

La Ventilazione Meccanica Controllata nelle residenze: la tecnologia dei sistemi e le normative per il contenimento energetico secondo la direttiva CE/2002/91. Lo stato dell'arte.

BUTTÀ CLAUDIO; RAISA VALENTINA

AldesItalia spa, claudiobutta@aldesitalia.it

Assegnista di Ricerca dell'Università di Ferrara, valentinaraisa@aldesitalia.it

Abstract

La presente memoria propone una descrizione dei sistemi di ventilazione meccanica controllata per l'edilizia residenziale, una tecnologia innovativa dalle elevate prestazioni energetiche. Essi, infatti, permettono di controllare le portate di rinnovo evitando sprechi energetici ed assicurando al contempo idonee condizioni di salubrità degli spazi indoor. Per questo, a livello CEN, sono in corso di elaborazione alcuni progetti di norma proprio relativamente a queste tipologie impiantistiche. Lo studio proposto ha anche lo scopo di presentare lo stato dell'arte normativo nazionale ed internazionale sul tema.

1. INTRODUZIONE

Leggendo i dati dell'Organizzazione Mondiale della Sanità si verifica che i livelli di inquinamento indoor sono spesso più elevati rispetto che all'esterno e che molte malattie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare sono provocate proprio dalla pessima qualità dell'aria interna. Questo fattore è di particolare rilevanza se si considera che la maggior parte degli individui, nei paesi industrializzati, trascorre il 90% del proprio tempo in spazi confinati. La qualità dell'aria all'interno degli ambienti confinati, rappresenta un problema importante di sanità pubblica con conseguenti implicazioni sociali ed economiche. A questo proposito, sono particolarmente esaustivi i dati forniti nel documento "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli spazi confinati" elaborato da una commissione tecnico scientifica del Ministero della Salute e pubblicato nel 2001.

Una valida strategia per rimuovere gli inquinanti dagli ambienti indoor è il ricorso alla ventilazione di tipo meccanico controllato.

La denominazione VMC (ventilazione meccanica controllata) è stata così definita per specificare che un sistema meccanico, dotato di appositi componenti certificati, è in grado di calibrare le portate di rinnovo solo in base alle reali necessità degli ambienti (in base alle tipologie di inquinanti indoor, alle abitudini degli occupati ed alle prescrizioni di carattere normativo) evitando, quindi, sprechi energetici.

2. LA QUALITA' DELL'ARIA INDOOR

Già dai primi anni settanta, al fine di conseguire un maggiore risparmio energetico la ricerca si orientò al fine di studiare tecniche per isolare gli elementi di involucro opaco (tamponamenti, coperture, pavimenti) e cominciarono ad essere commercializzati vetri a camera e serramenti a taglio termico e con tenuta all'aria, in grado di abbattere il valore della trasmissione termica degli elementi vetrati di oltre il 50%.

Si arrivò, quindi, ad un ripensamento delle metodologie progettuali, ma si tennero in poco conto gli aspetti relativi al "ricambio dell'aria" ed al comfort termico con

conseguenti problemi quali la formazione di muffe e condense sulle pareti fredde o in prossimità dei ponti termici.

L'IAQ¹, al di là delle conseguenze prettamente "visibili" e fastidiose, è comunque caratterizzata dalla presenza di moltissimi agenti patogeni più o meno percepibili, come ad esempio quelli derivanti dai alcuni materiali di arredo (formaldeide), il radon o il particolato dovuto all'inquinamento atmosferico (PM₁₀, O₃, NO₂...).

E' stato dimostrato da numerose ricerche scientifiche a livello nazionale ed internazionale che l'inquinamento indoor può essere causa di una vasta gamma di effetti indesiderati, che vanno da disagio sensoriale, irritazione e secchezza delle mucose, fino a gravi effetti sulla salute, comprese patologie di tipo allergico o infettivo ed anche effetti di tipo cancerogeno.

Anche se vi è una limitata conoscenza delle sostanze emesse dai materiali usati negli ambienti indoor e del loro possibile impatto sulla salute, è risaputo che nel settore delle costruzioni diverse migliaia di composti chimici vengono usati in dosi massicce. Molti di questi vengono rilasciati come inquinanti nell'aria e di conseguenza assorbiti dall'organismo. Al momento, valutazioni tossicologiche e del rischio per la salute sono disponibili solo per una piccola parte di questi inquinanti. Molti dati, tuttavia, sono disponibili consultando riviste scientifiche internazionali ed il citato documento del 2001 elaborato dal Ministero della Salute. La tabella seguente riporta alcuni valori legati all'impatto socio sanitario dell'inquinamento indoor: (tab. 1)

Tabella 1 - Valutazione quantitativa dell'impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti (in Lire) per l'assistenza sanitaria attribuibili ogni anno agli inquinanti indoor in Italia. Fonte: Ministero della Salute, 2001.

Inquinante	Malattia	Impatto sanitario	Costi diretti
Allergeni (acari, muffe, forfore animali)	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>160.000 casi prevalenti /anno	>160 miliardi
Radon	Tumore del polmone	1.500- 6.000 decessi /anno	52-210 miliardi
Fumo di tabacco ambientale	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>30.000 casi prevalenti/anno	>30 miliardi
	Infezioni acute delle vie aeree sup. ed inf.	>50.000 nuovi casi/anno	non valutabile
	Tumore del polmone	>500 decessi /anno	>18 miliardi
	Infarto del miocardio	>900 decessi/anno	>15 miliardi
Benzene	Leucemia	36-190 casi/anno	1-7 miliardi
CO	Intossicazione acuta da CO	>200 decessi/anno	1 miliardo

3. LA VMC IN AMBITO RESIDENZIALE

L'uso della VMC in ambito residenziale è strettamente connesso alla presenza dell'uomo e alla sua attività metabolica.

I calcoli riportati di seguito aiutano a dedurre alcuni utili valori per calcolare le portate di rinnovo negli ambienti confinati.

La presenza di due persone in un ambiente dal volume di 54 m³, alla temperatura ideale di 20°C e con UR 50% innalza, dopo quattro ore, la concentrazione di vapore dell'aria ambiente (valore desumibile con un diagramma psicrometrico), pari a 470 g., di altri 440 g. per il fatto che ogni persona emette circa 55 g/h di vapore per un totale che corrisponde circa al 90% di UR.

¹ Indoor Air Quality

Tramite la formula [1] si è calcolato il valore di portata d'aria necessaria per mantenere l'UR pari al 60% in ambiente. Il valore è di 0,26 ricambi ora, pari ad una portata di circa 14-15 m³/h (valore che indichiamo con R1).

$$[1].....N = \frac{W}{(X_i - X_e)}$$

Dove:

N: numero dei ricambi orari

W: tasso di produzione dell'inquinante per m³/h

X_i: concentrazione dell'inquinante in aria ambiente

X_e: concentrazione dell'inquinante nell'aria esterna

Inoltre, la presenza di due persone in un ambiente dello stesso volume, alla concentrazione ideale di CO₂ pari a 1,5 l/m³, (concentrazione esterna media di CO₂ considerata pari a 0,4 l/m³) innalza, dopo quattro ore, il valore della concentrazione di CO₂ di altri 3.26 l/m³ per il fatto che ogni persona ne emette circa 22l/h.

Sempre tramite [1] si è calcolato il valore di portata d'aria necessaria per mantenere il tasso di CO₂ a livelli ottimali. Il valore è di 0,73 ricambi ora, pari ad una portata di circa 40-45 m³/h (valore che indichiamo con R2).

Operando una media tra R1 ed R2 e successivamente utilizzando [2], si ottiene che la portata ottimale per garantire la corretta concentrazione sia di vapore acqueo che di CO₂ in ambiente è pari a circa 0,5 Vol/h, valore per altro indicato dal DPR 412/93, all'articolo 8, comma 8, relativo al calcolo del FEN.

$$[2].....N_{ottimale} = \frac{R1 + R2}{2}$$

4. LA NORMATIVA NAZIONALE ED INTERNAZIONALE

Un importante documento di interesse a livello comunitario e' la Direttiva 89/106 sui prodotti della costruzione (CPD) che prevede che i prodotti e gli edifici in cui sono incorporati, possiedano sei requisiti essenziali, tra i quali la salute e l'igiene ambientale. I documenti interpretativi della direttiva definiscono l'igiene come assenza di inquinanti, tra i quali e' determinante l'acqua da condensazione.

Già nel 1967, tuttavia, il problema era fortemente sentito visto che la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 3151 prescriveva criteri per la valutazione delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione nelle costruzioni edilizie. Il testo si riferiva anche a *"fenomeni di condensazione sulla faccia interna delle pareti opache, a fatti connessi alla ventilazione degli ambienti, a fatti di permeabilità all'aria"* e precisava quali prescrizioni dovevano essere soddisfatte affinché: *"il vapor d'acqua miscelato all'aria contenuta nell'ambiente non possa condensarsi sulla faccia interna della parete opaca, sia assicurato un sufficiente ricambio dell'aria, la permeabilità all'aria della parete sia contenuta entro limiti accettabili"*.

La circolare prescriveva addirittura l'installazione di un impianto di ventilazione forzata oltre a precisare che: *"in nessun punto della faccia interna delle pareti*

delimitanti ogni ambiente la temperatura superficiale deve risultare inferiore alla temperatura di 14 °C in corrispondenza della temperatura esterna di progetto."

Successivamente, la Legge 10/91 prescriveva la verifica dell'assenza di fenomeni di condensazione interstiziale e superficiale; il progettista doveva emettere apposita relazione tecnica mediante l'applicazione del DM 13/12/93, attuativo dell'articolo 28 della citata Legge 10/91.

Con l'avvento del D. Lgs 192, attuativo della Direttiva Europea relativa al rendimento energetico nell'edilizia 2002/91/CE (EPBD), i Decreti del 1993 sono stati di fatto abrogati (per la precisione il DPR 412/93 solo in alcuni articoli) e solo in parte sostituiti. E' da notare che l'articolo 16 del di D. Lgs 192 abroga l'articolo 8, comma 8, del DPR 412/93 e quindi, di fatto, ogni prescrizione relativa ai tassi di ventilazione nell'edilizia residenziale. Ci si aspetta che nuovi valori vengano definiti entro pochi mesi, per l'emanazione di nuovi testi legislativi. Nell'attesa, i riferimenti sono la UNI 10339, Prospetto II, ed i regolamenti locali, soprattutto quelli di moderna concezione (ad esempio il Regolamento Edilizio Tipo della Regione Emilia Romagna).

Un importante indirizzo verso l'unificazione delle prescrizioni relative agli ambienti indoor sarà sicuramente costituito dalla definitiva applicazione della EPBD secondo il cui articolo 2 la ventilazione è annoverata tra i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio come il riscaldamento, il raffreddamento, e l'illuminazione. L'articolo 4, inoltre, nel definire i requisiti di rendimento energetico chiarisce che negli edifici devono essere evitati eventuali effetti negativi quali una "ventilazione inadeguata".

In pratica, gli standard progettuali dovrebbero incentivare la costruzione di edifici a basso consumo energetico, ossia attorno ai 30-50 kWh/m² annui contro i 70-110 kWh/m² annui degli edifici realizzati secondo la legge 10/91. La tabella successiva (tab. 2) riporta le classi di consumo di diverse tipologie di edifici.

Tabella 2: classificazione degli edifici in funziona della classe di consumo

Classe di Consumo annuo kWh/m ²	Qualità energetica	Descrizione
> 160	Bassa	Edifici realizzati intorno agli anni '60
110-160	Bassa	Edifici realizzati prima del 1976
70-110	Normale	Edifici realizzati secondo la legge 10/91
50-70	Media	Edifici a risparmio energetico
30-50	Medio-alta	Edifici a basso consumo
15-30	Alta	Edifici a bassissimo consumo
15	Altissima	Edifici solari passivi
0	altissima	Edifici a energia zero

Un documento molto importante, appartenente alle norme di supporto dell'EPBD che sarà pubblicato nel 2006, è il prEN 15251 "Criteria for the Indoor Environment include thermal, indoor air quality, light and noise" che propone un approccio per la certificazione dell'ambiente interno sottolineando come la qualificazione energetica di un edificio non avrebbe senso senza la contemporanea valutazione degli aspetti indoor.

Il tema relativo alla produzione ed al controllo dell'UR interna è descritto in particolar modo nell'appendice C (informativa) dove sono indicati alcuni dati, importanti ai fini progettuali, relativi ai valori di produzione di vapore acqueo, di

CO e di bioeffluenti, a seconda dell'età degli occupanti e della loro attività. La tabella 3 e 4 ne forniscono alcuni esempi.

Tab. 3 - fonte prEN 15251

Attività (edilizia residenziale)	Produzione di umidità (kg/giorno)
Cottura di cibi con fornello elettrico	2,0
Cottura di cibi con fornello a gas	3,0
Lavaggio delle mani	0,4
Fare il bagno o la doccia	0,2
Lavaggio del bucato a mano	0,5
Asciugatura dei panni non meccanica	1,5

Tab 4 - fonte prEN 15251

Numero di occupanti nella residenza	Produzione di umidità, (kg/giorno)		
	Bassa generazione (per esempio una famiglia educata sui temi della conduzione dell'edificio, oppure un alloggio frequentemente inoccupato)	Generazione tipica (per esempio una famiglia con bambini)	Alta generazione (per esempio una famiglia con adolescenti, oppure qualora si effettuino frequenti lavaggi)
1	3-4	6	9
2	4	8	11
3	4	9	12
4	5	10	14
5	6	11	15
6	7	12	16

Per ciò che attiene il metodo di valutazione delle dispersioni termiche dovute alla ventilazione è interessante notare come ogni paese abbia le sue normative di riferimento: l'Olanda si riferisce alle norme già esistenti NEN 5128 e NEN 1087 per il metodo di calcolo globale e la definizione dei sistemi di ventilazione; la Germania fa riferimento alla regolamentazione termica EnEv, e fa riferimento alla DIN 18559-6; Francia e Spagna integrano nei loro regolamenti di carattere nazionale i metodi di calcolo concernenti le dispersioni per effetto della ventilazione; l'Italia ha la UNI EN 832 che ha sostituito la UNI 10344, attuativa della Legge 10/91 (Zecchin, Raisa, 2005).

Sempre in Italia, la Provincia Autonoma di Bolzano ha elaborato un criterio di certificazione energetica degli edifici denominato "Casa Clima" il cui metodo di calcolo permette di valutare le perdite di calore per ventilazione, il cui valore è fissato in 0,5 vol/h.

A questo punto è interessante notare come a livello locale, siano stati vari i tentativi di dare vita a regolamenti edilizi, di igiene o leggi regionali improntati su dettami di carattere energetico.

Sono molto interessanti le Linee guida per la definizione di un Regolamento Edilizio Tipo Provinciale nella zona di Milano².

In questo documento, mentre l'art. 1.13 dal titolo "Certificazione energetica" rimanda alla necessità di applicazione della Direttiva 2002/91/CE, l'articolo 1.12

² Al momento attuale un gruppo di lavoro interno al CTI sta elaborando una proposta per definire alcune Linee Guida di carattere nazionale. I lavori dovrebbero essere conclusi per il mese di aprile 2006.

riguarda esclusivamente la ventilazione meccanica controllata rendendola obbligatoria per gli edifici nuovi e i casi di ristrutturazione globale.

Anche il Regolamento edilizio tipo della provincia di Torino, intende fornire una serie di parametri per l'uso razionale dell'energia. A livello impiantistico, di cui si tratta all'articolo 6 in termini di riscaldamento e raffrescamento ambientale, è "incentivato" l'uso di sistemi di ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recupero di calore per il controllo della purezza dell'aria, dell'umidità relativa e delle portate d'aria.

Altre regioni, tra cui la Toscana, la Lombardia, il Molise e le Marche, hanno provveduto ad emanare documenti quali i "Piani di indirizzo energetico" o Leggi regionali, ma essi non scendono nel campo tecnico in tema di ventilazione ambientale.

5. ASPETTI ENERGETICI

L'utilizzo di sistemi meccanici per il ricambio dell'aria negli alloggi contribuisce al contenimento delle dispersioni termiche dovute ai processi di ventilazione. L'apertura delle finestre, contrariamente a quanto si crede, deve essere ritenuta la modalità di aerazione più dispendiosa di energia perché le quantità dei ricambi dell'aria non possono essere "controllate" e, durante i seppur brevi periodi di apertura dei serramenti nella stagione invernale, le dispersioni di calore sono molto elevate. Ecco perché semplici studi energetici fanno corrispondere ai sistemi di ventilazione per apertura delle finestre ricambi attorno a 1,2 vol/h contro valori standard dei sistemi meccanici di 0,5 vol/h.

I sistemi di ventilazione per tiraggio naturali sono in molti casi "energivori" (casi di elevati ventosità al contorno e gradiente termico) ed in alcuni casi poco efficaci (ad esempio nella mezza stagione); in generale il loro impiego corrisponde a tassi di ricambio dell'aria di circa 0,8 vol/h.

I sistemi di aerazione per infiltrazione attraverso i serramenti, inoltre, sono assolutamente inefficaci. Questo è dovuto alla loro elevatissima tenuta che praticamente assolve alla ventilazione solo per tassi riconducibili a valori di 0,05 vol/h, per condizioni di ventosità e permeabilità verticale dell'edificio medie.

Nei casi di impiego di sistemi meccanici occorre considerare che si utilizzano in norma ventilatori a basso consumo energetico (solitamente il consumo incide circa dai 25 W ai 40 W per alloggio), a curva piatta ed eventualmente dotati di inverter. I sistemi a portata fissa sono solitamente tarati per permettere una ventilazione continua di 0,5 vol/h. I sistemi di tipo igroregolabile, invece, presentano una media di tassi di ventilazione attorno a 0,4 vol/h ed il loro utilizzo comporta di norma un risparmio energetico di circa 15% rispetto all'utilizzo di un sistema meccanico a portata fissa. L'impiego di un sistema con recupero di calore statico, solitamente dimensionato per un ricambio pari a 0,5 vol/h è paragonabile, in termini di consumi, ad un sistema a semplice flusso che effettui un ricambio di 0,25 vol/h.

L'immagine seguente (fig. 1) riassume le considerazioni di carattere energetico sopra espresse. I dati sono relativi ad un alloggio standard di circa 60 m², dotato di riscaldamento a gas autonomo e sito nella zona climatica di Milano. Si noti che l'impiego di dispositivi meccanici (evidenziato dal colore blu) incide in termini di maggior controllo delle portate e quindi di contenimento dei consumi energetici per la ventilazione ed il riscaldamento dell'aria.

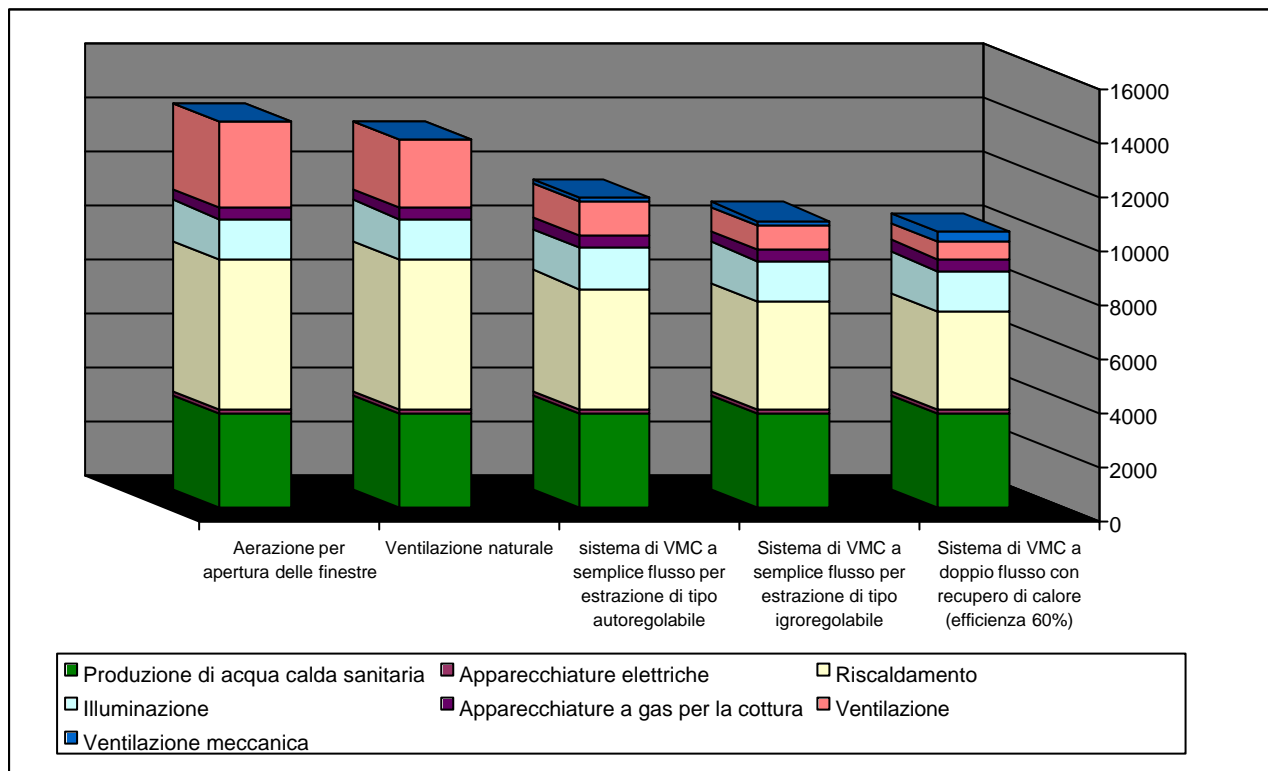


Fig. 1 - Consumi energetici riferiti all'alloggio tipo espressi in kWh di EP annua. Fonte: ricerche Alde France

In termini di costo, l'installazione di un sistema di VMC in fase di nuova realizzazione, incide in percentuale, da 0,25% a 1,2% del costo di un alloggio a seconda della tipologia del sistema utilizzato.

6. DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI VMC

I sistemi di VMC sono semplici impianti che realizzano in maniera continuativa il ricambio dell'aria. Ne esistono due tipologie: a semplice flusso e a doppio flusso. Il loro principio di funzionamento è il medesimo: immissione dell'aria nuova nei locali "nobili" ossia a bassa produzione di inquinanti (come soggiorni e camere da letto) ed estrazione dell'aria viziata dai locali tecnici, o ad alta produzione di inquinanti (come cucine e servizi igienici). Nei sistemi a semplice flusso l'immissione dell'aria nuova avviene tramite dispositivi chiamati "ingressi aria" installati ad infisso o a cassonetto, mentre l'evacuazione avviene da apposite bocchette collegate alla rete aeraulica di estrazione per effetto della depressione creata dal ventilatore. La manutenzione delle bocchette viene eseguita dall'utente con una pulizia periodica eseguita durante le normali faccende domestiche. La pulizia dei canali, invece, andrebbe eseguita almeno una volta ogni due anni mediante semplici operazioni da parte di tecnico specializzato.

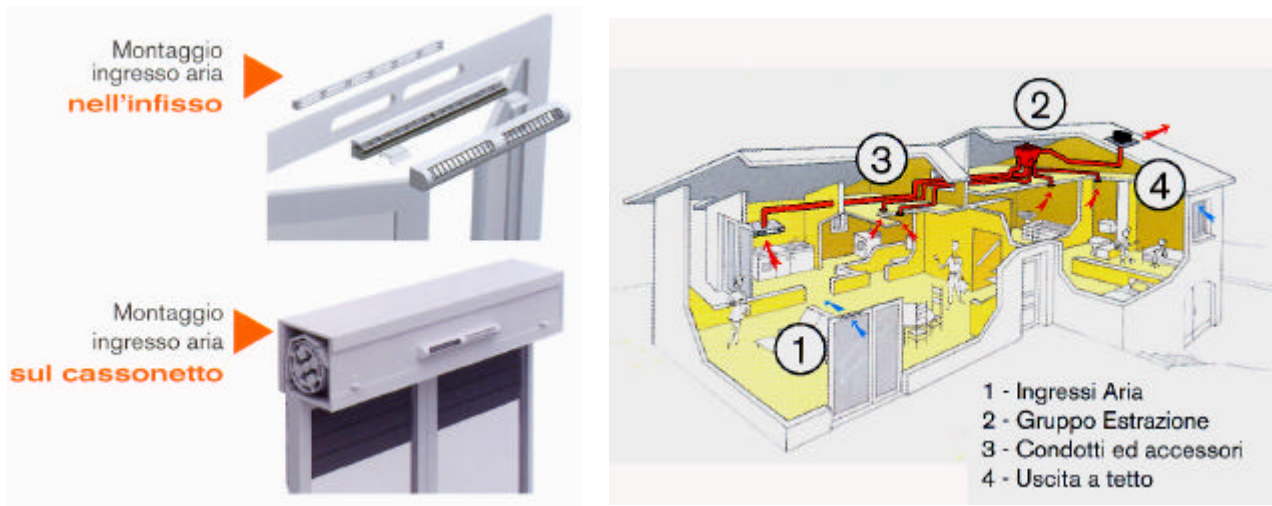


Fig. 2: esempio di montaggio dell'ingresso aria per sistemi di VMC a semplice flusso

Questi sistemi possono essere del tipo a portata fissa (solitamente 0,5 vol/h) oppure a portata variabile del tipo "igroregolabile". In questo secondo caso, appositi sensori di UR interna inseriti nei dispositivi di immissione e di estrazione fanno sì che il sistema si autoregoli variando la portata di ventilazione in base al tasso di UR interna.

I sistemi a doppio flusso (fig. 3), con recuperatore di calore che può essere di tipo statico o termodinamico, sono invece dotati di due ventilatori e due rispettive reti aerauliche, una per l'immissione, una per l'estrazione. Questi sistemi sono particolarmente pregiati per la possibilità di filtrazione dell'aria in ingresso e per la possibilità di recuperare parte del calore dell'aria in uscita a seconda dell'efficacia del recuperatore.

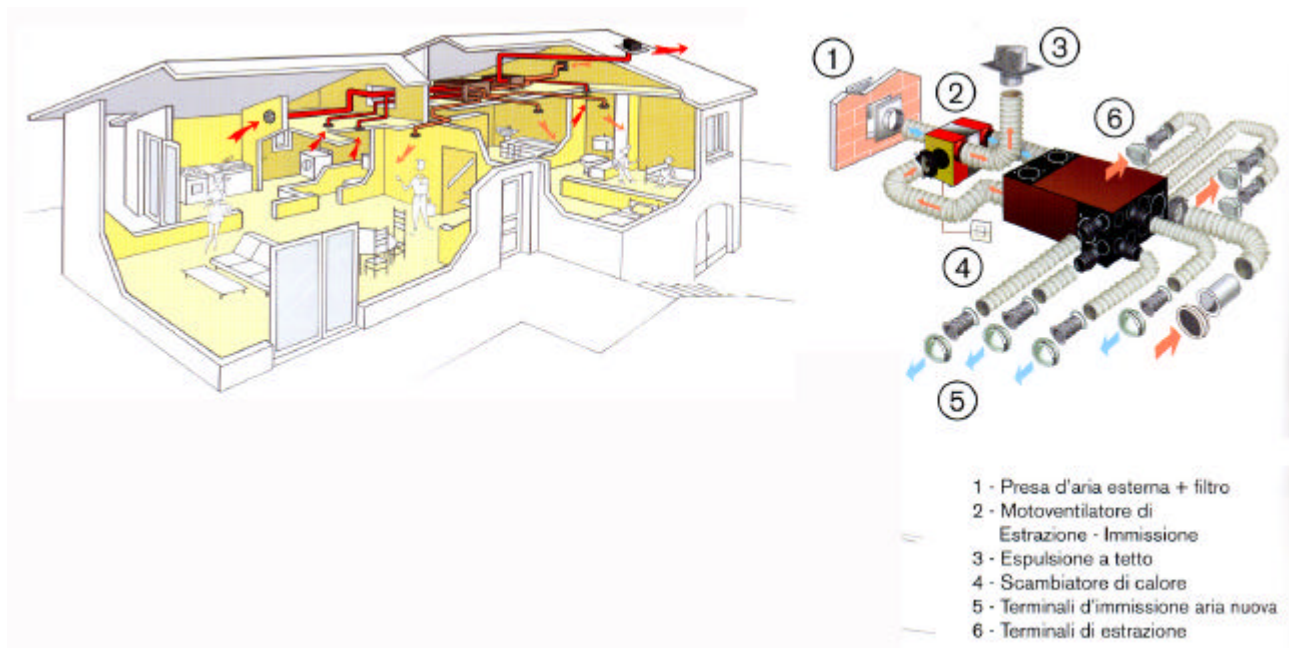


Fig. 3 - Sistema di VMC a doppio flusso con recupero di calore di tipo statico

Entrambe le tipologie di sistemi si possono installare nella singola abitazione e nei condomini di piccole e grandi dimensioni. A livello di alloggi collettivi, un unico ventilatore centralizzato serve tutte le utenze. In queste situazioni sono particolarmente evidenti i vantaggi in termini di contenimento degli spazi. Qualora fossero presenti dei bagni ciechi sovrapposti, infatti, un unico condotto di estrazione (che ad esempio per una colonna di 6 bagni sovrapposti ha alla base un diametro di circa 125 mm ed all'ultimo piano un diametro di 160 mm) realizza simultaneamente la loro ventilazione. Senza un sistema di VMC sarebbero invece impiegati più condotti singoli di diametro 100 mm con la conseguente necessità di un cavedio molto più ingombrante.

Le figure successive (Fig. 4 a, b, c, d) illustrano alcune fasi di cantiere ed alcuni componenti.



Foto 4 a: montanti verticali



Foto 4 b: montanti verticali



Foto 4 c: elettroventilatori a tetto

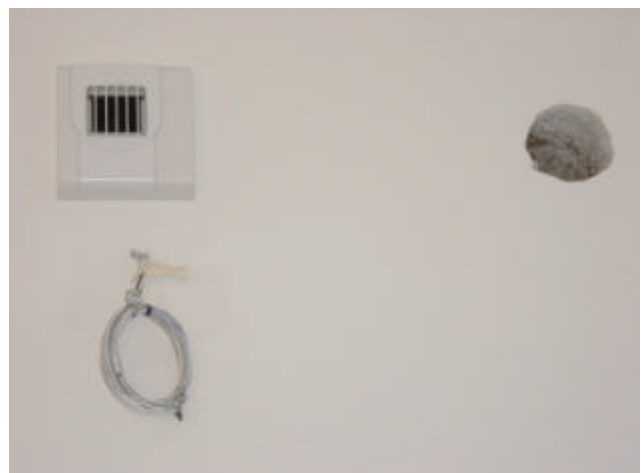


Foto 4 d: bocchetta di estrazione igroregolabile

Si noti che in Francia la pratica di esecuzione di impianti di VMC fa sì che anche le cappe di cucina siano collegate ad un unico condotto di ventilazione ed all'unico ventilatore. In questa maniera il contenimento degli ingombri è massimo così come la riduzione della presenza di camini a livello di copertura.

6. CONCLUSIONI

Lo scritto, che espone considerazioni di carattere impiantistico, normativo, energetico ed igienico sanitario, chiarisce che le abitazioni del prossimo futuro, realizzate e certificate secondo i dettami della Direttiva Europea 2002/91/CE,

difficilmente potranno prescindere dall'impiego di sistemi di VMC. Tali tecnologie, di semplice ed economica installazione, contribuiscono al mantenimento di idonee condizioni di salubrità all'interno degli ambienti, garantiscono livelli adeguati di IAQ e contribuiscono, differentemente ai sistemi naturali, a contenere i consumi energetici dovuti ai processi di ventilazione.

Bibliografia

- CIRCOLARE DEL MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, N.3151/1967, "Criteri di valutazione delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione nelle costruzioni edilizie."
- Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10."
- Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico dell'edilizia, in GUCE L 1/66 del 4 gennaio 2003
- EPBD-WI31, "Criteria for the indoor environment including thermal, indoor air quality (ventilation), light and noise", CEN/TC 156, 30 dicembre 2004
- Filippi M., Maga C., "La certificazione energetica degli edifici - procedure nei paesi europei", in CDA n. 10, novembre 2004
- Legge 10 gennaio 1991, "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia."
- Linee Guida per la definizione di un Regolamento Edilizio tipo Provinciale della Provincia di Milano, edizione del 15 luglio 2005
- Buttà C., "I sistemi di ventilazione meccanica controllata: normativa ed applicazioni"
- Mazzacane S., Raisa V., "La normativa nazionale ed internazionale nel settore della ventilazione meccanica controllata nell'edilizia residenziale: analisi critica dello stato dell'arte e suggerimenti per le future linee di sviluppo", Convegno AICARR "Sistemi e impianti per il controllo della qualità dell'aria e dell'umidità", Bologna, 17 Ottobre 2002
- Ufficio Aria e Rumore, "Casa Clima", pubblicazione aggiornata a autunno 2003, disponibile sul sito della Provincia Autonoma di Bolzano
- UNI EN 832-2001, " Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali."
- UNI 10339, Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura. UNI, 1995
- www.cti2000.it
- S.O. 252, G.U. 276, 27 novembre 2001, "Accordo tra il ministero della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati"
- Zecchin R., Raisa V., "La ventilazione nell'edilizia residenziale. Le normative sulla certificazione energetica degli edifici: lo stato dell'arte", in CDA, n.11 Dicembre 2005, Reed Business Information
- Zecchin R., Raisa V., "Norme sulla ventilazione in ambito EPBD. La nuova normativa sulla ventilazione nell'edilizia residenziale ai fini della certificazione energetica nell'edilizia" in CDA, n. 2, Febbraio 2006
-