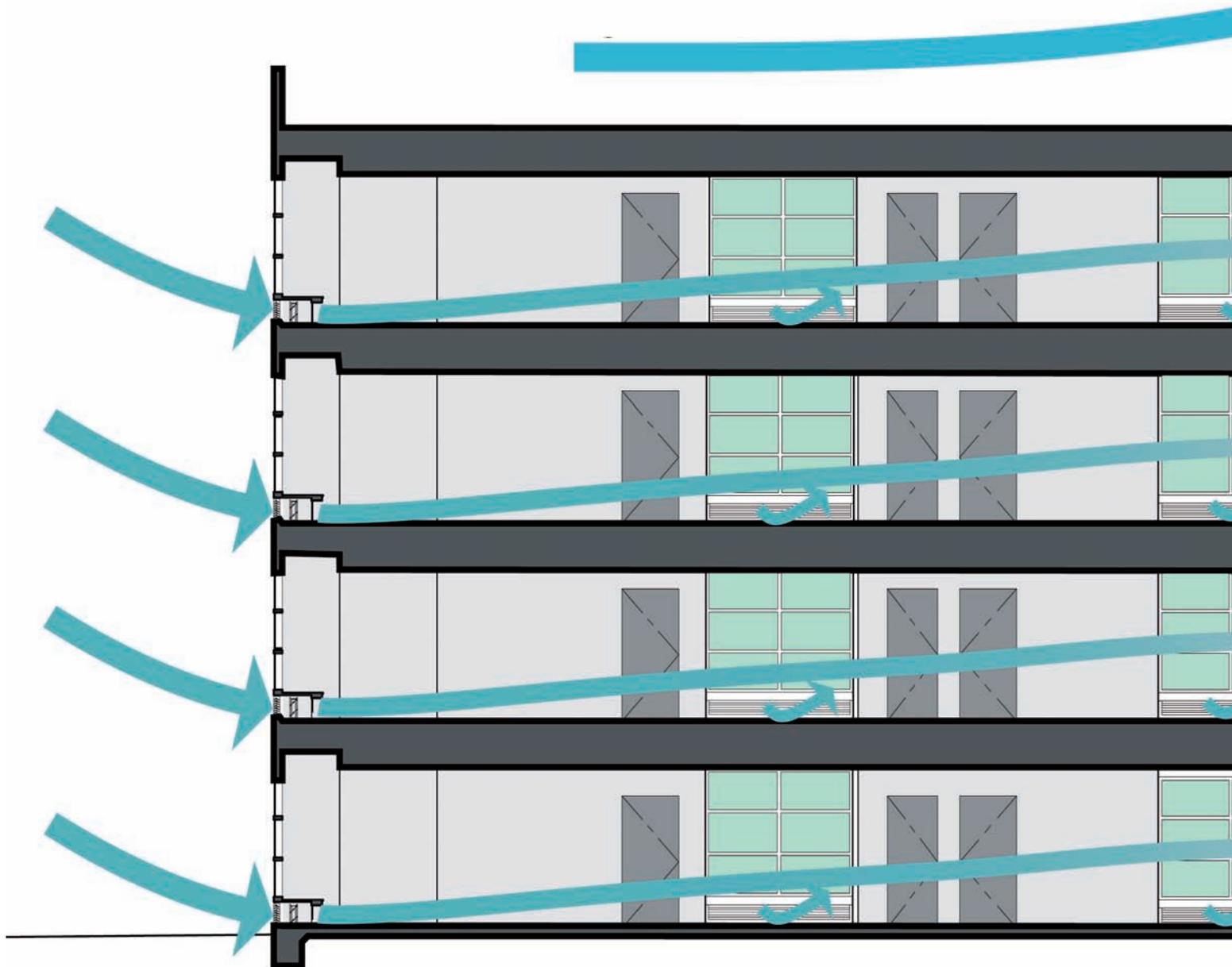
# VENTILAZIONE

come strategia integrata per il *comfort indoor* e per il contenimento dei consumi. Uno strumento operativo per una buona qualità del progetto

ENRICO SERGIO MAZZUCHELLI

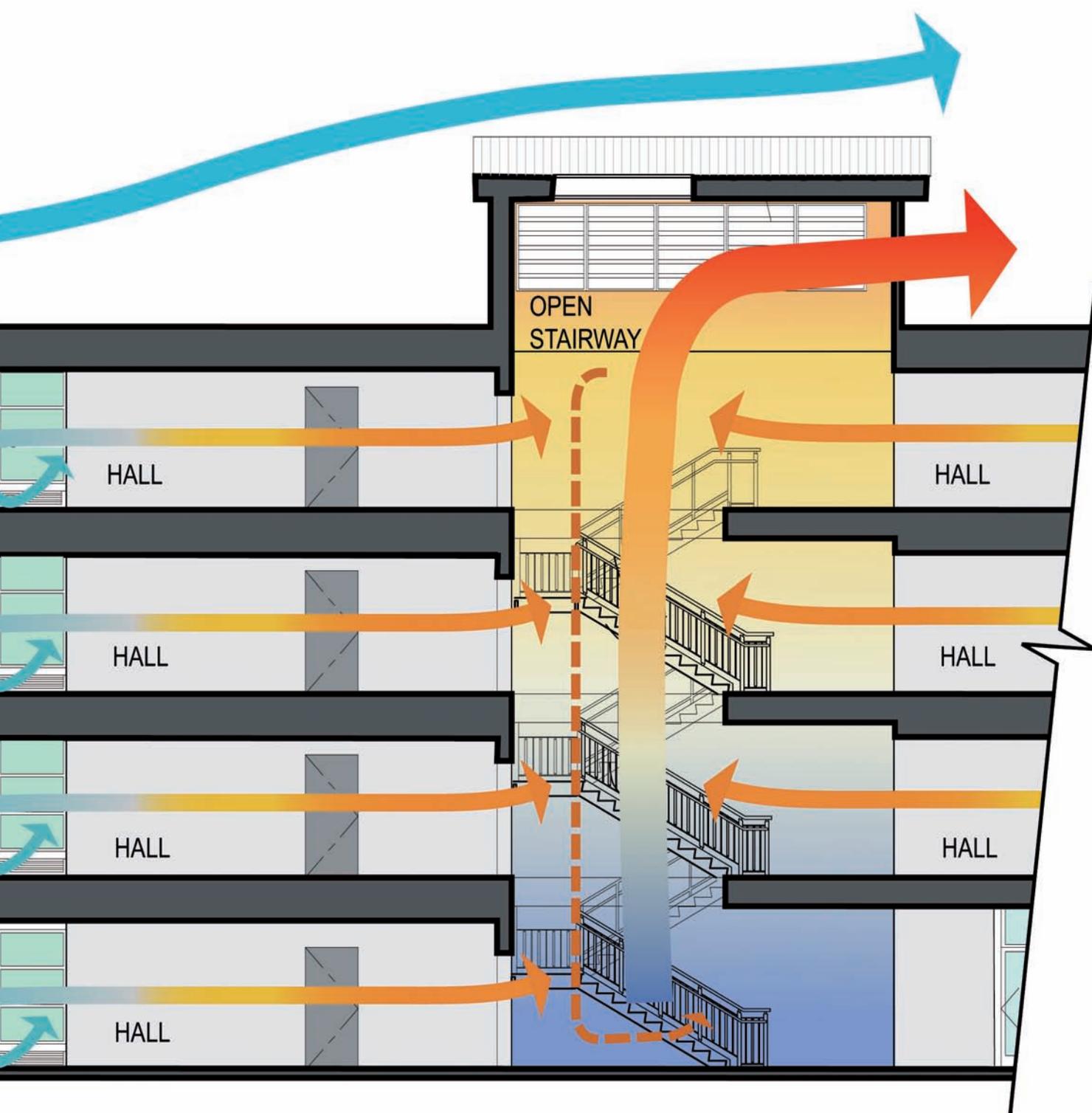
## MODULO PAROLE CHIAVE

VENTILAZIONE NATURALE – VENTILAZIONE IBRIDA – VENTILAZIONE MECCANICA – COMFORT INDOOR – CONTENIMENTO ENERGETICO – SBS SICK BUILDING SYNDROME – ISOLAMENTO TERMICO – PONTI TERMICI – IAQ INDOOR AIR QUALITY – FREE COOLING – RAFFRESCAMENTO PASSIVO



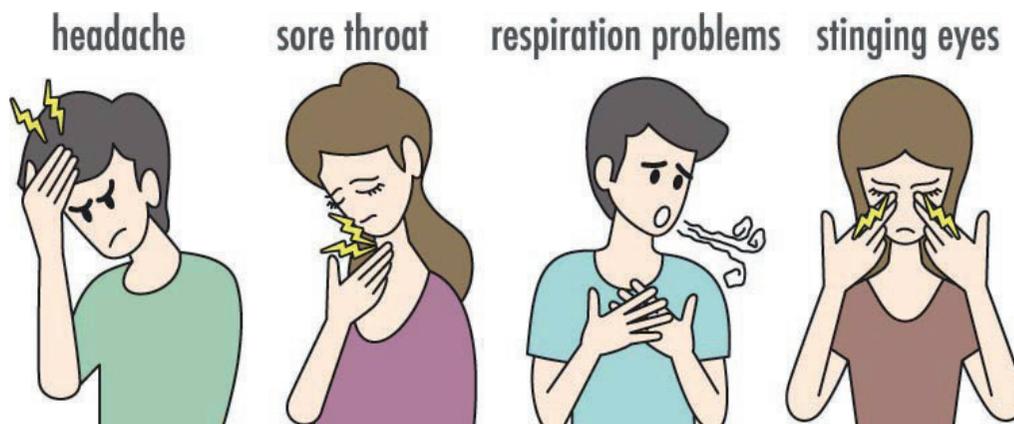
La progettazione degli edifici dovrebbe essere volta ad una interazione efficace tra ambiente interno ed esterno al fine di sfruttare le forzanti climatiche positive. La scelta del sistema di ventilazione più adatto dovrebbe essere pertanto riferita allo specifico contesto climatico (ad esempio per la possibile realizzazione di “free cooling” estivo), all’inquinamento e alla qualità dell’aria del sito (così come alla sua rumorosità), alla tipologia di edificio, al tipo di utenza, al costo delle apparecchiature (costo iniziale di installazione, esercizio e manutenzione), etc.

L’iter di progettazione di un’efficace ventilazione degli ambienti interni ha le migliori possibilità di successo quando è condotto in modo logico e sequenziale e, soprattutto in caso di un sistema di ventilazione ibrida, quando sono coinvolti contemporaneamente architetti, ingegneri, energetici e persino, ove possibile, gli stessi utenti dell’edificio.



## Gli esiti negativi delle strategie "tradizionali" per la riqualificazione energetica: sostituire i serramenti non basta. Il ruolo della ventilazione nel recupero e nel nuovo

La riduzione dei consumi e la riqualificazione energetica degli edifici sono state perseguite in un primo periodo quasi esclusivamente diminuendo da un lato l'erogazione di calore da parte del sistema di riscaldamento (in temperatura e durata giornaliera) e, dall'altro, aumentando la resistenza termica dell'involucro. In questo panorama gli interventi di riqualificazione energetica sono stati mirati, in prevalenza (quando non esclusivamente), alla sostituzione della parte più disperdente, corrispondente ai serramenti. Il minor riscaldamento degli ambienti unito alla minor ventilazione conseguente alla sostituzione dei vecchi serramenti con finestre termoisolanti e pressoché impermeabili all'aria ha determinato, specie in edifici con chiusure opache di massa modesta e prive o carenti del punto di vista dell'isolamento termico, rilevanti problemi di formazione di condensa e di scadimento della qualità e della salubrità dell'aria interna. Ciò con effetti negativi sugli utenti che, nei casi più gravi, sono alla base di vere e proprie patologie dette da "Sick Building Syndrome" (SBS). La ventilazione ha pertanto la funzione primaria di garantire il mantenimento di una buona qualità dell'aria (Indoor Air Quality - IAQ) all'interno degli ambienti, introducendo aria "pulita" e di rinnovo proveniente dall'esterno e rimuovendo l'aria "inquinata". Il quantitativo d'aria da immettere nei locali è di norma determinato, direttamente o indirettamente, dai requisiti di salubrità da mantenere negli ambienti interni. Allo stesso tempo, l'aria di rinnovo può influire sui valori di temperatura e di umidità relativa indoor e, conseguentemente, sulle condizioni di comfort termoigrometrico. Se quanto sopra vale soprattutto per la riqualificazione di edifici esistenti, per quanto concerne gli interventi di nuova costruzione le moderne soluzioni di involucro hanno ormai raggiunto standard ancora più elevati dal punto di vista dell'isolamento termico e della tenuta all'aria. Ulteriori loro incrementi di prestazione porterebbero a benefici ridotti con costi assai più elevati. Ciò significa che, con il progressivo miglioramento delle prestazioni dell'involucro edilizio, il problema del fabbisogno energetico in termini di ventilazione sta progressivamente prendendo peso nella progettazione di edifici a basso consumo e la ventilazione ha assunto, nel tempo, una rilevanza sempre più significativa anche nel bilancio energetico complessivo di un edificio. È chiaro che nel prossimo futuro l'energia legata alla ventilazione degli ambienti sarà una parte preponderante dei consumi negli edifici, residenziali e non. In edifici di tipo passivhaus circa il 50% del fabbisogno per il riscaldamento è legato alla ventilazione e se negli anni '70 tale percentuale era indicativamente pari al 10%, oggi essa ha raggiunto valori molto più elevati, fino ad arrivare al 70% o più in appartamenti di nuovi condomini dotati di involucri ad alte prestazioni.



Possibili effetti di una insufficiente ventilazione degli ambienti.

## La ventilazione nel bilancio energetico dell'edificio: le strategie progettuali per diminuire il fabbisogno energetico

La ventilazione assume quindi un impatto considerevole nel bilancio energetico di un edificio e, sebbene possa in alcuni periodi dell'anno essere anche favorevole da questo punto di vista (ad esempio con riduzione dei consumi tramite raffrescamento notturno e "free cooling" in particolari condizioni ambientali), è tuttavia chiaro come per la maggior parte degli edifici di tipo residenziale e per le condizioni climatiche europee il principale effetto della ventilazione si manifesti in un fabbisogno energetico per il riscaldamento nella stagione fredda.

La riduzione dei consumi energetici dovuti alla ventilazione può essere legata a due differenti strategie: abbassare la portata di ventilazione e/o recuperare la maggior quantità possibile di calore contenuto nell'aria di espulsione. Considerando però le principali fonti di inquinanti all'interno degli ambienti (emissioni dovute alla presenza di utenti, alle loro attività, a materiali di finitura, arredi e prodotti per pulizia, etc.), è chiaro come il livello di ventilazione non possa essere ridotto oltre una soglia minima (ad esempio la norma UNI 10339 – "Impianti aeraulici al fini di benessere" stabilisce in 11 l/s per persona la portata di aria esterna necessaria per il mantenimento della qualità dell'aria in edifici di tipo residenziale dotati di impianto di ventilazione meccanica).

A tal riguardo, la ventilazione meccanica controllata è una possibile "strategia" per garantire un corretto tasso di ricambio d'aria ed evitare consumi energetici troppo elevati legati all'apertura arbitraria dei serramenti da parte degli utenti. L'aria prelevata dall'esterno deve in ogni caso essere riscaldata in inverno (e raffrescata in estate) e, al fine di ridurre i consumi energetici, è necessario introdurre dei sistemi di recupero del calore. La percentuale di calore che può essere recuperata dall'aria in espulsione può arrivare sino all'80-90% ma, dal momento che per muovere l'aria nell'impianto sono comunque necessari dei ventilatori che consumano energia elettrica, per valutare la qualità complessiva del sistema di ventilazione il quantitativo di energia termica recuperata deve essere necessariamente comparato all'energia elettrica consumata da ventilatori e sistemi ausiliari.

In base alle modalità di ricambio d'aria, si distinguono i seguenti sistemi di ventilazione:

- sistemi di ventilazione naturale, in cui i gradienti di pressione necessari per realizzare l'immissione di aria di rinnovo e l'estrazione dell'aria interna viziata sono generati esclusivamente da azioni naturali, quali l'effetto del vento e dei gradienti di temperatura tra fronte e fronte o tra base o fronte e sommità dell'edificio;
- sistemi di ventilazione meccanica, in cui il movimento dell'aria è realizzato tramite ventilatori e che richiedono almeno una parziale canalizzazione dei percorsi dell'aria, ma che, per contro, permettono la sua filtrazione. Questi impianti possono funzionare per semplice estrazione (il ventilatore di estrazione aspira l'aria dai locali che vengono così mantenuti in lieve depressione), per semplice immissione (l'aria esterna viene immessa nei locali dal ventilatore di mandata che li mantiene in lieve sovrappressione) e per ventilazione bilanciata (l'impianto realizza sia l'immissione che l'estrazione dell'aria, mantenendo i locali in lieve sovrappressione);
- sistemi di ventilazione ibrida, basati sulla ventilazione naturale assistita da dispositivi meccanici che entrano in funzione quando le condizioni climatiche non sono idonee a garantire portate d'aria adeguate (per quantità e/o qualità) tramite la sola ventilazione naturale. Questi sistemi sono dotati di dispositivi di controllo in grado di commutare automaticamente il funzionamento da naturale a meccanico al fine di minimizzare i consumi di energia, mantenere le ideali condizioni di comfort ambientale ed aumentare al massimo la percezione diretta dell'ambiente esterno. Ciò grazie all'odierna larga disponibilità di dispositivi elettronici, elettrici, meccanici ed informatici che permettono di realizzare sistemi integrati dotati di sensori e attuatori per il comando, la regolazione e il controllo, anche in automatico, della ventilazione.

## La ventilazione naturale: perdite energetiche, valori elevati di umidità, mancata filtrazione dell'aria. Da integrare con sistemi di supporto e correzione



Esempio di ventilazione naturale tramite apertura di serramenti.

La ventilazione naturale richiede la presenza di finestre e di altri elementi nell'involucro di un edificio, quali ad esempio un semplice sistema canalizzato con bocchette di presa ed espulsione d'aria apribili poste in facciata a differenti quote.

Il ricambio d'aria è pertanto affidato in primis agli utenti che aprono e chiudono i serramenti per arieggiare i locali.

Ciò può comportare in taluni casi un ricambio d'aria troppo elevato (con conseguente incremento delle perdite energetiche per ventilazione) o troppo basso (con possibile raggiungimento di valori troppo elevati di umidità interna e conseguente formazione di muffe).

Sistemi di ventilazione esclusivamente naturali non si conciliano facilmente con la filtrazione dell'aria esterna prima della sua immissione in ambiente, così come con il controllo della trasmissione di rumori esterni nell'ambiente interno attraverso le aperture di ventilazione.

Premesso che la portata d'aria di rinnovo è strettamente dipendente dalle particolari condizioni climatiche, un sistema di ventilazione naturale consente un gradevole ricambio dell'aria ambiente solo finché la temperatura esterna rimane di poco inferiore alla temperatura interna.

Se invece la temperatura esterna diviene considerevolmente inferiore rispetto a quella interna è opportuno realizzare un apposito percorso di ingresso dell'aria.

Questo potrà sicuramente favorirne il preriscaldamento, oppure disporre di vie di ingresso che ne consentano la miscelazione con quella interna prima che l'aria possa raggiungere le zone occupate dagli utenti.

Se, invece, la temperatura esterna supera quella interna il rinnovo dell'aria può comportare uno sfavorevole incremento dei rientri di calore, specie nella stagione estiva.

Per quanto concerne il controllo dell'igrometria ambiente, la deumidificazione mediante aria esterna è possibile finché l'umidità specifica di quest'ultima rimane inferiore a quella ambiente o fintanto che la temperatura esterna è sensibilmente più bassa di quella interna.

Superate tali condizioni la ventilazione naturale, per portare beneficio, deve essere integrata con un sistema elettromeccanico in grado di provvedere alla deumidificazione dell'aria esterna.

## La ventilazione meccanica recupera il calore, si può gestire nel bilancio energetico dell'edificio e garantisce *comfort indoor*

**M**entre nei sistemi di ventilazione naturale il ricambio d'aria è direttamente gestito dall'utenza, che può essere più o meno sensibile al problema della qualità dell'aria all'interno degli ambienti, nei sistemi di ventilazione meccanica esso è garantito da un vero e proprio impianto costituito da unità di ventilazione, canali di distribuzione e bocchette di immissione ed estrazione d'aria poste nei vari ambienti.

A livello di consumi energetici, se si considera il medesimo tasso di ricambio d'aria con un sistema di ventilazione naturale e con uno meccanico (dotato di recuperatore di calore con efficienza pari all'80%), è chiaro come nel secondo caso il volume d'aria da riscaldare (e da considerarsi ai fini del calcolo dei consumi energetici) sia solo una quota parte dell'intero volume d'aria ricambiato (considerando un ricambio di 0,5 vol/h si otterrebbe un volume di  $0,5 \cdot (1-0,8) = 0,1$  vol/h): per ottenere edifici a basso consumo nella stagione invernale un sistema di ventilazione meccanico diviene perciò quasi obbligatorio.

In numerosi standard e protocolli di certificazione (Passivhaus, Minergie, Klimahaus, etc.) la ventilazione meccanica con recupero di calore è di fatto obbligatoria per i suoi effetti positivi sulla riduzione del fabbisogno energetico. Tali protocolli, che "premano" i sistemi di ventilazione con recupero di calore, costituiscono indirettamente un fondamentale strumento per la diffusione e l'adozione di tali soluzioni a basso consumo.

A differenza dei sistemi di ventilazione naturale, i sistemi di ventilazione meccanica controllata consentono di immettere negli ambienti interni delle portate d'aria prestabilite e/o di variare le stesse in funzione di particolari necessità in base al reale utilizzo degli ambienti, garantendo allo stesso tempo la possibilità di filtrazione dell'aria di rinnovo ed il recupero di calore dall'aria di espulsione (oppure un preraffreddamento dell'aria in ingresso nella



A sinistra, esempio di installazione a soffitto di unità di ventilazione/ climatizzazione interna prima della posa del controsoffitto.

A destra, esempio di installazione a soffitto di unità di ventilazione/ climatizzazione interna dopo la posa della sottostruttura del controsoffitto.

In basso, esempio di installazione a soffitto di unità di ventilazione/ climatizzazione interna dopo la posa del controsoffitto.

Foto Enrico Mazzucchelli.



stagione estiva se l'edificio è dotato di impianto di climatizzazione). Il funzionamento di questi sistemi impegna modeste quantità di energia elettrica, avviene in modo molto silenzioso, è facilmente controllabile mediante sensori di umidità o, in casi particolari, tramite altri sensori più opportuni (ad esempio concentrazione di CO<sub>2</sub>, di gas o di presenza) e non dà luogo a riduzioni dell'isolamento acustico delle pareti di facciata.

A fronte di tali vantaggi, risulta indispensabile in fase di progettazione stabilire le esatte modalità di integrazione del sistema di ventilazione tenendo ben presente in particolare: l'ingombro e la posizione dei componenti del sistema (canali, unità di ventilazione, ecc.); l'accessibilità ai macchinari per effettuare la manutenzione periodica degli stessi, la pulizia o sostituzione dei filtri e l'igienizzazione dei canali di distribuzione dell'aria; la necessità di controllare la rumorosità dell'impianto e di evitare, in particolare, la formazione di ponti acustici tra gli ambienti interni e tra questi e l'ambiente esterno.

I vantaggi di un sistema di ventilazione meccanica sono legati al miglioramento delle condizioni di comfort indoor dell'utenza, tra cui: controllo costante della "IAQ", grazie alla ventilazione meccanica, odori e inquinanti non si possono accumulare così come le muffe non si possono sviluppare in quanto l'umidità in eccesso viene rimossa. Questo anche in caso di assenza di utenti oppure con utenti che, non curandosi di questo aspetto, mantengono costantemente chiuse le finestre; filtrazione: la ventilazione meccanica consente il controllo di polveri inquinanti e pollini che potrebbero invece entrare in ambiente tramite una semplice ventilazione naturale attraverso serramenti aperti; riduzione del rumore da traffico: un sistema di ventilazione meccanica permette di mantenere chiuse le finestre per tutta o buona parte di una giornata. Queste mantengono quindi la loro funzione di barriera al rumore, specialmente durante le ore notturne, quando gli utenti sono più sensibili a tale problema.

Le tipologie di sistemi di ventilazione meccanica sono molteplici. Essi possono essere centralizzati o delocalizzati, a semplice o a doppio flusso. Nei sistemi a semplice flusso i dispositivi di ingresso dell'aria sono installati (generalmente sull'anta o sul telaio dei serramenti, oppure a cassonetto o parete) in locali a bassa produzione di inquinanti (soggiorno, camera da letto, etc.), mentre nei bagni e nelle cucine sono posizionate le bocchette di ripresa collegate a una rete di estrazione dotata di un ventilatore che mantiene in depressione l'alloggio rispetto all'ambiente esterno. Le portate possono essere fisse oppure variabili (nel primo caso il sistema funziona continuamente per ricambiare la portata d'aria di progetto, mentre nel secondo caso il sistema è regolato sulla base di un parametro interno che può essere l'umidità relativa oppure la concentrazione di CO<sub>2</sub>). Nelle residenze è possibile maggiorare la portata di estrazione dalla cucina, durante le fasi di cottura dei cibi, mediante appositi temporizzatori. Tali sistemi sono facilmente utilizzabili sia in edifici di nuova costruzione sia in caso di ristrutturazione di edifici esistenti. Il consumo energetico del sistema è contenuto, poiché la potenza richiesta per il funzionamento dell'impianto è di pochi Watt per appartamento ma di contro non è possibile filtrare efficacemente l'aria esterna in ingresso e utilizzare un sistema di recupero di calore sull'aria espulsa (anche se in linea teorica sarebbe possibile sfruttare il calore dell'aria estratta per alimentare una pompa di calore in grado di integrare il sistema di produzione di acqua calda sanitaria oppure realizzare un sistema di recupero di calore aria-acqua, con circuito dotato di pompa di circolazione elettrica, tra aria di espulsione e aria in ingresso).

Nei sistemi a doppio flusso con recupero di calore le bocchette di mandata, collegate ad una rete di immissione, sono installate nei locali a bassa produzione di inquinanti, mentre nei bagni e nelle cucine sono posizionate le bocchette di ripresa connesse alla rete di estrazione. L'impianto è normalmente dotato di recuperatore di calore con efficienza che può arrivare sino all'80-90%. L'entità del recupero di calore dipende non solo dalla

qualità e dall'efficienza del recuperatore stesso, ma anche dalle portate d'aria che lo attraversano: un sistema bilanciato ha un'efficienza differente rispetto a quella di un sistema sbilanciato, ovvero in cui le portate in entrata e in uscita dallo scambiatore non si equivalgono. Nei sistemi residenziali generalmente si opera con portate fisse e bilanciate, mentre in edifici per il terziario, dove si utilizzano impianti di dimensioni più rilevanti anche a fronte di profili di occupazione completamente diversi da quelli dell'edilizia residenziale, possono essere previsti diversi regimi di funzionamento.



A fianco, esempio di unità di ventilazione a recupero di calore per singolo ambiente da installare a parete.  
Fonte: [www.isodomus.com](http://www.isodomus.com).

Nella pagina a fianco, esempio di sistema di ventilazione decentralizzato a recupero di calore (Documentazione tecnica Schüco International KG).

# PASSERELLE PEDONALI LAYHER®

## PORTATE ELEVATE

### RAPIDA INSTALLAZIONE



Alcuni aspetti della ventilazione meccanica considerati "sfavorevoli" sono noti: perdite di pressione (perdite di carico) attraverso i dispositivi di presa ed espulsione d'aria e lungo i canali di distribuzione; flusso d'aria continuo anche nelle ore in cui gli ambienti non sono occupati (in impianti a portata costante); consumo di elettricità da parte dei ventilatori; incremento di circa 1-2 °C della temperatura dell'aria nel passaggio attraverso canalizzazioni e macchinari del sistema, che si traduce in una minor efficacia del "free cooling" nella stagione calda; necessità di ispezione periodica e pulizia delle canalizzazioni; rumorosità dei ventilatori e delle bocchette di immissione e ripresa dell'aria se non correttamente dimensionate. In alcune applicazioni è possibile prevedere un ricambio d'aria di singolo ambiente con appositi dispositivi che permettono una ventilazione bilanciata con recupero di calore sull'aria espulsa: ogni ambiente è in questo caso dotato di una propria unità dedicata, con portata fissa o variabile, installata a parete oppure su serramento. Il principale pregio di questi sistemi decentralizzati consiste nella totale assenza di canalizzazioni, per cui essi sono particolarmente indicati in interventi di ristrutturazione e riqualificazione energetica. Le unità sono generalmente dotate di filtri sia sul flusso d'aria in entrata che su quello in uscita, la potenza richiesta per il funzionamento è di pochi Watt e la rumorosità in ambiente è limitata. Se installate a parete, tali unità implicano la realizzazione di uno o due fori sulla facciata e il posizionamento di un elemento di protezione in corrispondenza di ciascuno di essi: l'effetto estetico che ne deriva può tuttavia essere gradevole se le griglie esterne hanno un design elegante e la loro posizione in facciata ha un layout studiato già in fase di progetto. E' opportuno ricordare che l'utilizzo di sistemi di ventilazione di tipo meccanico non impedisce agli utenti, qualora lo desiderassero, di utilizzare una ventilazione naturale in caso di condizioni climatiche esterne favorevoli.



- ▶ **Elevate capacità di carico**
- ▶ **Luci libere sino a 30 metri**
- ▶ **Dimensioni modulari**
- ▶ **Montaggio semplice e veloce**
- ▶ **Compatibilità con il sistema multi-direzionale Allround**
- ▶ **Possibilità di realizzare protezioni laterali e di copertura**
- ▶ **Installazione rapida con mezzi di sollevamento a terra o a lato strada**
- ▶ **Utilizzo di travi modulari che riducono la quantità di materiale necessario**



[www.layher.it](http://www.layher.it)

**Layher**   
Più possibilità. Il Sistema di Ponteggio.

## La ventilazione ibrida: coniuga naturale e meccanica, sfruttando i vantaggi di entrambe

**P**er molti anni la ventilazione meccanica e quella naturale si sono sviluppate separatamente. La prima è passata da sistemi a portata costante a sistemi con elevato recupero di calore e flussi d'aria regolati in base alla reale necessità e con basso differenziale di pressione. Parallelamente il concetto di ventilazione naturale è passato dall'essere considerato solo un sistema "incontrollato" attraverso giunti non a tenuta e apertura di serramenti, a un sistema regolabile in base alle reali necessità e con funzione di raffrescamento passivo nella stagione estiva. Per entrambi i sistemi il motore dello sviluppo è stata la riduzione dei consumi energetici con il contemporaneo mantenimento di buone condizioni di comfort e di qualità dell'aria.

Si è visto in precedenza come sia la ventilazione naturale sia quella meccanica presentino punti di forza e di debolezza. Per quanto concerne la prima, uno dei maggiori svantaggi è l'incertezza nelle prestazioni, che può risultare in un maggiore rischio di incremento dei valori di umidità relativa nella stagione fredda e di condizioni di comfort inaccettabili nella stagione estiva.

A tal riguardo è opportuno osservare che la ventilazione naturale e il raffrescamento passivo in determinate condizioni ambientali sono "sostenibili", energeticamente efficienti e sono inoltre tecnologie pulite, oltre ad essere gradite dagli utenti. Per tali ragioni il loro utilizzo, ove possibile, dovrebbe essere incoraggiato. Dall'altro lato i sistemi di ventilazione meccanica (soprattutto se abbinati a climatizzazione) spesso hanno portato a lamentele da parte degli utenti, specialmente nei casi in cui non è possibile un controllo individuale e/o di zona delle condizioni ambiente. Inoltre, il focus sull'impatto ambientale di energia prodotta e consumata ha portato ad una maggiore sensibilizzazione riguardo il tema dell'energia utilizzata da ventilatori, batterie termiche, etc. da parte di tali impianti. Sfortunatamente il progetto di un sistema di ventilazione energeticamente efficiente è stato spesso un problema di scelta in alternativa tra ventilazione meccanica e naturale. Tale approccio ha impedito il diffondersi su larga scala di tecnologie comunque sostenibili perché solo con la ventilazione naturale un certo livello di prestazioni non può essere mantenuto sotto diverse condizioni ambientali. Infatti, nella maggior parte dei casi sarebbe opportuna una combinazione di entrambi i sistemi a seconda delle condizioni esterne, delle caratteristiche dell'edificio, del suo utilizzo e della funzione principale del sistema di ventilazione. Il passo naturale e successivo è, quindi, lo sviluppo di sistemi ibridi in grado di utilizzare e combinare le potenzialità di ventilazione meccanica e naturale. I sistemi di ventilazione ibrida possono essere descritti come sistemi in grado di garantire delle condizioni ambientali interne confortevoli utilizzando sia la ventilazione naturale che quella meccanica, ma impiegando differenti caratteristiche e proprietà di queste ultime in differenti periodi dell'anno, della stagione o addirittura della giornata.

Nella ventilazione ibrida quindi la modalità di funzionamento varia a seconda della stagione e anche all'interno di una singola giornata.

In tal modo il funzionamento "attivo" consente di interagire e di trarre istantaneamente il massimo vantaggio al variare delle condizioni ambientali esterne.

La differenza principale tra un sistema di ventilazione ibrida e un sistema di ventilazione convenzionale sta nel fatto che il primo possiede un sistema di controllo intelligente che può commutare automaticamente tra la ventilazione in modalità naturale e quella in modalità meccanica al fine di minimizzare i consumi di energia.

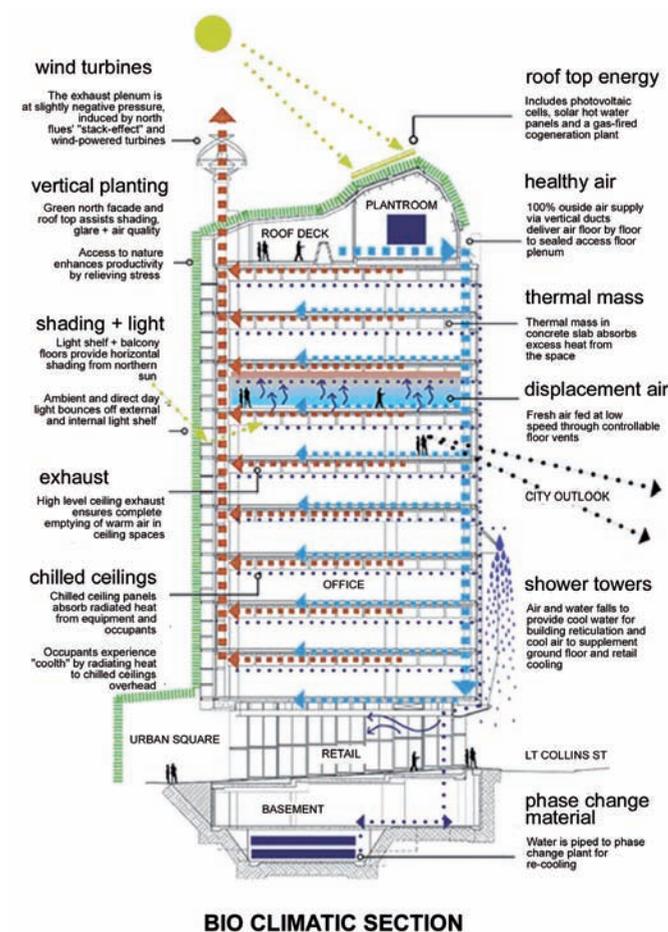
La ventilazione ibrida coniuga in un unico sistema ventilazione naturale e meccanica, sfruttando i vantaggi di entrambe e crea delle nuove opportunità per l'ulteriore miglioramento e ottimizzazione della qualità globale del sistema di ricambio d'aria. Infatti, mentre come si è detto i sistemi di ventilazione meccanica e naturale si sono sviluppati indipendentemente per molti anni e il potenziale per il loro ulteriore miglioramento è limitato, la loro combinazione apre nuovi scenari. Molteplici sono i punti di interesse della ventilazione ibrida: l'alta probabilità di gradimento da par-

te dell'utenza (dal momento che viene comunque utilizzata anche la ventilazione naturale e vi è un elevato livello di controllo individuale delle condizioni interne) e un positivo impatto sulla produttività, un ridotto impatto ambientale, una maggiore flessibilità e adattabilità del sistema, motivi finanziari (prospettive di minori costi di realizzazione e di esercizio), etc. Tale sistema di ventilazione può quindi garantire elevati standard qualitativi negli ambienti interni e significativa riduzione nei consumi energetici ottimizzando il bilancio tra l'ottenimento di una buona qualità dell'aria interna, il comfort termico, l'utilizzo di energia e l'impatto ambientale.

La comparazione dei costi tra un sistema ibrido e uno puramente meccanico dovrebbe tuttavia essere effettuata sull'intero ciclo di vita piuttosto che semplicemente sul costo iniziale, dal momento che edifici con sistemi di ventilazione ibrida adottano spesso anche altre strategie (daylighting, raffrescamento passivo, guadagni solari passivi, etc.) che richiedono un approccio integrato del progetto dell'edificio e degli elementi passivi ed attivi.

Il processo di ventilazione ibrida è strettamente dipendente dalle condizioni climatiche esterne e dal microclima nell'intorno di un edificio, così come dal suo comportamento termico, ed è perciò essenziale che tali fattori siano presi in considerazione sin dall'inizio dell'iter di progettazione.

Non ci sono standard o regolamenti che impediscano l'integrazione di tali sistemi negli edifici in ambito europeo. In alcune nazioni, tuttavia, i regolamenti vigenti possono complicare la loro adozione rispetto a sistemi considerati "tradizionali". La principale ragione è che i sistemi ibridi, così per come sono concepiti, non sono considerati nei regolamenti attuali e non è perciò facile ed immediato valutare le loro prestazioni.



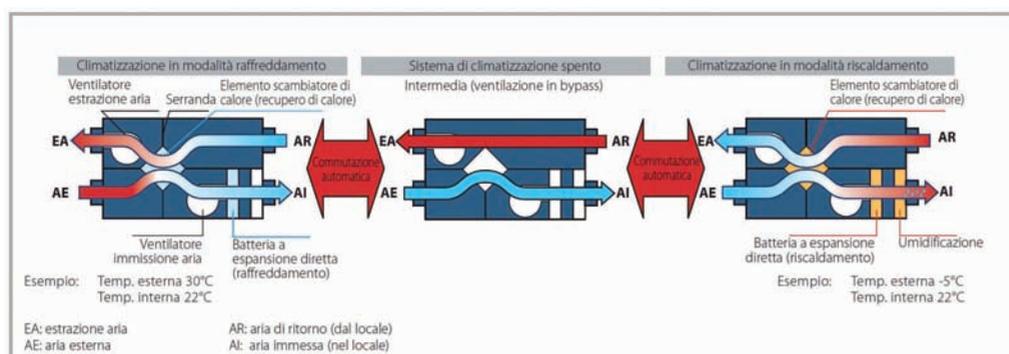
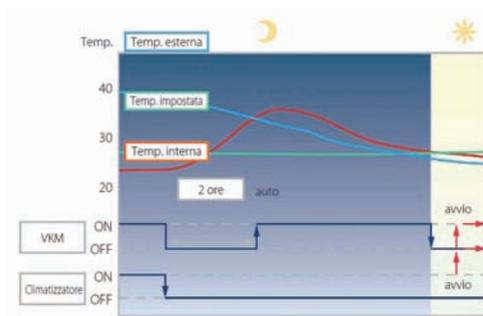
In alto, edificio Council House 2 di Melbourne (AUS) ([www.ecobuilding101.wordpress.com](http://www.ecobuilding101.wordpress.com)).

In basso, edificio Council House 2 di Melbourne (AUS), principali strategie progettuali ([www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)).

## Definizione e progettazione del sistema di ventilazione, l'integrazione tra Architettura e impianti meccanici

Le caratteristiche di un sistema di ventilazione ibrida variano da paese a paese a causa delle differenti condizioni climatiche, dei prezzi dell'energia e di altri fattori ancora. In paesi con clima freddo sistemi ibridi possono evitare la crescente tendenza a utilizzare solamente la ventilazione meccanica nei nuovi edifici anche nei periodi in cui sono presenti condizioni ambientali esterne favorevoli, tendenza che si è affermata in risposta alle alte aspettative degli utenti e allo sviluppo di codici e regolamenti in materia energetica. In paesi con clima temperato, la ventilazione ibrida può ridurre la "dipendenza" dagli impianti di climatizzazione così come i costi e gli effetti ambientali conseguenti al loro utilizzo durante tutto l'anno. Il consumo di energia da parte di un edificio e la taglia degli impianti possono essere ridotti inoltre realizzando un'effettiva ed efficace integrazione tra architettura e impianti meccanici. In vista del raggiungimento del prossimo obiettivo di "nZEB" (nearly Zero Energy Building), è opportuno inoltre soffermarsi sulla tematica del "recupero di calore". Negli "nZEB" la riduzione del fabbisogno di energia è comunemente associata a sistemi passivi tra cui l'isolamento termico, la tenuta all'aria dell'edificio, le schermature solari, etc. Il rimanente fabbisogno per riscaldamento e raffrescamento dovrebbe invece essere soddisfatto da energia prodotta da fonti rinnovabili. Nell'opinione comune la ventilazione non rientra tra queste strategie perché in molti casi essa può essere realizzata senza un sistema meccanico, per cui si dovrebbe comparare un sistema esclusivamente passivo (come una normale ventilazione naturale tramite apertura di finestre) con uno attivo (ventilazione meccanica con recupero di calore). Ma se il recupero di calore può ridurre il fabbisogno termico di un edificio, quando utilizzato nei sistemi di ventilazione esso è considerabile come una "fonte rinnovabile di energia" a tutti gli effetti?

Non è semplice rispondere in prima battuta a questa domanda, che spesso è riconducibile ad un problema di definizione dei "confini del sistema" per quanto concerne il bilancio energetico. Tuttavia si possono fare le seguenti considerazioni: la sorgente di calore costituita dall'aria esterna è considerata come una fonte rinnovabile (ad esempio nel caso di un impianto con pompa di calore del tipo aria-acqua). L'energia aerotermica è infatti una fonte rinnovabile e, a maggior ragione, lo dovrebbe essere l'uso dell'aria in espulsione di un impianto di ventilazione come fonte di calore, che diventa a tutti gli effetti "aria esterna" quando lascia l'edificio e risulta ancora più "efficace" per la sua temperatura più elevata rispetto a quella dell'ambiente esterno; una parte consistente del fabbisogno necessario al riscaldamento di un edificio deriva da fonti "rinnovabili": i rientri di calore attraverso i serramenti, il calore emesso dalle persone, la percentuale di energia elettrica dalla rete prodotta da fonti rinnovabili, così come l'impiego di biomasse e di energia geotermica, etc. Pertanto, le perdite di calore per ventilazione



Esempi di differenti configurazioni di funzionamento di unità ventilante interna con recuperatore di calore e schema di funzionamento in risparmio notturno (per edifici di tipo terziario) (Documentazione tecnica Daikin Air).

provengono in buona misura da fonti rinnovabili e possono essere quasi completamente “riutilizzate” con un recuperatore di calore. Il recupero di calore può essere considerato un processo iterativo in grado di mantenere energia termica nell’edificio, cioè una “fonte di energia rinnovabile” in analogia a quanto avviene per un impianto con generatore del tipo a pompa di calore.

La progettazione di un sistema di ventilazione ibrida si sviluppa in più fasi distinte e, dal momento che molti dei suoi componenti sono parte integrante degli edifici, è necessaria sin dall’inizio una forte cooperazione tra architetti, ingegneri dell’involucro e ingegneri impiantistici. Prima della progettazione è comunque opportuno che vengano chiariti e considerati i seguenti aspetti: interventi sulla definizione del progetto dell’edificio: se è ancora consentito modificare la geometria, l’orientamento e la posizione dell’edificio è possibile ottimizzare il sistema di ventilazione ibrida, in modo da massimizzare lo sfruttamento delle forzanti climatiche positive (spesso tuttavia il progetto viene sviluppato su un edificio con forme e dimensioni già stabilite e in questo caso molti parametri possono essere modificati solo marginalmente); funzione e utilizzo del sistema: la ventilazione può essere utilizzata solo per il controllo della qualità dell’aria ma anche per il raffrescamento passivo di un edificio. Il raffrescamento passivo tramite ventilazione è da valutare caso per caso: esso può potenzialmente ridurre l’energia necessaria per il raffrescamento con condizioni climatiche relativamente asciutte, ma non è una tecnica efficace in climi umidi, dove la maggior parte dell’energia consumata per il raffrescamento è legata alla deumidificazione. Il raffrescamento per ventilazione richiede normalmente un ricambio d’aria maggiore rispetto a quello necessario per il solo controllo della qualità dell’aria, così come necessita di una maggiore superficie di “aperture” nell’involucro di un edificio; forzanti climatiche: le forzanti climatiche dipendono dalle particolari condizioni ambientali ed alcune di esse possono essere sfruttate per migliorare la ventilazione degli edifici. Ad esempio l’effetto camino è disponibile quasi sempre in climi freddi, dove la temperatura interna è per gran parte del tempo superiore rispetto alla temperatura esterna. In climi temperati l’effetto camino dovuto alla differenza di temperatura interno-esterno può essere limitato e devono perciò essere utilizzati per incrementare l’effetto voluto altri accorgimenti, quali l’azione del vento e/o della radiazione solare.

Nella progettazione preliminare si devono individuare e stimare i carichi termici dovuti all’irraggiamento solare, così come la presenza di inquinanti e i valori di concentrazione ammissibili, il tutto al fine di definire un primo layout e schema funzionale del sistema con le relative portate d’aria. Qualora i risultati ottenuti non fossero in linea con gli obiettivi prefissati sarebbe necessaria una revisione del progetto prima di passare alla successiva fase di progettazione, dove viene affinato e sviluppato in dettaglio quanto previsto in via preliminare. In questa fase vengono, inoltre, scelti i componenti e la posizione degli elementi del sistema di ventilazione ibrida, così come la strategia di controllo e il posizionamento dei sensori di rilevazione e monitoraggio. È fondamentale essere consapevoli che il processo di progettazione può non essere lineare e che sarà probabilmente necessario ripetere alcuni step progettuali anche più di una volta al fine di raggiungere una soluzione ottimale. È fondamentale considerare un sistema di ventilazione ibrido come parte integrale dell’edificio, anche perché tale sistema può utilizzare input provenienti da altri impianti integrati nell’edificio (sistemi di gestione accessi, antincendio, etc.). Il sistema di regolazione e controllo è importante tanto quanto il sistema di ventilazione stesso. Per tale motivo è fondamentale che entrambi vengano progettati e sviluppati contemporaneamente in un unico processo.

A sinistra, esempio di Building Management System (BMS). Il sistema è in grado di controllare e monitorare gli impianti elettrici e meccanici di un edificio, quali sistemi di ventilazione, illuminazione, sicurezza, A destra, vista dei dispositivi di presa ed espulsione aria su spalletta di finestra ([www.meltem.com](http://www.meltem.com)).



La ventilazione ibrida normalmente utilizza dei sistemi di monitoraggio della qualità dell'aria interna (normalmente di concentrazione di CO<sub>2</sub>) e la portata d'aria è controllata in base alla concentrazione degli inquinanti. È quindi necessario provare che un tale approccio porta ad ottenere prestazioni paragonabili a quelle ottenibili con sistemi di tipo meccanico. I nuovi codici di costruzione, sviluppatasi grazie alla direttiva sulle performance energetiche degli edifici "EPBD" (Energy Performance of Building Directive), dovrebbero rimuovere tali ostacoli tramite l'introduzione del cosiddetto principio di equivalenza (Principle of Equivalence – PoE), che è già stato implementato in alcuni stati membri e che permette la valutazione di tecnologie innovative, inclusa la ventilazione ibrida. Gli standard futuri dovranno concentrarsi sugli obiettivi da raggiungere, senza specificare i mezzi. Uno dei vantaggi della ventilazione naturale è l'apprezzamento degli utenti per la possibilità di operare un controllo individuale e locale delle condizioni interne tramite l'apertura di finestre. Se possibile questa caratteristica dovrebbe essere mantenuta in un sistema di ventilazione ibrido, anche se essa potrebbe talvolta rivelarsi conflittuale con la possibilità di garantire uno specifico livello di comfort interno. È in ogni caso estremamente importante che il sistema di controllo sia di facile ed intuitiva comprensione da parte degli utenti (molti di essi non hanno una preparazione tecnica specifica) e possa essere gestito dal personale addetto alla manutenzione. Grazie ai moderni sistemi per l'automazione e il controllo di funzioni, è possibile passare facilmente da un controllo semi-manuale nelle ore in cui gli ambienti sono occupati dagli utenti (controllo con timer, sensori di presenza, sensori di qualità dell'aria o loro combinazione), a un controllo completamente in automatico nei periodi in cui non c'è occupazione degli ambienti ma durante le quali potrebbe essere ugualmente necessaria una certa ventilazione (ad esempio dopo un meeting in una sala riunioni, per rimuovere sostanze derivanti dall'uso di prodotti per la pulizia, per rinnovare l'aria prima dell'utilizzo degli ambienti, etc.). Un sistema di ventilazione ibrido ha in generale un investimento economico iniziale maggiore, in quanto necessita di complessi ed elaborati algoritmi di controllo per combinare in modo efficace i vantaggi di ventilazione meccanica e naturale. Dal momento che spesso i sistemi di ventilazione ibridi sono in realtà due sistemi di ventilazione indipendenti, uno naturale e uno meccanico, spetterà al sistema di controllo alternare la ventilazione tra naturale e meccanica per minimizzare il consumo di energia e garantire una buona qualità dell'aria. Tale strategia di controllo molto spesso prevede il monitoraggio della qualità dell'aria e di alcuni parametri che comportano, come si è già detto, l'installazione di sensori di rilevazione temperatura interna ed esterna, velocità del vento, radiazione solare, pioggia, presenza, concentrazione di inquinanti, etc. I maggiori costi di un sistema di ventilazione ibrido portano ad un livello di comfort più elevato per gli utenti e una maggiore qualità dell'aria, ma tali miglioramenti sono di difficile valutazione in termini economici. Se si dovesse comparare un sistema ibrido con uno meccanico avente la stessa strategia di controllo (ad esempio monitoraggio della concentrazione di CO<sub>2</sub>), gli investimenti per il primo sarebbero di poco più elevati (nell'ordine del 10-20%), ma sarebbero compensati da un minore consumo energetico in fase di esercizio (il risparmio potrebbe essere maggiore qualora il sistema incorporasse strategie di raffrescamento passivo e di raffrescamento notturno). È opportuno sottolineare che alcuni componenti di un sistema di ventilazione ibrido (ad esempio finestre o lucernari motorizzati) hanno anche altre funzioni non strettamente legate alla ventilazione: solo una parte dei costi sono quindi da includere nella stima degli investimenti per il sistema di ventilazione e tale considerazione è valida anche per alcuni elementi del sistema di regolazione e controllo. Alcuni edifici con sistema di ventilazione ibrida sono stati oggetto di ricerca del gruppo di lavoro ANNEX 35 "HybVent" dell'International Energy Agency. Da questo studio è emerso che gli edifici in climi caldi mostrano una significativa riduzione dei consumi di elettricità grazie all'uso del raffrescamento passivo. I benefici maggiori si hanno quando la ventilazione ibrida è utilizzata in edifici di nuova costruzione e quando la



Vista dei dispositivi di presa ed espulsione aria in facciata (www.isodomus.com).

stessa è prevista sin dall'inizio della progettazione, cioè laddove la configurazione dell'edificio può essere progettata per sfruttare pienamente le potenzialità del sistema in relazione al contesto ambientale. La manutenzione di un sistema di ventilazione ibrido è generalmente più complessa rispetto ad un semplice sistema di ventilazione meccanica controllata. I componenti di un sistema di ventilazione ibrida sono infatti "distribuiti" in tutto l'edificio e alcuni di essi (ad esempio le finestre motorizzate) non sono considerabili elementi "standard" di un impianto di ventilazione. Per tale motivo dovrebbe essere predisposto un apposito manuale di manutenzione per illustrare sia le procedure per la manutenzione, sia gli effetti e le conseguenze del malfunzionamento di una singola parte del sistema sulle prestazioni complessive dello stesso (ad esempio il blocco in posizione aperta delle prese d'aria quando non necessario può comportare maggiori perdite energetiche dell'edificio; poiché un sistema di ventilazione ibrida consiste di molti componenti operanti piuttosto indipendentemente, il deficit di solamente uno di essi non porta al malfunzionamento complessivo dell'intero sistema). In edifici di dimensioni particolarmente rilevanti, con complessi sistemi di ventilazione ibrida, la manutenzione può essere pertanto eseguita da differenti tecnici specializzati, ma il tutto deve essere poi relazionato ad un unico referente responsabile della gestione dell'intero sistema.

**"SE HAI LA VENTILAZIONE MECCANICA, NON PUOI APRIRE LE FINESTRE E POI TI AMMALI DI PIÙ PERCHÉ L'ARIA È INQUINATA" ... LUOGHI COMUNI SENZA FONDAMENTA**

E' opportuno fare alcune precisazioni su alcune comuni "false credenze" relative agli impianti di ventilazione meccanica: in abitazioni con ventilazione meccanica non è possibile aprire le finestre. La ventilazione meccanica controllata utilizza macchine dotate di ventilatori indipendenti per l'aria in ingresso e in espulsione. Per questo motivo aprire le finestre non pregiudica il funzionamento del sistema ma, naturalmente, aumenterà il consumo energetico dell'edificio. Tuttavia, se l'impianto è stato progettato e realizzato in modo corretto, la necessità e la volontà di aprire le finestre da parte degli utenti saranno limitate in quanto la qualità dell'aria indoor verrà mantenuta a livelli ottimali.

I canali di distribuzione dell'aria non sono igienici e possono favorire lo sviluppo di microorganismi. I canali di ventilazione sono posizionati all'interno del volume isolato termicamente e riscaldati da un edificio, perciò sono mantenuti in temperatura, senza formazione di condensa al loro interno. In canali asciutti, microorganismi, funghi e batteri non sono in grado di svilupparsi. Inoltre i sistemi di ventilazione meccanica sono dotati di filtri sull'aria in ingresso e in espulsione e sono accessibili per le operazioni di pulizia e manutenzione periodica.

I sistemi di ventilazione meccanica sono rumorosi. Se correttamente dimensionati i sistemi di ventilazione meccanica operano con basse velocità dell'aria nei canali di distribuzione e i ventilatori stessi funzionano a basso numero di giri, generando poco rumore. Il rumore rimanente può essere ridotto con appositi silenziatori fino ad un limite di 25 dBA.

I sistemi di ventilazione meccanica creano fastidiose correnti d'aria in ambiente. Un sistema di ventilazione in un appartamento di 3-5 persone ha una portata di solamente 120-200 m<sup>3</sup>/h, perché la sua funzione primaria è quella di rimuovere gli inquinanti e l'umidità in eccesso. La portata d'aria è talmente bassa che il suo movimento, se le bocchette di immissione e ripresa sono correttamente dimensionate, può essere percepito solamente in prossimità delle stesse.

La ventilazione meccanica implica delle condizioni di aria secca nei locali. Il sistema di ventilazione permette di immettere aria di rinnovo in locali quali camere e soggiorni e di aspirarla da bagni e cucina. Dal momento che la portata d'aria è inferiore rispetto a quella che si avrebbe con una ventilazione naturale, l'ambiente è meno "deumidificato" dall'aria secca nella stagione invernale. In una casa con impianto di ventilazione meccanica l'aria troppo secca può essere dovuta ad un involucro con scarsa tenuta all'aria oppure ad una produzione interna di vapore troppo bassa o addirittura mancante.

La ventilazione meccanica implica una bassa qualità dell'aria. Il controllo automatico e il continuo ricambio d'aria assicura una qualità dell'aria più elevata rispetto a quella che si avrebbe con la sola apertura manuale dei serramenti. Tuttavia la ventilazione meccanica, così come quella naturale, non può risolvere il problema legato al rilascio di sostanze nocive in ambiente da parte di materiali da costruzione ed arredi (ad esempio formaldeide da collanti e pitture).