

LA CONTROELICA D.N.A.

Sistema di ventilazione domestica decentralizzato, a recupero di calore con doppio flusso in controcorrente.

Negli ultimi anni si sta affermando in maniera sempre più crescente, la necessità di realizzare un corretto ricambio d'aria nelle abitazioni, evitando nel contempo di disperdere il calore contenuto nell'aria espulsa.

I sistemi di ventilazione domestica prendono il nome di VMC (ventilazione meccanica controllata), sono in grado di ricambiare l'aria interna in maniera automatica, senza che gli occupanti debbano aprire le finestre. Ultimamente si stanno diffondendo in maniera sempre più estesa i sistemi a recupero di energia, detti anche HRV (Heat Recovery Systems) o ERV (Energy Recovery Systems).

La differenza fra gli HRV ed i ERV, è che i primi recuperano solo il calore sensibile dall'aria esausta, mentre i secondi detti anche "entalpici", recuperano anche il calore latente di condensazione e sono quindi più efficienti.

*L'ERV – [Energy Recovery Ventilation](#) (Ventilazione con Recupero di Energia) si riferisce al recupero dell'energia persa in genere attraverso il processo di ventilazione dell'edificio. L'aria condizionata che è abitualmente prodotta per gli edifici residenziale e commerciale, contiene una quantità significativa di energia sotto forma di calore o di "fresco" e di umidità che viene persa nell'ambiente esterno. Come parte di un processo di preconditionamento, il sistema di ERV trasferire l'energia contenuta nell'aria "viziata" all'aria "fresca" in entrata. L'uso di una ventilazione con recupero di energia (ERV) può avere significativi benefici sia direttamente che indirettamente, in termini di efficienza energetica, qualità dell'aria interna, e minimizzazione della potenza degli impianti di condizionamento (HVAC).
(dal sito www.recyclingair.com)*

I sistemi VMC possono essere o centralizzati, oppure decentralizzati.

I **decentralizzati** sono apparati di piccola dimensione, adatti a ricambiare l'aria di un singolo locale.

Normalmente si tratta di sistemi di ventilazione singoli che hanno portate variabili fra i 20 ed i 60 m³/h, e consumi di energia fra gli 1,5 W per i più evoluti, ed i 40 W per quelli più antiquati.

Gli apparati generano due flussi d'aria, uno in uscita, detto anche **estrazione**, dove l'aria interna viene espulsa all'esterno, ed uno di entrata o di **immissione** dove l'aria esterna viene introdotta all'interno.

Quasi tutti gli apparati presenti sul mercato realizzano **contemporaneamente** l'immissione e l'espulsione, mentre alcuni altri lo fanno in modalità **ciclica alternata**.

Se la portata dell'aria in entrata è identica a quella di uscita, si chiamano "**a flusso bilanciato**", mentre gli altri sono "**a flusso non bilanciato**".

Generalmente gli impianti a flusso sbilanciato, hanno una portata in estrazione, superiore a quella di immissione. Infatti talvolta vengono anche chiamati "**estrattori con recupero di calore**", perché concettualmente derivano da tali apparecchi.

Il motivo di questo flusso sbilanciato è presto spiegato.

Essendo la quantità d'aria in uscita più alta rispetto a quella in ingresso, si riesce a trasferire una maggiore quantità di calore contenuta nell'abbondante aria calda uscente, sulla minore aria fredda entrante.

LA CONTROELICA D.N.A.

In questo modo i produttori di apparati di basse prestazioni riescono a dichiarare valori di “recupero energetico” soddisfacenti. Ad es. il Tempero della Oerre: <http://www.oerre.it/prodotti/schede/tempero.pdf> Dichiarava un recupero del 70%, ma questo viene ottenuto attraverso uno sbilanciamento con 70 mc/h estratti, a fronte dei 60 mc/h immessi.

I flussi sbilanciati sono tali da creare una depressione nel locale dove sono installati. **Questo fatto rappresenta un problema**, sia perché aumenta la presenza di spifferi, e sia perché la depressione non è ammessa nei locali dove sono presenti stufe, caldaie, camini o più in generale dove vi sia combustione.

Un altro elemento a sfavore è il rendimento complessivo più basso, perché la differenza fra il flusso in uscita e quello in entrata, verrà compensato dall'ingresso di **nuova aria fredda** non trattata, attraverso gli spifferi.

Un altro problema è rappresentato dal **radon**, che viene richiamato dalla depressione presente nei locali. Per i motivi descritti, è sempre preferibile non avere apparati che generano **depressione** nei locali domestici.

Generalmente gli impianti VMC vengono installati su una parete dell'abitazione, previa realizzazione di un foro passante. Alcuni apparati necessitano di **due fori distinti**, uno per l'estrazione e l'altro per l'immissione ad es. Meltem

<http://www.meltem.com/it/recupero-energetico/principio-di-funzionamento/principio-di-funzionamento/>

La quasi totalità degli apparecchi esistenti utilizza il foro (o i fori) solo per consentire il passaggio dell'aria, ed in questi casi il diametro è fra i 100 ed i 120 mm.

Tutti i produttori raccomandano che il foro sia leggermente inclinato verso l'esterno (almeno 3%) per consentire l'evacuazione dell'eventuale condensa.

Alcuni fra i sistemi più moderni ed efficienti invece, vengono alloggiati all'interno del foro parete, che in questi casi dovrà essere di maggiore diametro. Al momento sono presenti sul mercato apparati con diametro dai 350 mm ai 150 mm, che sono **alloggiati all'interno del foro parete**.

Dovendo generare due flussi d'aria con verso opposto, gli apparati sono generalmente dotati di **due ventole**, che sono a loro volta azionate da **due motori**, normalmente di pari caratteristiche.

I due flussi opposti attraversano uno scambiatore, che ha la funzione di trasferire il calore dall'aria calda a quella fredda. Gli apparati possono funzionare indifferentemente sia nel periodo estivo che in quello invernale, quindi non esiste un flusso sempre caldo né uno sempre freddo.

Convenzionalmente però, si parla sempre di estrazione di aria calda ed immissione di aria fredda, rappresentando la modalità di funzionamento invernale, che è la più gravosa.

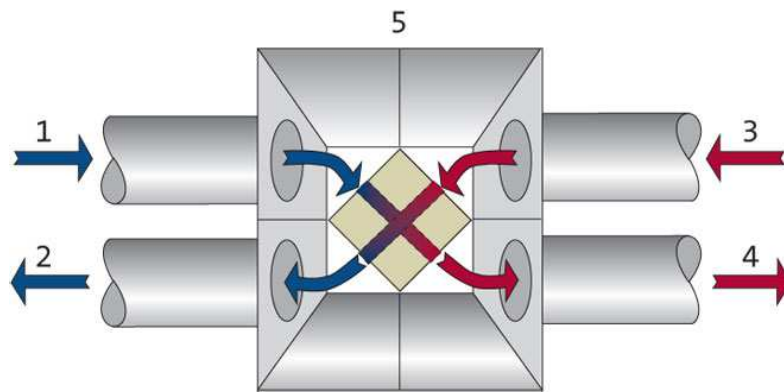
Lo scambio di calore deve quindi avvenire nei due sensi, perciò **gli scambiatori di calore sono simmetrici**.

Tutti i sistemi di ventilazione sono sempre dotati di un **filtro** che trattiene la polvere. In molti casi i filtri sono due: uno per l'aria interna e l'altro per quella esterna. I sistemi più economici hanno un filtro molto semplice in classe di filtrazione grossa G3 o G4, quelli più evoluti raggiungono il livello fine F9 per l'aria immessa, capace di trattenere i **pollini**.

LA CONTROELICA D.N.A.

Scambiatori di calore

Quasi tutti gli apparati VMC sia centralizzati che decentralizzati, impiegano uno scambiatore di calore aria-aria a flussi incrociati, dove le due correnti d'aria calda e fredda percorrono direzioni all'incirca ortogonali fra loro, **senza mai incontrarsi né miscelarsi**.

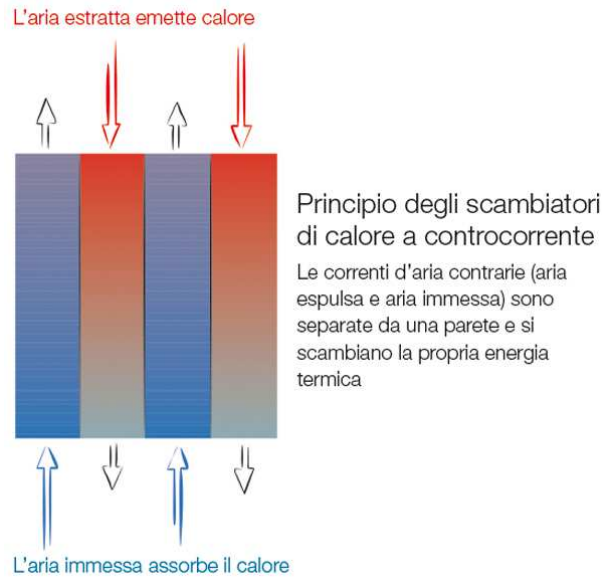


Questa categoria di scambiatori ha **un'efficienza di scambio piuttosto bassa**, fra il 50 ed il 65%, ma ha il vantaggio di avere una forma compatta, che si presta bene ad applicazioni in spazi ridotti.

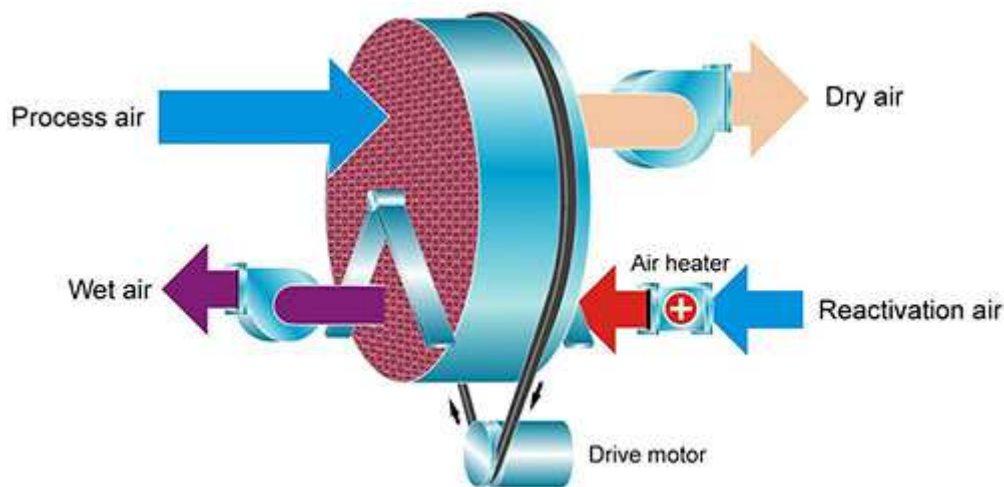
Gli scambiatori di calore **in controcorrente** invece, sono caratterizzati da un'efficienza di scambio **molto più elevata, di circa il 30% superiore**, ma risultano essere di maggiore difficoltà costruttiva.

Nei sistemi VMC decentralizzati questi scambiatori non vengono utilizzati, mentre talvolta sono adottati su impianti centralizzati o su unità di grosse dimensioni.

LA CONTROELICA D.N.A.



Sugli impianti più complessi e costosi si utilizzano anche i recuperatori a **disco rotante rigenerativo**, che sono in grado di recuperare quasi tutta l'energia di condensazione contenuta nel vapore. Questa tecnica ideata dallo svedese **Munters** nel 1955, è impiegata solo su impianti ad elevatissima efficienza.



Nel settore domestico viene utilizzata dalla Hoval su impianti centralizzati:

<http://www.homevent.it/it/VMC-HomeVent180>

Materiali utilizzati per gli scambiatori

I materiali generalmente impiegati sono la plastica per gli scambiatori di basso costo, e l'alluminio per quelli più pregiati. La giapponese Daikin utilizza un esclusivo sistema di propria ideazione realizzato in **carta ad alto rendimento (HEP)**, capace di trasferire una parte del calore latente oltre quello sensibile:

<http://www.absolutecold.it/pages/listini/pdf/new/vam-vkmp.pdf>

Non risulta al momento che alcun produttore di VMC utilizzi scambiatori in rame, a tubi o a lamelle.

LA CONTROELICA D.N.A.

Inventer

Una novità di rilievo nel settore della VMC con ERV, è stata l'idea della tedesca Inventer, brevettata oltre 20 anni fa.

<http://www.inventer.it/>

Si tratta di un apparato di ventilazione con **accumulatore rigenerativo**, dove una sola ventola aziona un flusso d'aria con ciclo alternato. Per 70 secondi in estrazione, e per altrettanti in immissione. L'aria viene fatta passare attraverso un cilindro di ceramica dotato di numerosi fori longitudinali, paralleli fra loro ed orientati secondo il suo asse.

Quando l'aria calda (interna o esterna non cambia) attraversa il cilindro freddo, cede il calore sensibile derivante dalla sua maggiore temperatura, oltre a quello latente dovuto alla condensazione del vapore, nelle porosità dell'accumulatore di calore.

Durante il ciclo inverso avviene l'opposto. Il flusso di aria fredda attraversa il cilindro caldo scaldandosi, e l'umidità precedentemente accumulata viene trasferita al flusso d'aria, compreso il **calore di evaporazione**.

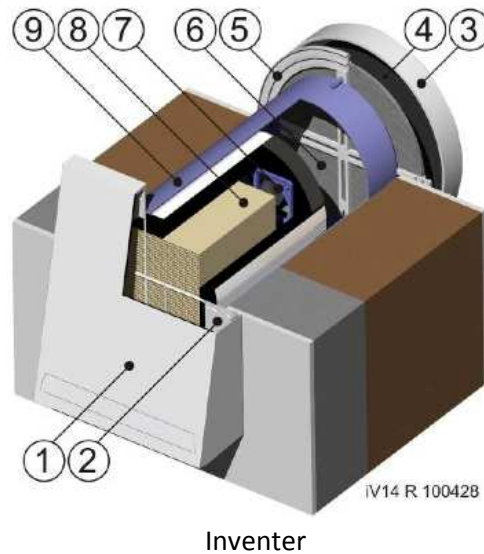
Un apparato di questo tipo ha un **rendimento del 91% circa**, utilizzando un solo motore della potenza di **3 W**.

Recentemente anche la tedesca Lunos ha elaborato uno scambiatore rigenerativo, utilizzando in accoppiata **due apparati** posti nello stesso locale o in locali adiacenti, che comunicano fra loro tramite Wi-Fi e sono sincronizzati per funzionare in modalità **alternata abbinata**. Quindi mentre uno immette, l'altro estrae, e viceversa. In questo modo viene eliminato il problema della depressione nel ciclo di estrazione, ma si rendono necessari **due apparati**.

Sia la InVerter che la Lunos costruiscono un altro apparato, a flusso bilanciato, funzionante sempre secondo il principio precedentemente esposto dell'intermittenza, dotato di due distinti condotti all'interno dello stesso foro parete. Appare evidente che inserire due condotti a sezione circolare, all'interno di un cilindro, costituisce una **forzatura geometrica**, che rende difficoltoso il realizzarsi di flussi **aeraulici efficienti**.

C'è inoltre da evidenziare che i recuperatori rigenerativi, trattengono una buona parte dell'umidità condensata nella massa del cilindro in ceramica, per poi restituirla durante il ciclo successivo. Quindi **non sono adatti per estrarre umidità** dagli ambienti.

LA CONTROELICA D.N.A.



Principali problemi e limitazioni degli apparati finora utilizzati:

- Rumore
- Ingombro
- Basso rendimento di recupero
- Flusso sbilanciato
- Proliferazioni batteriche nello scambiatore

(QUESTO ARGOMENTO E' STATO SEMPRE VOLUTAMENTE SORVOLATO DA TUTTI I PRODUTTORI)

Invenzione della Controelica

L'invenzione rappresentata, si propone di realizzare un apparato VMC antibatterico naturale con elevato recupero di calore, e dotato di doppio flusso in controcorrente. Tale flusso potrà essere o continuo o ciclico alternato, consentendo quindi il funzionamento sia di scambiatori di calore classici che a recupero rigenerativo.

Ciò che rende unico l'apparato VMC descritto di seguito è l'elica a doppio passo invertito.

Non risulta che ad oggi siano mai state costruite o utilizzate delle eliche di questo tipo, con lo scopo di generare due **flussi fluidi regolari in direzioni diverse**.

Fanno eccezione le eliche dei miscelatori di fluidi detti anche agitatori, dove la realizzazione del doppio passo invertito ha la funzione di creare la **massima turbolenza possibile**. La turbolenza dal punto di vista fluidodinamico è un fenomeno puramente dissipativo, cioè **inefficiente**. Le eliche sono sempre state progettate e costruite per ottenere un **flusso unidirezionale efficiente** determinato dalla rotazione dell'asse, e dal passo dell'elica medesima.

LA CONTROELICA D.N.A.

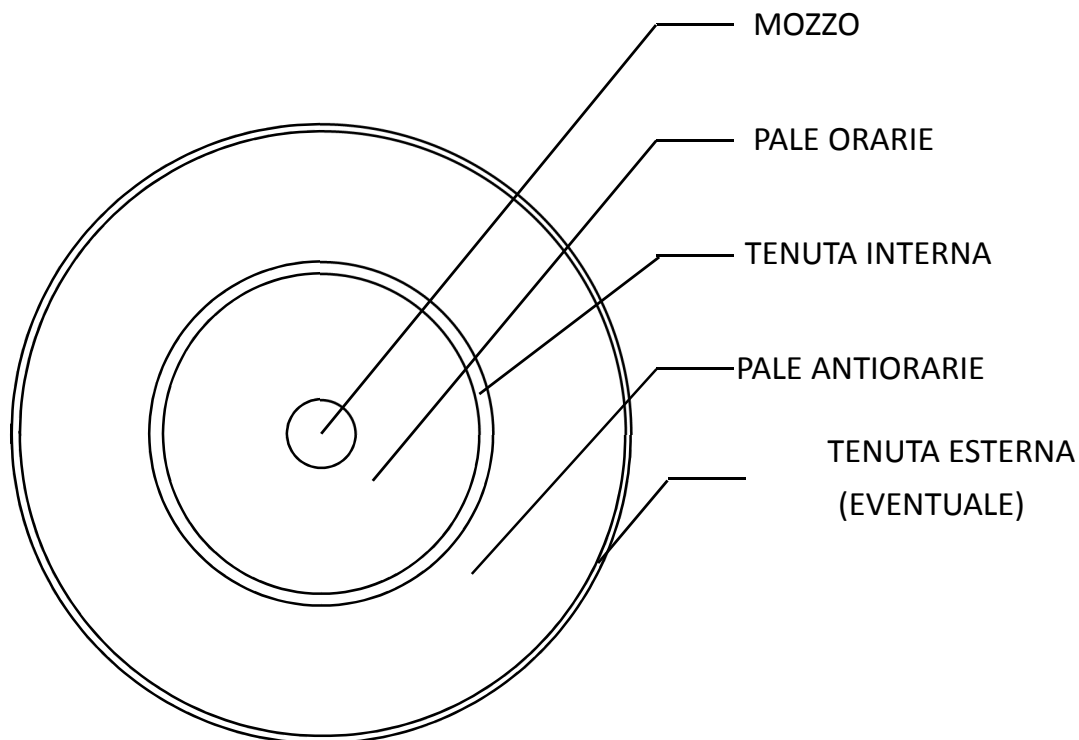
La particolare conformazione della controelica, consente di realizzare contemporaneamente **due flussi d'aria regolari** in versi e/o direzioni opposte.

Descrizione della controelica elementare

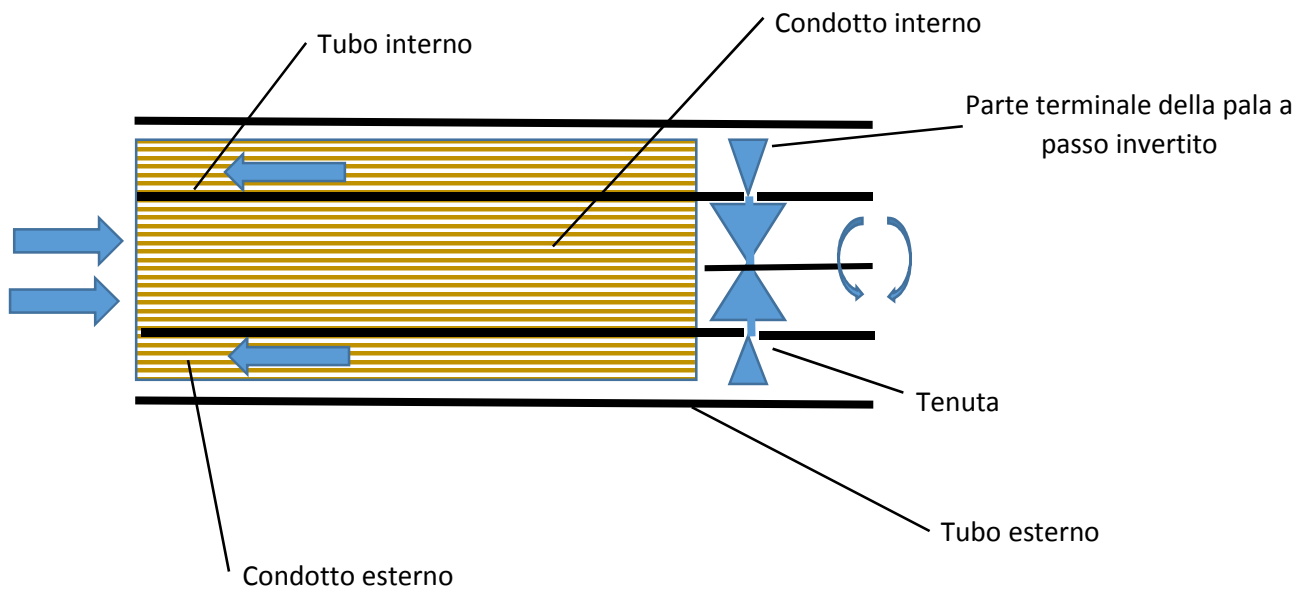
Costruzione meccanica rotante atta alla generazione di più flussi regolari contemporanei di fluido, in direzioni diverse o in verso opposto, ottenuti mediante l'impiego di idonea tenuta di separazione fra i fluidi medesimi.

Un'altra forma preferita consente la realizzazione delle pale sull'anello esterno, capaci di realizzare un **flusso d'aria centrifugo**.

Il numero di pale, il loro passo e la rispettiva forma geometrica dipenderanno dalle condizioni di progetto, come ad esempio, la portata, la prevalenza, la rumorosità, il rendimento, ed altri parametri che verranno valutati in base alle applicazioni previste.



LA CONTROELICA D.N.A.



Tipologie di tenuta

Nella costruzione di macchine è spesso necessaria la realizzazione di elementi di tenuta ai fluidi su organi in rotazione. Nella tipologia di tenuta allo studio, dobbiamo tenere conto di questi due elementi fondamentali:

- La differenza di pressione fra i fluidi in controcorrente è estremamente bassa
- La potenza in gioco è minima, quindi è sconsigliabile dissipare energia per mezzo di attriti

La scelta più indicata potrebbe essere quella di realizzare dei giochi di accoppiamento ridottissimi, tali da sfruttare al meglio le caratteristiche di viscosità dell'aria nel suo strato limite, attraverso l'impiego di una **tenuta a labirinto**. Praticamente si tratterebbe di far scorrere le superfici di tenuta molto vicine fra loro, in modo da limitare al massimo i trafilamenti di fluido fra il condotto esterno e quello interno, **senza alcun contatto reciproco**.

E' da sottolineare che l'eventuale rimescolamento di piccole quantità d'aria fra i due condotti, non avrebbe alcun tipo di conseguenza, se non una minima variazione del rendimento. Infatti non vengono processati fluidi tossici o pericolosi, ma solo aria già presente all'interno o all'esterno dell'edificio.

Come riferimento cito l'Aerovital della tedesca Siegenia Aubi:

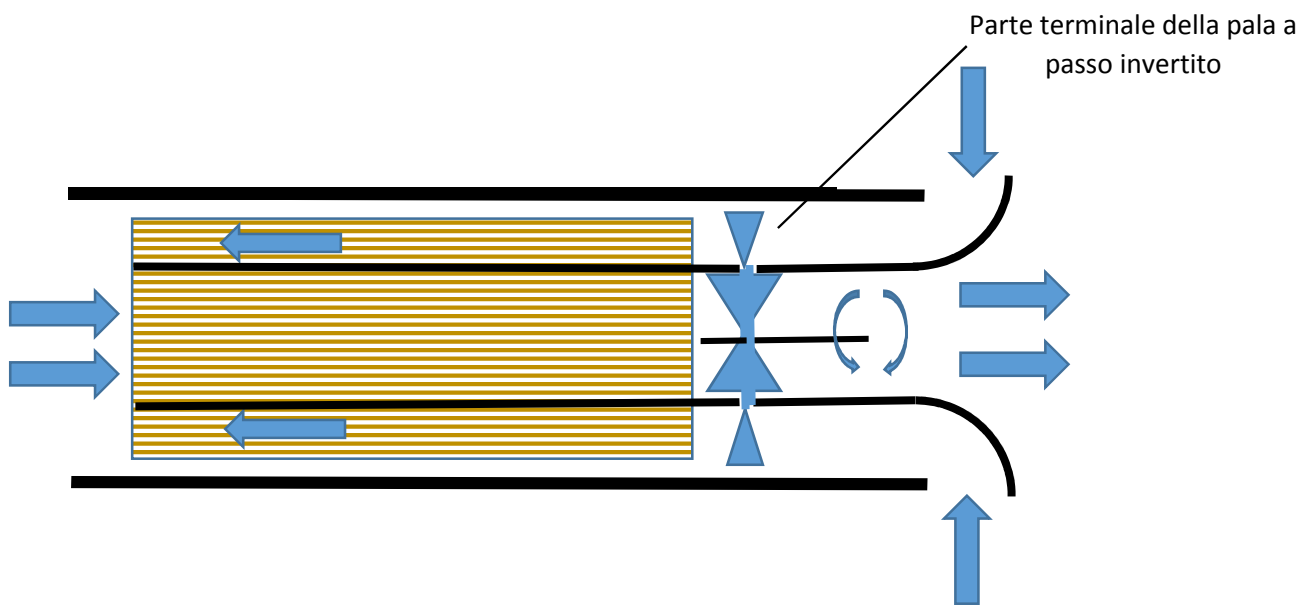
<http://www.siegenia.com/it/00002/0004/0002/0003/index.html>

che nel settore è considerato da tutti il miglior apparato realizzato, e che promette rendimenti di recupero del 73% mediante scambiatore in alluminio a flussi incrociati.

In uno studio al quale ho partecipato personalmente, condotto dal **Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano (Prof. Molinaroli)**, è risultato che l'apparato citato, installato secondo scheda tecnica, realizza un valore di **cortocircuito dell'aria pari al 45,3 %**.

LA CONTROELICA D.N.A.

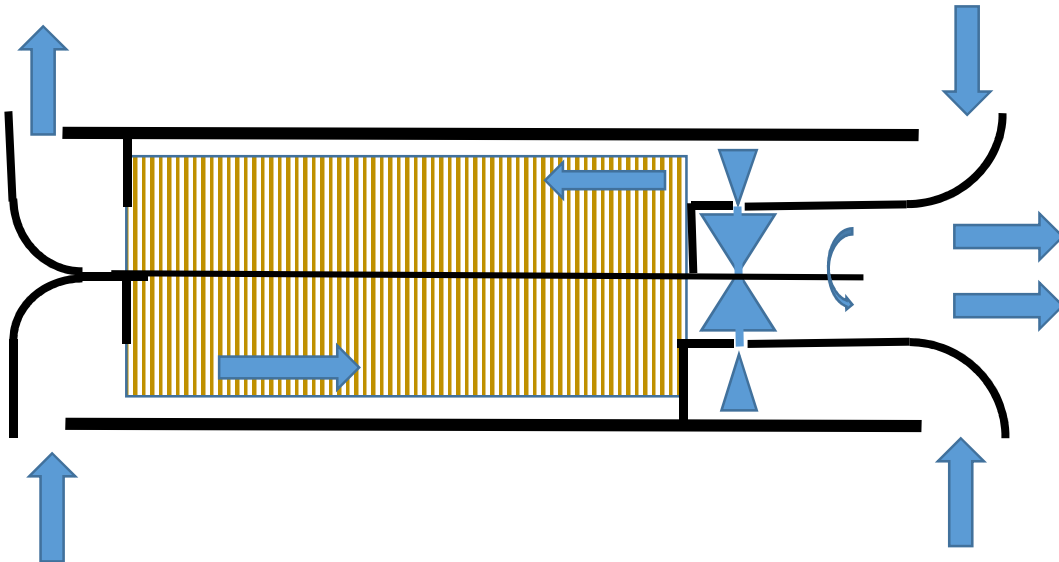
CONTROELICA IMPIEGATA IN UN APPARATO RIGENERATIVO



L'impiego della controelica, ovvero di un'elica capace di realizzare contemporaneamente due o più flussi aventi direzioni diverse, risulta particolarmente utile negli apparati a recupero rigenerativo, infatti consente di realizzare il funzionamento nella modalità ciclica alternata propria del sistema, correggendo permanentemente lo sbilanciamento. Progettando opportunamente sezioni dei condotti, passo dell'elica, velocità del motore e tempo di intermittenza, si ottiene un flusso sempre bilanciato in entrambi i versi di rotazione del motore, e con qualsiasi velocità dell'aria.

LA CONTROELICA D.N.A.

CONTROELICA IMPIEGATA IN UN APPARATO A FLUSSO CONTINUO



La controelica risulta essere inoltre la soluzione migliore anche negli apparati a flusso continuo. In questi casi il moto dell'aria all'interno dei condotti avrà sempre lo stesso verso. Lo scambio di calore avverrà all'interno dello scambiatore a lamelle in controcorrente, che potrà alloggiare al suo interno dei sistemi adatti ad **incrementare lo scambio termico, e/o a ridurre la trasmissione del rumore, e/o composti catalitici capaci di abbattere la presenza di inquinanti.**

La costruzione dello scambiatore sarà simile a quella del prototipo in cartoncino già visionato, e sarà caratterizzata da diversi elementi distinti non comunicanti fra loro, aventi forma di settore cilindrico o simile e dotati di aperture alle estremità, posizionate in modo tale da non disturbare il flusso d'aria proveniente dai settori adiacenti. Lo scambio di calore avverrà attraverso le superfici dei setti divisori comuni, che all'occorrenza **potranno essere nervate o plissettate per aumentare la conduzione termica.**

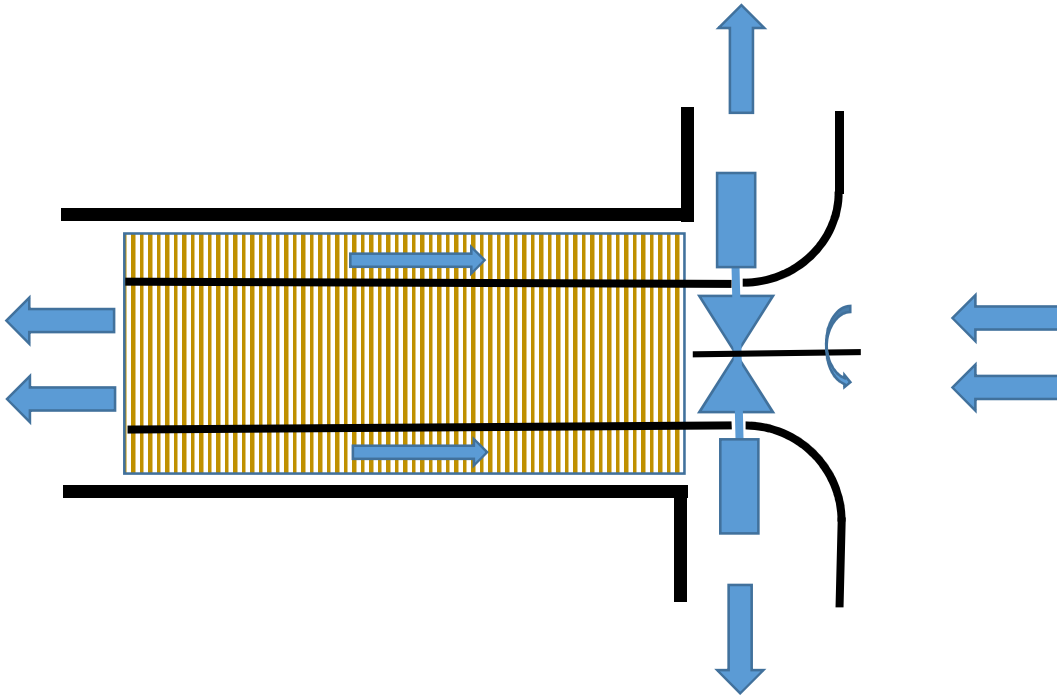
E' prevista inoltre la canalizzazione dell'eventuale condensa ai fini della sua evacuazione in esterno.

Nella figura sono rappresentati due distinti elementi dello scambiatore in controcorrente.

Sono chiaramente visibili i due flussi opposti, generati dal funzionamento della controelica.

LA CONTROELICA D.N.A.

CONTROELICA DOTATA DI ANELLO INTERNO ASSIALE ED ANELLO ESTERNO CENTRIFUGO



Una particolare conformazione possibile della controelica è quella dove l'anello esterno avrà le pale orientate secondo un profilo centrifugo, anziché assiale

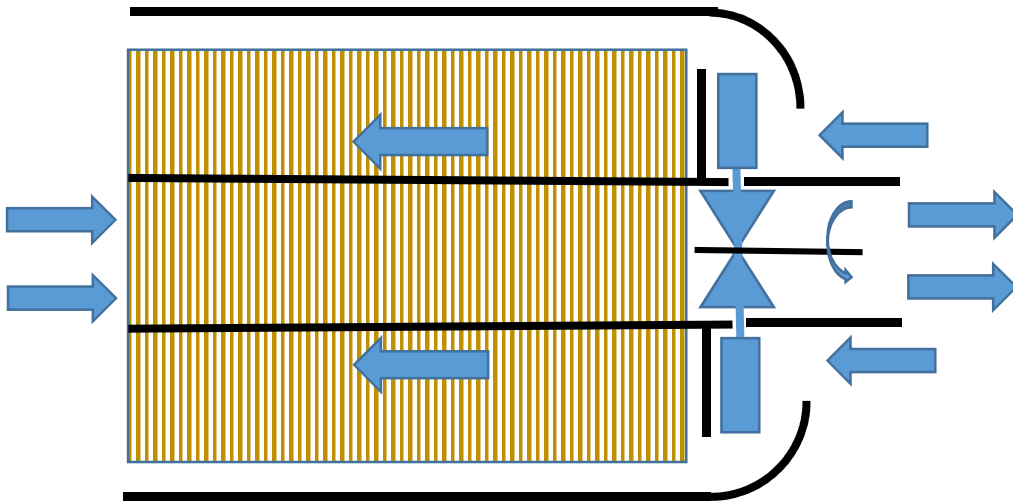


Questa caratteristica può rivelarsi utile quando si intende realizzare un'immissione continua, ed una estrazione intermittente, invertendo il senso di rotazione del motore, oppure un **differenziale di pressione** fra i due flussi. Utile per esempio se si vuole ottenere una **filtrazione spinta** dell'aria in ingresso. Nel caso invece di funzionamento continuo si avrà un doppio flusso in controcorrente generato reciprocamente da ciascun anello dell'elica. Il vantaggio in questo caso è che la sezione centrifuga può essere alloggiata quasi completamente in esterno rispetto al foro, e consente quindi di ottenere maggiori portate d'aria sulla stessa sezione del foro, rispetto ad un sistema classico con due anelli assiali.

I sistemi a sola immissione in Italia sono praticamente sconosciuti, mentre in Gran Bretagna sono più diffusi rispetto agli estrattori. Questa caratteristica risulta importante laddove sia necessario creare una lieve **sovrappressione in interno**, come ad esempio dove è presente il **gas radon**.

LA CONTROELICA D.N.A.

ALTRA POSSIBILE ESECUZIONE DELLA CONTROELICA CON ANELLO ESTERNO CENTRIFUGO



Questa è un'altra possibile esecuzione della controelica, dove l'anello esterno funziona in modalità centrifuga, mentre quello interno realizza un flusso assiale. In questo caso si avrà l'estrazione continua, e l'immissione con un determinato verso di rotazione del motore. Se invece la rotazione sarà opposta, si otterranno due flussi di sola estrazione.

LA CONTROELICA D.N.A.

Componenti del sistema

Tubo

Il dispositivo VMC dovrà essere alloggiato in un foro, precedentemente realizzato sulla parete. Sarà quindi necessario che il suo involucro esterno sia un tubo, e che sia in grado di isolare termicamente l'apparato dalla muratura, evitando contemporaneamente la trasmissione del rumore e di eventuali vibrazioni. Preferibilmente sarà realizzato in materiale plastico antirumore, ignifugo e riciclabile.

Motore

Il motore di azionamento dell'elica, di tipo elettrico, preferibilmente di tipo brushless a basso voltaggio, sarà installato all'interno del volume del cilindro. Il suo funzionamento sarà controllato da un'apposita gestione elettronica ai fini dell'ottimizzazione energetica e funzionale dell'apparato.

Controelica

Il cuore del sistema è costituito dall'elica, che sarà costruita in modo da poter generare due flussi d'aria opposti o ortogonali durante la rotazione. Dovrà essere sviluppata su una superficie circolare, che conterrà le pale, e le superfici di tenuta. Nella sua forma più semplice sarà costituita da anelli concentrici che andranno a delimitare diverse corone circolari, con funzioni distinte fra loro. Sarà realizzata preferibilmente in rame, o in altro materiale ad elevata conducibilità termica, antibatterico e completamente riciclabile.

Scambiatore di calore

Sarà realizzato preferibilmente in rame o in altro materiale naturale, ad elevato coefficiente di conducibilità termica, antibatterico e completamente riciclabile. Sarà progettato per ottimizzare lo scambio fra l'aria estratta e quella immessa, evitando nel contempo la produzione di rumore o di vibrazioni moleste. Potrà alloggiare al suo interno dei sistemi atti a migliorare lo scambio termico, a ridurre il rumore, o materiali catalitici capaci di abbattere gli inquinanti presenti nell'aria.

Accumulatore rigenerativo

Dovrà essere compartimentato al suo interno, mediante un tubo concentrico assiale capace di delimitare in maniera netta il condotto esterno da quello interno, poiché l'aria si troverà sempre a percorrere i due elementi in verso opposto, e non dovrà mai miscelarsi. L'accumulatore dovrà essere in grado di trattenere facilmente sia il calore che l'umidità dell'aria e dovrà opporre la minima resistenza al passaggio dell'aria che l'attraversa. Sarà preferibilmente realizzato in ceramica, in terracotta, in zeolite o in qualsiasi materiale idoneo allo scopo, di forma preferibilmente cilindrica o comunque adatta all'applicazione prevista.

Eventualmente potrà essere realizzato in ceramica catalitica EM antibatterica naturale, e capace di abbattere gli inquinanti dell'aria.

LA CONTROELICA D.N.A.



Esempio di controelica in una sua possibile configurazione, senza tenuta periferica.