



Mediclima 2017

nZEB - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA

Ventilazione naturale: analisi e problematiche a confronto





Relatore:
Prof. ing. Martino Marini

Comfort ambientale

LA VENTILAZIONE

- La ventilazione degli ambienti serve a mantenere la qualità dell'aria degli ambienti confortevole, attraverso un ricambio d'aria.
- La ventilazione naturale è generata dal vento o da altri fattori ad esso collegati; La ventilazione meccanica è controllata attraverso sistemi automatizzati.
- Il vantaggio della ventilazione naturale sta nel fatto, che a seguito di una adeguata progettazione dell'edificio, la sua gestione è molto economica e soprattutto adatta ad ambienti non lavorativi

o La ventilazione naturale

- I moti dell'aria
 - Ventilazione passante orizzontale
 - Ventilazione a lato singolo
- Raffrescamento Passivo Ventilativo
 - Microclimatico
 - Geotermico
 - Evaporativo
 - Radiativo

o La ventilazione meccanica

- Efficienza di ventilazione
- Strategie di ventilazione
 - a semplice flusso
 - a doppio flusso
- Tasso di ricambio

o Normativa



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. Lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Comfort ambientale

BASSO CONSUMO

- Gli elementi essenziali di una casa a basso consumo energetico sono:
 - un rivestimento della casa spesso ed ottimamente coibentato,
 - un'aerazione controllata dei locali con recupero di calore.
- C'è comunque a normativa di riferimento per la ventilazione:
- Nelle norme per la certificazione energetica degli edifici (UNI TS 11300 e se parti) si trovano i tassi convenzionali di ventilazione
- Ci sono poi le norme per la ventilazione degli edifici che individuano i tassi di ventilazione per la tutela della salute ed il dimensionamento dei sistemi (UNI EN 15251 e UNI 10339)



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Comfort ambientale

VENTILAZIONE NATURALE

- 1 – diluizione e rimozione degli inquinanti indoor
 - 2 – diluizione di inquinanti specifici (odori provenienti da servizi igienici – vapori di cottura)
 - 3 – garantire l'aria per l'attività metabolica degli occupanti
 - 4 – garantire il controllo dell'umidità interna ed evitare la formazione di condense e successivamente muffe
 - 5 – fornire il giusto apporto di aria comburente in presenza di apparecchiature a gas per uso domestico
- Da notare che l'aerazione differisce dalla ventilazione. E' definita come ventilazione naturale per apertura delle finestre.
 - Invece la ventilazione è apporto e rimozione d'aria da un ambiente trattato in condizioni di progetto.



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Comfort ambientale

VENTILAZIONE E AERAZIONE

- La ventilazione attraverso i passaggi di trafilamento (infiltrazione) e le aperture (ventilazione) nell'edificio si basa su differenze di pressione senza l'ausilio di componenti attivi (con potenza dall'esterno) per la movimentazione dell'aria
- Si possono individuare quindi tre modalità fondamentali di ventilazione passiva:
 - aerazione
 - ventilazione trasversale
 - ventilazione per effetto camino



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

SISTEMI DI VENTILAZIONE NATURALE

- Nella ventilazione naturale il flusso d'aria è causato dal vento e spinta di galleggiamento attraverso le fessure dell'involucro edilizio o aperture installate appositamente.
- Ventilazione da un solo lato: limitata alle zone vicine alle aperture
- Ventilazione trasversale: due o più aperture su pareti opposte, riguarda un'area più grande rispetto a quella su singolo lato
- Camino di ventilazione: consente flussi maggiori attraverso la spinta di galleggiamento
- Catturatori (torri) del vento: effetti combinati di vento e la galleggiabilità, efficaci in climi caldi e temperati
- Ventilazione indotta dal sole: utilizzare il sole per riscaldare elementi costruttivi per aumentare la galleggiabilità, più efficace nei climi caldi



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

VENTILAZIONE IBRIDA

- Nella ventilazione ibrida (modalità mista) il flusso d'aria è causato del vento e dalla spinta di galleggiamento attraverso aperture installate appositamente nell'involucro edilizio e incrementato, se necessario, da sistemi meccanici.
- Il componente meccanico del sistema ibrido può essere un ventilatore per aumentare il tasso di ventilazione e / o uno scambiatore di calore per il riscaldamento o il raffreddamento dell'aria di alimentazione esterna
- La ventilazione ibrida appare l'unica soluzione per ottenere i flussi necessari in sede di progetto.



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

BOCCHETTE DI VENTILAZIONE

- E' opportuno non ricorrere alle finestre per garantire la ventilazione, ma ad apposite bocchette e a questo faremo riferimento in seguito.
- Questo in quanto l'apertura delle finestre comporta altri problemi. Ad esempio aprendo una finestra si consente sia la luce sia al rumore di penetrare all'interno di un ambiente confinato e questo non sempre è desiderabile
- L'utilizzo delle bocchette permette di non far entrare la luce nè, tramite appositi sistemi di abbattimento acustico, il rumore.
- In condizioni climatiche simili alle nostre la ventilazione naturale è utilizzabile solo in certi periodi. Considerando le diverse stagioni:
 1. Tipica situazione invernale. Internamente ad un ambiente si riscontrerebbe una temperatura interna in assenza di impianti pari a 13° C, indicativamente. L'attivazione degli impianti porta la temperatura interna a 19° C e l'immissione di aria esterna che si trova a 5° C, indicativamente, comporta un ulteriore carico per questi ultimi, per cui è necessario limitarla al minimo di legge per il rinnovo e la ventilazione naturale è sconsigliabile



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

BOCCHETTE DI VENTILAZIONE

2. Stagione intermedia. Gli apporti solari gratuiti sono sufficienti a dare una temperatura interna di 20° C. Anche in questo caso l'immissione di aria esterna deve essere ridotta al minimo di legge.
3. Stagione intermedia. Gli apporti solari sono tali da portare la temperatura interna a 27° C a fronte di una temperatura esterna molto più mite. In questo caso è necessario introdurre aria dall'esterno per raffrescare passivamente l'edificio senza ricorrere agli impianti. In questo caso possiamo parlare di ventilazione per raffrescamento. Questa situazione può verificarsi anche nel periodo estivo durante la notte.
4. Stagione estiva. La temperatura esterna è oltre i limiti di comfort. Non è possibile ricorrere alla ventilazione naturale perché rappresenterebbe un aggravio delle condizioni interne. L'immissione di aria va limitata al minimo indispensabile per il rinnovo perché è un carico per gli impianti di raffrescamento.



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

FLUSSO D'ARIA NELLA VENTILAZIONE NATURALE

- Fattori che influenzano la portata d'aria attraverso le aperture
 - Velocità del vento
 - pressione del vento
 - pressione di galleggiamento (effetto camino)
 - Caratteristiche delle aperture (C_d)
 - Area effettiva delle aperture multiple

- Considerazioni sull'ambiente interno
 - comfort termico
 - qualità dell'aria interna

- Pressione del vento:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho V^2 C_p$$

- La velocità del vento è calcolata di solito all'altezza dell'apertura a in un punto di riferimento sull'edificio (il tetto), C_p è il coefficiente di pressione e ρ la densità dell'aria



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

FLUSSO D'ARIA E PRESSIONE DI CAMINO 1

- Spesso si usa:

$$V/V_{10} = c H^a$$

- dove V è la velocità del vento all'altezza di $H(m)$ V_{10} è la velocità di riferimento alla quota di 10 m in aperta campagna e c ed a sono fattori che dipendono dalla rugosità del terreno

- Pressione di camino:

$$P_s = -\rho g H (T_i - T_e / T_i) = -\rho g H (\Delta T / T_i)$$

Dove T_e è la temperatura dell'aria esterna (K), T_i è la temperatura dell'aria interna (K), H è l'altezza tra le due aperture

- Il coefficiente di pressione statica è definito come:

$$C_p = (p_w - p_a) / (\frac{1}{2} \rho V^2)$$

- con p_w = pressione statica in un qualche punto dell'edificio (Pa), ρ = densità del flusso libero (kg/m^3) V = velocità del flusso libero normalmente calcolato all'altezza dell'edificio o ad altra altezza di riferimento (m)



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

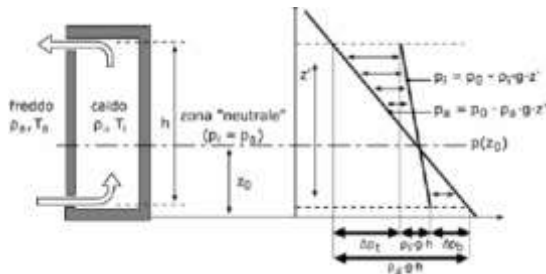


Martino Marini

Ventilazione passiva

FLUSSO D'ARIA E PRESSIONE DI CAMINO 2

- Dato che l'aria calda ha una densità inferiore a quella dell'aria fredda, la variazione di pressione con la quota per l'aria calda è inferiore a quella che si riscontra per l'aria fredda.
- Nel caso di spazi riscaldati alti o ancora maggiormente nel caso di camini (temperature dei fumi molto elevate) ciò può causare grandi differenze di pressione tra l'interno e l'esterno e quindi un elevato ricambio d'aria



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Ventilazione passiva

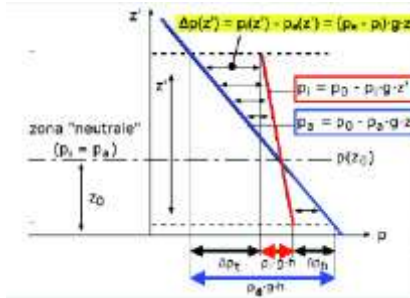
FLUSSO D'ARIA E PRESSIONE DI CAMINO 3

- Ponendo l'altezza di riferimento z_0 nel punto neutro, dove la pressione interna eguaglia quella esterna, l'andamento delle pressioni interne ed esterne in funzione dell'altezza z' (misurata rispetto a z_0) può essere scritto nel seguente modo:

$$p_i(z') = p(z_0) - \rho_i \cdot g \cdot z' \quad p_a(z') = p(z_0) - \rho_a \cdot g \cdot z' \quad \rho_i < \rho_a$$

- Con l'equazione dei gas perfetti utilizzando la costante del gas aria secca si arriva a:

$$\Delta p(z') = p_i(z') - p_a(z') = \frac{p_a \cdot g \cdot z'}{R_a} \left(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_a} \right)$$



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



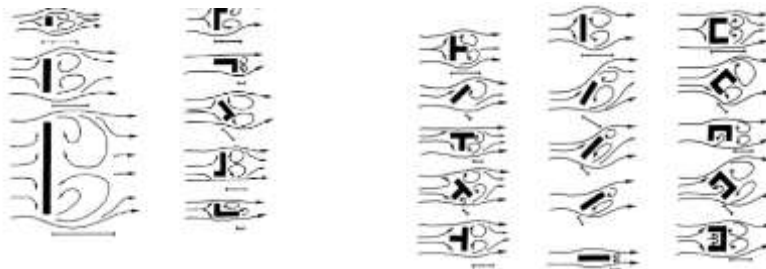
Martino Marini

Ventilazione passiva

VENTO E SCIE DEGLI EDIFICI

- Nel contesto urbano, che è quello che evidentemente interessa maggiormente, l'analisi degli ostacoli alla ventilazione può essere molto complessa, in ragione della varietà delle forme e delle dimensioni degli edifici circostanti.

- Esistono dei modelli di riferimento per il calcolo grafico della scia di un edificio



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme
previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs
141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

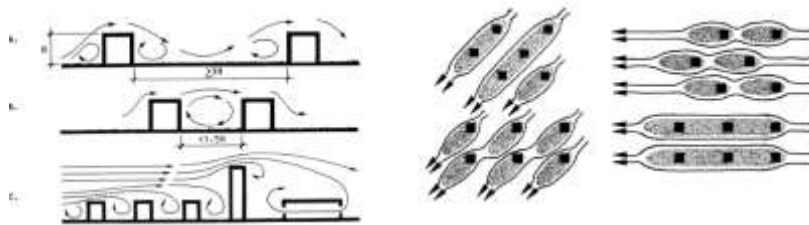


Martino Marini

Ventilazione passiva

VENTO E SPAZIATURE DEGLI EDIFICI

- Si individuano le distanze minime tra gli edifici per minimizzare gli effetti di scia, altrimenti si stabilizzano dei vortici.
- La disposizione degli edifici e la loro spaziatura condiziona la disponibilità del vento



- Con calcoli CFD si può ottenere una definizione quantitativa e non schematica ma occorrono molti dati (condizioni al contorno, turbolenza) spesso difficili da utilizzare



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

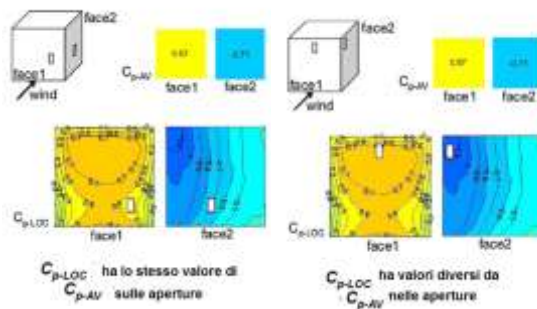


Martino Marini

Ventilazione passiva

FLUSSO D'ARIA E COEFFICIENTE DI PRESSIONE

- Consideriamo una situazione geometricamente semplice di un vento che soffi su un edificio cubico:



- Il C_p è fortemente variabile sulle facce dell'involucro
- Si vede che posizionando diversamente le aperture cambia la portata che fluisce
- Ma cambiando la direzione del vento cambiano le distribuzioni del C_p



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

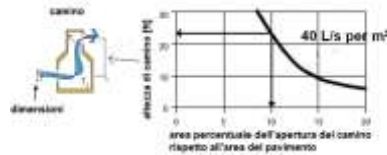
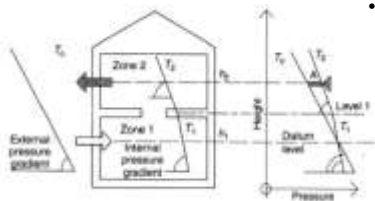
Portata di ventilazione

FLUSSO D'ARIA E EFFETTO CAMINO

- In generale le temperature delle zone 1 e 2 non sono uguali (qui $T_2 > T_1$) e ciò si traduce in differenti gradienti di pressione per ogni zona come mostrato in figura .
- La pressione di camino per ogni apertura si calcola rispetto all'apertura più in basso.
- La differenza di pressione tra le due aperture esterne alle quote h_1 e h_2 può essere calcolata usando:

$$\Delta p = -\rho g [(x_1 - h_1) (1 - T_1/T_0) + (h_2 - z_1) (1 - T_2/T_0)]$$

- Essendo T_1 e T_2 le temperature delle zone 1 e 2, T_0 la temperatura esterna, z_1 la quota del primo piano



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

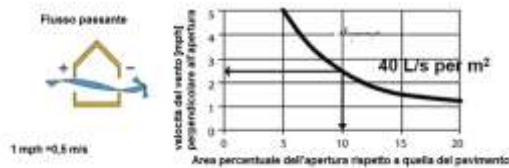


Martino Marini

Portata di ventilazione

FLUSSO D'ARIA E EFFETTO DEL VENTO

- Il caso di un flusso trasversale evidenzia l'effetto del vento:



- Il flusso, nei termini di portata volumetrica, attraverso una apertura può essere calcolato con la formula:

$$Q = A_{eff} [2 \Delta p / \rho]^{1/2}$$

- L'area effettiva è data da: $A_{eff} = C_d A$
- Per le aperture alla ventilazione naturale il coefficiente di scarico (C_d) dipende non solo dalla pressione del vento e dal tipo di apertura ma anche dalla direzione del vento



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Portata di ventilazione

FLUSSO D'ARIA E EFFETTO DEL VENTO

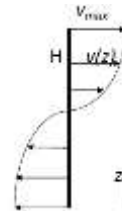
- La valutazione di C_d è uno degli elementi più difficili nei calcoli manuali e nei modelli di flusso per la ventilazione naturale
- Per piccole aperture il flusso per effetto camino è governato da:

$$\Delta p = -\rho g H (\Delta T / T_i)$$

$$Q = C_d A \sqrt{g H \frac{\Delta T}{T_i}}$$

- Per un flusso attraverso un'apertura ampia per effetto camino:

$$Q = \frac{C_d A}{3} \sqrt{g H \frac{\Delta T}{T_i}} \quad [10]$$



- Si noti che il flusso specifico varia fortemente lungo l'altezza dell'apertura H e 1/3 deriva dall'integrazione:



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D.Lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



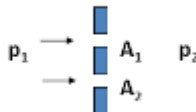
Martino Marini

Portata di ventilazione

AREA EFFICACE DI APERTURE MULTIPLE

- Nel caso di aperture in serie ed in parallelo si ottengono i coefficienti di scarico equivalenti:

$$A_{eff} = C_d A = C_{d1} A_1 + C_{d2} A_2 + \dots$$



$$1/A_{eff}^2 = 1/(C_d A)^2 = 1/(C_{d1} A_1)^2 + 1/(C_{d2} A_2)^2 + \dots$$



- La pressione totale per vento, effetto camino e ventilazione meccanica deriva dalla combinazione dei contributi:

$$\Delta p_T = \Delta p_w + \Delta p_c + \Delta p_f$$

- E la portata: $Q \propto \Delta p_T^{1/2}$



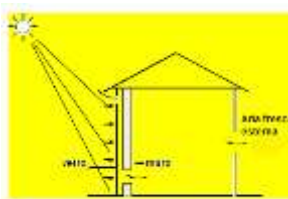
Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D.Lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



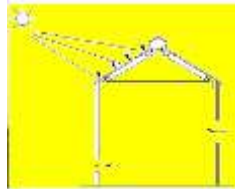
Martino Marini

ESEMPI DI EDIFICI CON SISTEMI DI VENTILAZIONE NATURALE

- La ventilazione naturale può essere incrementata attraverso l'azione del sole. Alcuni esempi piuttosto noti



MURO DI TROMBE



TETTO SOLARE



CAMINO SOLARE

- I calcoli CFD aiutano a determinare c_d e area efficace, a capire dove mettere le aperture di ingresso e di estrazione, a prevedere l'effetto della direzione del vento



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs. 102/2014 modificato dal D. lgs. 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

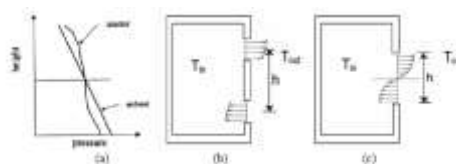


Martino Marini

Modelli per la ventilazione naturale

MODELLI EMPIRICI E VENTILAZIONE NATURALE

- Si consideri la ventilazione da un lato singolo
- Un modello empirico calcola una velocità efficace v_{eff} attraverso metà dell'apertura della finestra che è derivata direttamente dalla portata volumetrica misurata, Q_{total} .



$$v_{eff} = \frac{Q_{total}}{A/2} = \sqrt{\frac{2}{g} (\Delta p_{static} + \Delta p_{stack} + \Delta p_{turbulence})} = \sqrt{C_1 v_{wind}^2 + C_2 h \Delta T + C_3}$$

- C_1 , C_2 e C_3 sono costanti per gli effetti del vento, camino e turbolenza. Con i seguenti valori si è trovata corrispondenza con i dati sperimentali:

$$v_{eff} = \frac{v_{wind}}{A/2} = \sqrt{0.001 \cdot v_{wind}^2 + 0.0035 \cdot h \Delta T + 0.01}$$

- Sono stati effettuati dei calcoli numerici per verificare i risultati con tale modello empirico tenendo conto di evidenze sperimentali.



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs. 102/2014 modificato dal D. lgs. 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

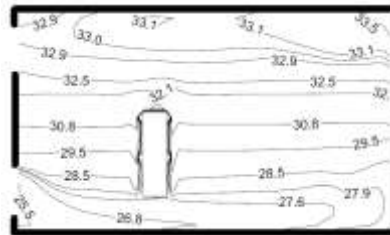
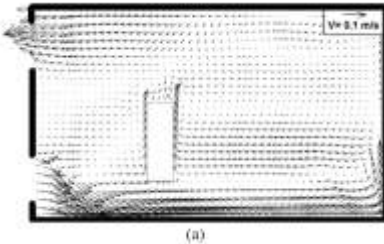
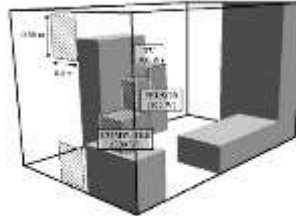


Martino Marini

Modelli per la ventilazione naturale

MODELLI NUMERICI E VENTILAZIONE NATURALE

- Si è considerata una tipica stanza a Boston con una temperatura esterna di $25,5^{\circ}\text{C}$ e delle sorgenti termiche all'interno. Le finestre hanno un'area di $0,4\text{ m}^2$.
- Ecco alcuni risultati, da notare la forte stratificazione delle temperature



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

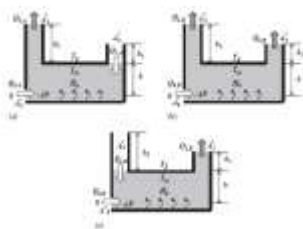


Martino Marini

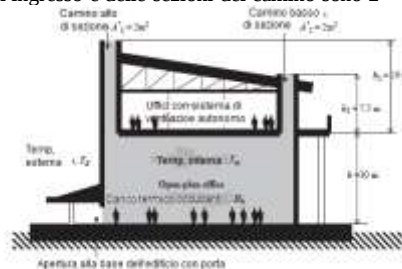
Modelli per la ventilazione naturale

MODELLI NUMERICI E VENTILAZIONE NATURALE

- Sono stati effettuati diversi esperimenti per configurazioni diverse.
- Si tratta sempre di situazioni semplificate, regimi permanenti ecc.... Ad esempio un edificio di 300 m^2 in pianta, una altezza di 10 m , ventilato attraverso de torri di altezza diversa.
- Il numero di occupanti che forniscono la spinta di galleggiamento come sorgenti termiche varia da 1 a 150, le dimensioni della apertura di ingresso e delle sezioni dei camino sono 2 m^2 .



- Si possono instaurare tre regimi di moto, come a lato a seconda del verso dei flussi nelle 3 aperture



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce del nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici

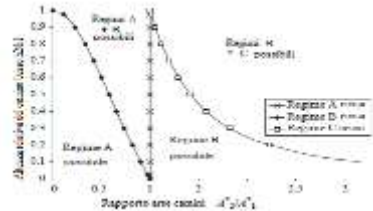
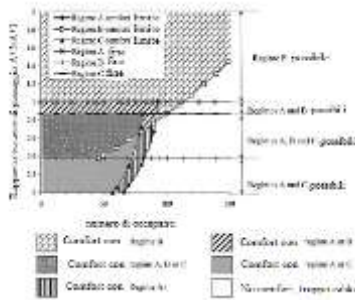


Martino Marini

Modelli per la ventilazione naturale

MODELLI NUMERICI E VENTILAZIONE NATURALE

- Si sono individuati i diversi regimi in funzione della geometria della configurazione tenendo presente l'ottenimento delle condizioni di comfort. Le aree tengono conto degli effetti dell'attrito (*)
- Il comfort è raggiungibile solo in alcune condizioni e si individuano dei limiti.



- Sono stati individuati attraverso un modello di calcolo e verifiche su modello dei regimi di moto che caratterizzano la ventilazione naturale, non sempre efficace per il comfort,



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini

Esempi di ventilazione naturale

CONCLUSIONI

- Sono stati brevemente richiamati i principi della ventilazione naturale, che viene sempre più modellizzata attraverso il calcolo numerico (CFD) essendo complessi i flussi associati all'interazione tra edificio ed ambiente esterno
- La sostenibilità e la qualità dell'aria interna hanno mantenuto l'interesse verso tecnica che ha una storia relativamente lunga
- Tuttavia ci sono problemi ricorrenti che limitano la sua applicazione come malfunzionamenti degli attuatori che non assicurano la corretta apertura e chiusura dell'aperture, danneggiamenti strutturali di componenti ad opera del vento, difetti legati ad una cattiva progettazione
- Fenomeni di surriscaldamento eccessivo sono anche legati ad una cattiva interazione con la cosiddetta massa termica e problemi nelle qualità dell'aria sono dovuti alle caratteristiche dell'aria esterno così come problemi di rumore
- Sono state realizzati diversi edifici in cui la ventilazione naturale è elemento essenziale e la tecnica è oggetto di una intensa ricerca



Mediclima 2017 – nZEB ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA
NUOVE COSTRUZIONI E RISTRUTTURAZIONI - Fattibilità, limiti tecnici ed economici alla luce delle nuove norme previste dal DM minimi, delle scadenze imposte dalla direttiva 2009/28/CE e dal D.Lgs 102/2014 modificato dal D. lgs 141/2016 e dal DM 11 gennaio 2017 per gli enti pubblici



Martino Marini