

Il ruolo degli impianti di climatizzazione negli edifici moderni

04 Marz 2021 - webinar

Ing. Federico Pedranzini – Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano
– Docente scuola di formazione permanente Aicarr Educational



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria
Riscaldamento e Refrigerazione

ASSOCIAZIONE FEDERATA REHVA

ARGOMENTI DELLA PRESENTAZIONE

- Definizione di prestazione e ruolo degli impianti in un contesto moderno.
- Un modo diverso di vedere il Comfort Termico: la strada intrapresa da Fanger
- Principi di base della Qualità dell'aria negli ambienti interni.
- Criteri di equivalenza prestazionale e ricadute energetiche.
- Criteri di scelta delle tipologie impiantistiche basati su equivalenza prestazionale e prestazione energetica. La contestualizzazione.
- Le tipologie impiantistiche di base:
 - Sistemi ad acqua/fluidi refrigeranti.
 - Sistemi ad aria.
 - Sistemi misti aria/acqua.
- La dipendenza della prestazione energetica dalle temperature di utilizzo, transizione alle energie rinnovabili.
- Il ruolo dei sistemi ad aria nell'ottica del miglioramento delle prestazioni energetiche.
- Confronto tra ventilazione forzata e ventilazione /areazione naturale ai fini dell'ottenimento dei desiderati livelli di qualità dell'aria e ai fini di un utilizzo consapevole dell'energia, le criticità degli edifici ad elevate prestazioni in termini di qualità dell'aria.



NON ARGOMENTI DELLA PRESENTAZIONE

- Superbonus, nella declinazione tecnica, procedurale e fiscale.
- Aspetti specialistici legati alle procedure per la certificazione energetica
- Analisi degli incentivi

La presentazione vuole concentrarsi sulla condivisione degli aspetti sostanziali legati all'applicazione dei principi fisici e teorici nelle applicazioni pratiche con l'obiettivo di mettere a fuoco concetti non soggetti a variazioni di natura situazionale e legate al quadro legislativo.

In generale vale il principio che ogni incentivazione o requisito imposto fissa uno standard basato su una necessaria semplificazione dell'atto normativo. Tuttavia l'efficientamento è attualmente basato sulla capacità di cogliere e sfruttare ogni peculiarità delle applicazioni e del contesto e mal si combina con regole che si declinano in modalità prescrittive e non, come forse sarebbe più sensato fare, prettamente prestazionali.



Definizione di prestazione e ruolo degli impianti in un contesto moderno.

Ieri: *«L'impianto deve garantire d'inverno i 20°C nelle case»*

Oggi:

la prestazione all'interno degli ambienti confinati deriva dalla combinazione di tre aspetti fondamentali:

- Involucro
- Attività
- Impianto

La prestazione non è unicamente relativa alla gestione delle temperature ma si estende alla considerazione di tutte le grandezze ambientali che influenzano gli scambi tra le persone e gli ambienti confinati.

Nella presente presentazione si fa specifico riferimento agli ambienti termici «moderati» che in prima approssimazione possono essere considerati gli ambienti concepiti per garantire il benessere delle persone.

Al controllo delle grandezze relative al comfort termico va inoltre aggiunto il controllo della qualità dell'aria.

Si sottolinea il fatto che la scelta di un impianto prevede una valutazione relativa al costo energetico (e ambientale e di installazione, in un'ottica di life cycle cost) che il mantenimento delle prestazioni comporterà.

La parola chiave è «contestualizzazione».

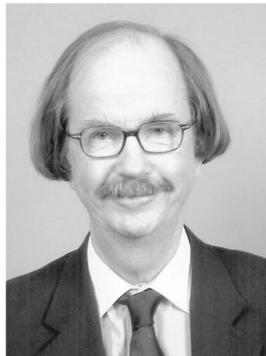
Un modo diverso di vedere il Comfort Termico: la strada intrapresa da Fanger

Definizione di Comfort termico secondo ISO 7730:

UNI EN ISO 7730 - Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort.

That condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment.

Condizione mentale di soddisfazione relativa all'ambiente termico.



P.O. Fanger

The screenshot shows the Wikipedia article for Povl Ole Fanger. At the top, there is a navigation bar with "Article" and "Talk" tabs, and a search box. The article title is "Povl Ole Fanger". Below the title, it says "From Wikipedia, the free encyclopedia". The main text of the article describes Fanger as an expert in thermal comfort and perception of indoor environments, a senior professor at the International Centre for Indoor Environment and Energy at the Technical University of Denmark, and a visiting University Professor at Syracuse University. It mentions his death at age 72 from an abdominal aortic aneurysm and his contributions to research on air quality and thermal comfort. A sidebar on the right contains a biographical summary: Born July 16, 1934; Died September 20, 2006 (aged 72); Occupation Senior Professor. Below the main text, there is a "See also" section with a link to Ralph G. Nevins, and a "References" section with a citation from Bergles and Arthur E. (2007).

Un modo diverso di vedere il Comfort Termico: la strada intrapresa da Fanger

Il concetto di comfort è un concetto complesso che non può essere ricondotto ad una semplice temperatura, ma coinvolge tutti i fenomeni di scambio termico tra la persona e l'ambiente:

L'obiettivo finale è il mantenimento di un equilibrio tra calore prodotto dai processi metabolici e calore smaltito

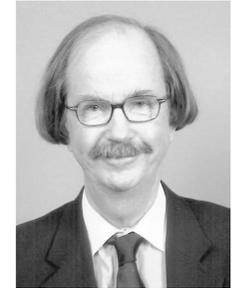
In ambiente, fondamentale è che tutto avvenga mantenendo la temperatura interna di 37°C.

Scambio convettivo – velocità dell'aria e temperatura dell'aria

Scambio conduttivo - Temperatura delle superfici a contatto

Scambio per irraggiamento - Temperatura delle pareti / sole / arco celeste / fiamma etc.

Scambio Latente – riguarda la cessione di vapore nell'aria e l'energia sottratta dal processo di cambiamento di fase.- UR%



P.O. Fanger

Un modo diverso di vedere il Comfort Termico: la strada intrapresa da Fanger

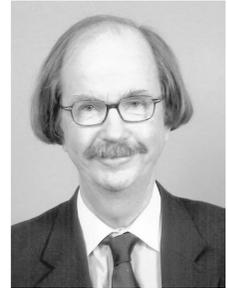
Le modalità di scambio termico con l'ambiente sono le seguenti (si indicano le grandezze coinvolte):

Scambio convettivo - Velocità dell'aria e temperatura dell'aria;

Scambio conduttivo - Temperatura delle superfici a contatto;

Scambio per irraggiamento - Temperatura delle pareti / sole / arco celeste / fiamma etc;

Scambio Latente - riguarda la cessione di vapore nell'aria e l'energia sottratta dal processo di cambiamento di fase.- UR%.



P.O. Fanger

Un modo diverso di vedere il Comfort Termico: la strada intrapresa da Fanger

Parametri Ambientali : i fenomeni di scambio sono influenzati dalle grandezze ambientali indicate e in generale si cerca di fare riferimento ad ambienti mantenuti in condizioni omogenee in cui tutte le persone sono soggette ad un ambiente termico simile.

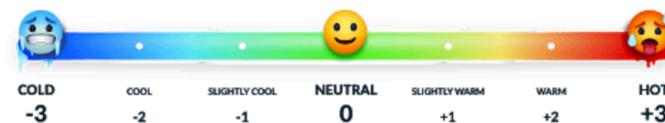
- Temperatura dell'aria T_a [°C]
- Temperatura media radiante; T_{mr} [°C]
- Velocità dell'aria; V_a [m/s]
- Umidità relativa dell'aria. UR%

Parametri Personali. Alle quattro grandezze ambientali vanno aggiunte tre parametri personali di cui occorre tener conto:

- Livello di vestiario (Clothing – CLO – [m² K/W]) assimilabile alla resistenza termica utilizzata per gli edifici;
- Tasso metabolico (MET – [W/m²]) indica in pratica la potenza che la persona deve smaltire per ogni m² di superficie corporea (ovvero disperdente)
- Lavoro meccanico. Spesso trascurabile, tiene conto dell'energia che le persone possono trasformare in qualche forma di energia differente dal calore da smaltire (es: salire le scale, caricare molle, spostare pesi)

Come si misura il comfort?

Secondo la teoria di Fanger il modo corretto per misurare il livello di comfort è chiedere alle persone, ad esempio chiedendo loro di posizionarsi su una scala da -3 (molto freddo) a + 3 (molto caldo), ove lo zero rappresenta la neutralità e quindi la condizione di comfort.



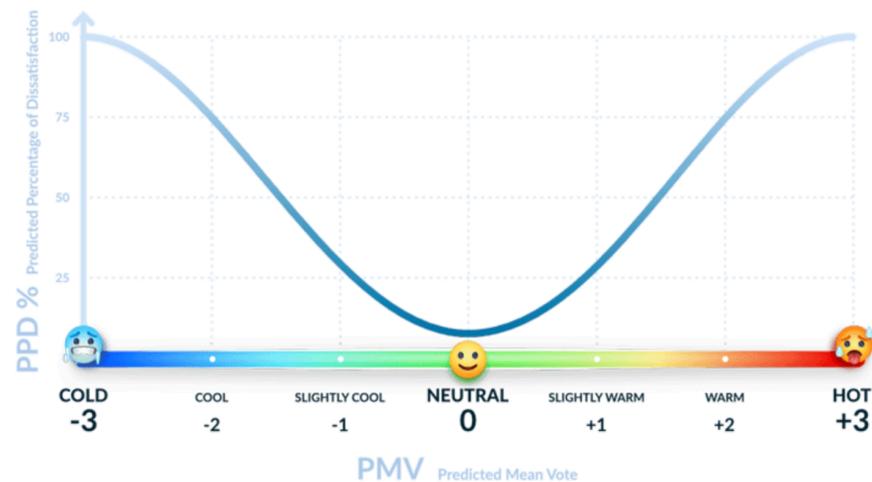
<https://www.simscale.com/blog/2019/09/ashrae-55-and-iso-7730/>

Chiedendo a più persone presenti nello stesso ambiente, tale VOTO (Vote - V) assume il significato di VOTO MEDIO (Mean Vote – MV) . Tuttavia in fase di progetto non è possibile chiedere alle persone, per questo motivo la parte più utile del lavoro di Fanger consiste nell'aver prodotto un modello in grado di PREDIRE il VOTO MEDIO espresso dalle persone una volta noti i 4 parametri ambientali e avendo stimato i parametri personali.

Si ottiene così un indice detto **PMV** (Predicted Mean Vote - voto medio previsto – in italiano) che consente di effettuare valutazioni e di progettare.

Come si misura il comfort?

Un indice quasi analogo nel significato è definito come percentuale di insoddisfatti (Predicted Percentage of Dissatisfied – o **PPD**) le prove empiriche di comparazione dei due indici mostrano che anche in caso di $PMV = 0$ la percentuale di insoddisfatti relativo all'ambiente termico non scende sotto il 5%).

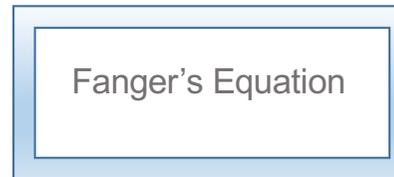


<https://www.simscale.com/blog/2019/09/ashrae-55-and-iso-7730/>

Misura del comfort tramite il modello di Fanger (ISO 7726 /ISO 77309)

Parametri Ambientali :

- Temperatura dell'aria T_a [°C] (misurata)
- Temperatura media radiante; T_{mr} [°C] (misurata)
- Velocità dell'aria; V_a [m/s] (misurata)
- Umidità relativa dell'aria. UR% (misurata)
- Tasso Metabolico (da tabelle)
- Resistenza termica del vestiario (da tabelle)
- (Lavoro meccanico)



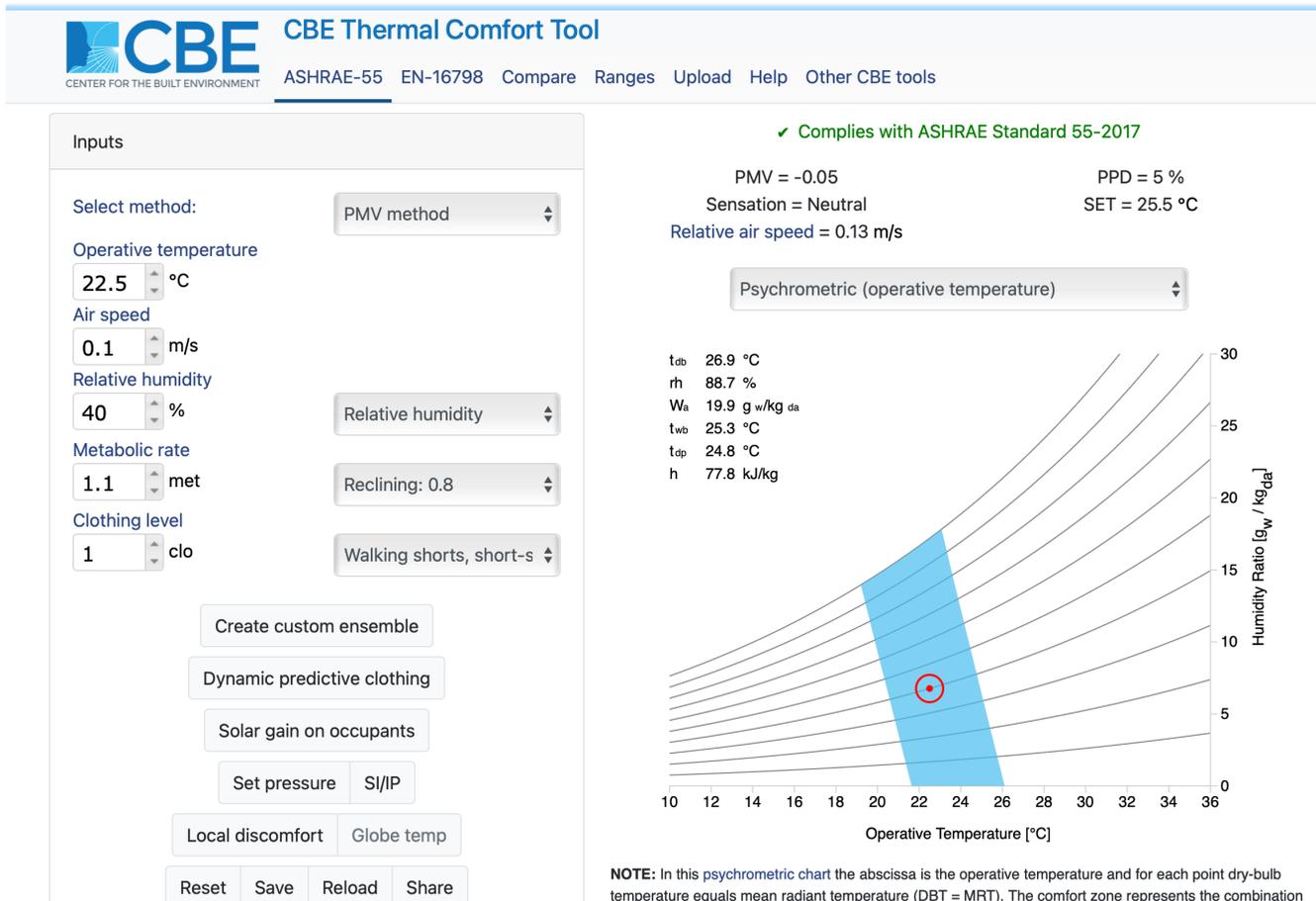
PMV, PPD



<https://www.swema.com/ISO%207730/Thermal%20environment>

Come si misura il comfort?

Sono a disposizione risorse (anche gratuite, in rete : es. <https://comfort.cbe.berkeley.edu>) che consentono di effettuare il calcolo di PMV e PPD a partire da parametri noti. (rif ASHRAE Standard 55)



- NDR la temperatura operativa risulta da una operazione di media tra temperatura radiante e temperatura dell'aria.

Discomfort localizzato

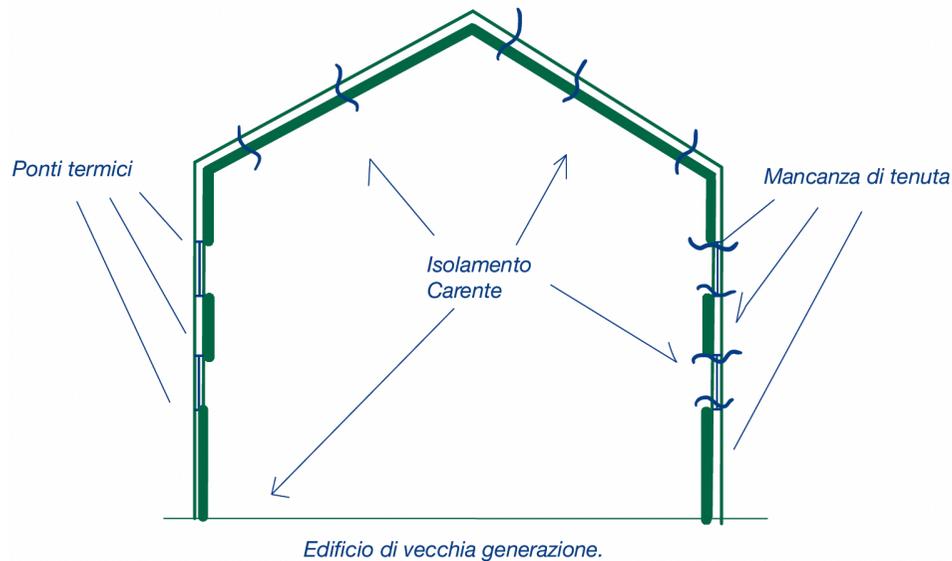
L'efficacia derivante dalla applicazione della teoria del comfort è strettamente legata alla capacità del sistema di mantenere condizione omogenee in tutto l'ambiente considerato, con ovvio riferimento alla zona definita come volume occupato ovvero la zona compresa tra il pavimento e 1,80m di altezza e a distanza di 0,6m dalle pareti e dai dispositivi di diffusione e riresa degli impianti.

Le problematiche relative a situazioni di discomfort localizzato possono essere in generale riferite a:

- Gradiente verticale di temperatura;
- Asimmetria radiante;
- Temperatura del pavimento;
- Presenza di correnti d'aria con particolare riferimento alle correnti d'aria fredda.

Situazioni di discomfort localizzato derivanti da problematiche dell'involucro.

Risulta interessante evidenziare che tali problematiche possono riscontrate per differenti motivi in molti edifici di vecchia generazione.



- Gradiente verticale di temperatura;
- Asimmetria radiante;
- Temperatura del pavimento;
- Presenza di correnti d'aria con particolare riferimento alle correnti d'aria fredda.

Risulta concettualmente scorretto ritenere di poter correggere problematiche dovute all'involucro intervenendo esclusivamente a livello impiantistico.

Situazioni di discomfort localizzato derivanti da problematiche impiantistiche.

Anche un impianto non correttamente progettato/ installato/ bilanciato/ mantenuto può essere all'origine di problematiche legate al discomfort localizzato:

- Gradiente verticale di temperatura;

es. rientri d'aria fredda dovuti a estrazioni localizzate, cattiva diffusione dell'aria, stratificazione dell'aria dovuta a presenza di terminali ad alta temperatura.

- Asimmetria radiante;

es. terminali radianti ad alta temperatura (la cui presenza è resa necessaria se l'involucro non è ben isolato)

- Temperatura del pavimento;

es. pannelli radianti condotti a temperature troppo alte o troppo basse.

- Presenza di correnti d'aria con particolare riferimento alle correnti d'aria fredda;

es. non accurato dimensionamento dei terminali di immissione dell'aria.

Equivalenza prestazionale tra sistemi differenti.

Uno dei risultati più interessanti dal punto di vista delle ricadute sulla attività progettuale deriva dalla possibilità di ottenere configurazioni che, pur differendo tra loro, possono presentare un livello di percezione del comfort differente.

Questo fatto comporta importanti ricadute dal punto di vista delle scelte ad esempio dei terminali.

- ES. 1 Caso tipico per edifici residenziali di vecchia generazione non bene isolati (pareti «fredde»)

Radiatori – temperatura dell'aria impostata a 22°C – temperatura da caldaia richiesta 65°C.

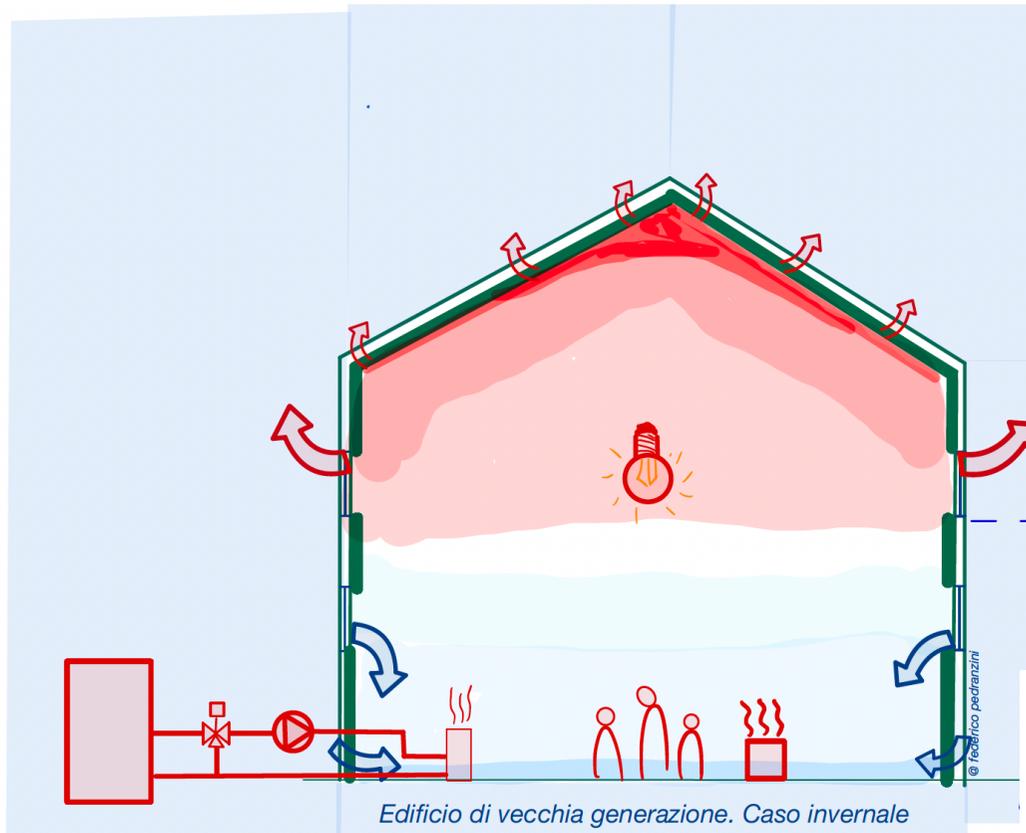
- ES. 2 Caso tipico per edifici residenziali di nuova generazione bene isolati (pareti «calde»)

Sistema a pannelli radianti. Temperatura controllata in ambiente 20°C - temperatura da caldaia richiesta 30°C.

Nel Caso 2 le condizioni di comfort vengono realizzate partendo da acqua calda di riscaldamento a temperatura inferiore, con evidenti ricadute su:

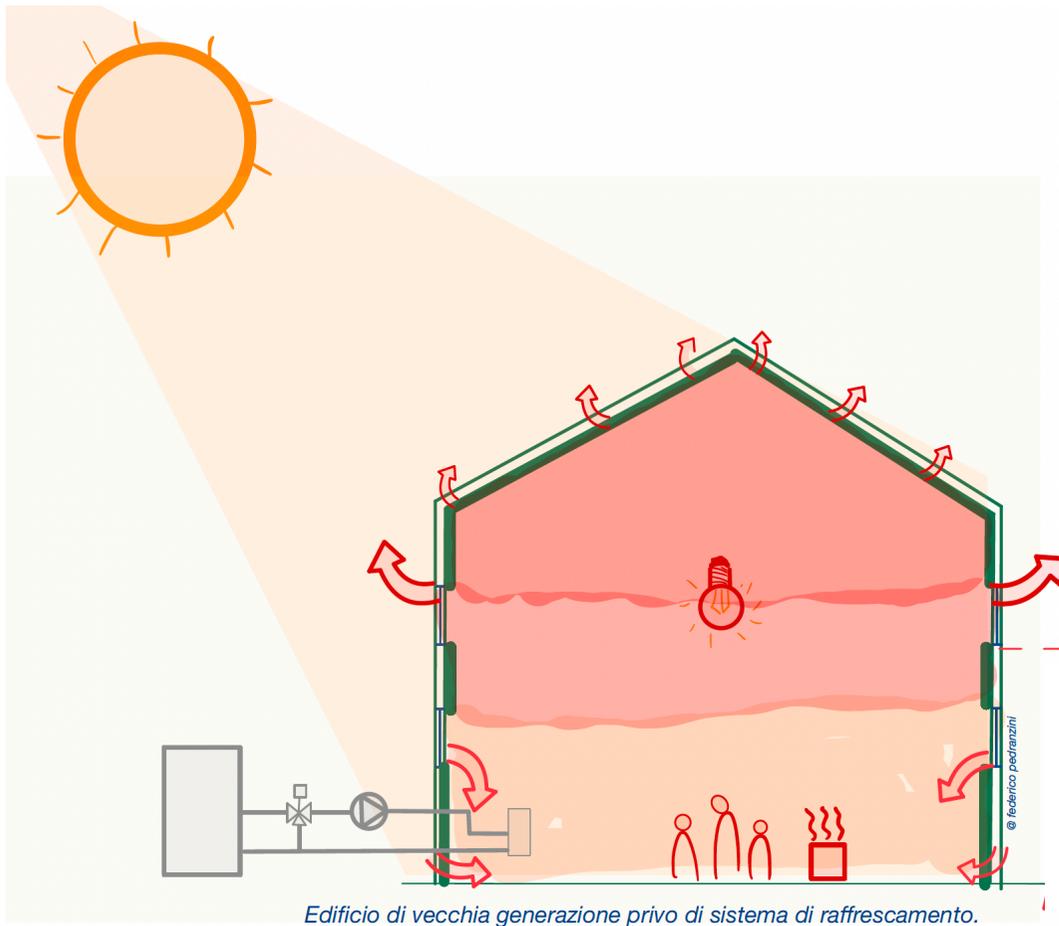
- rendimento del generatore (sia se Caldaia a Condensazione, sia se Pompa di Calore)
- minori perdite termiche sulla rete.

Edificio di vecchia generazione: situazione invernale



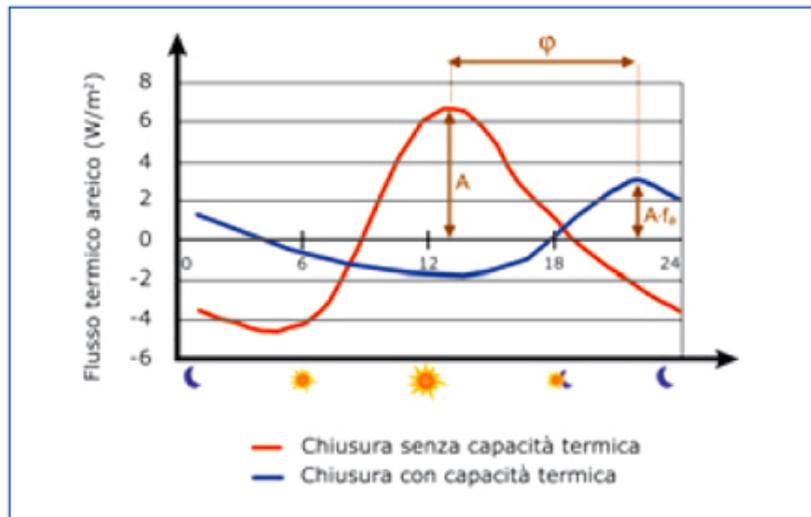
- *Edificio non bene isolato con problemi di tenuta all'aria.*
- *Sistema di riscaldamento ad alta temperatura.*
- *Tendenza alla stratificazione.*
- *Infiltrazione d'aria fredda nella parte bassa dell'edificio.*

Edificio di vecchia generazione: situazione estiva



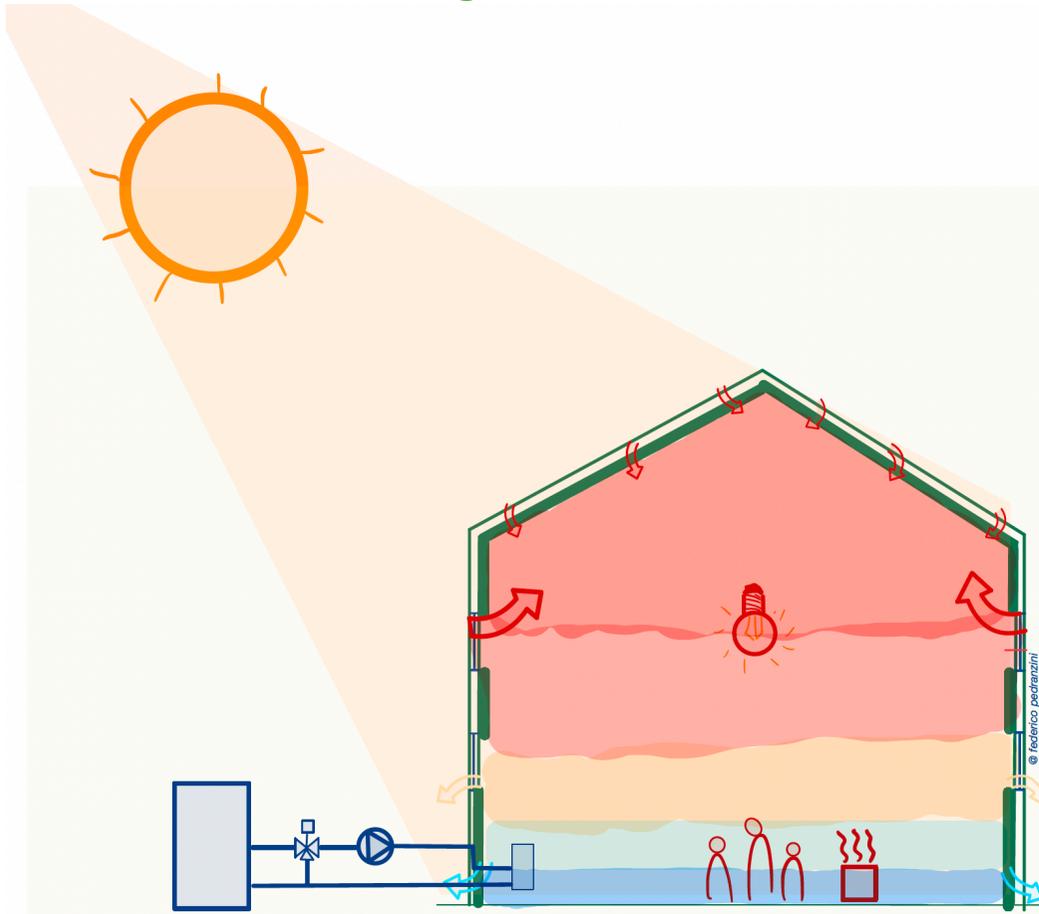
- *Edificio non bene isolato con problemi di tenuta all'aria.*
- *Edificio privo di sistema di raffrescamento attivo, ci si affida alla capacità termica e alla ventilazione dovuta all'effetto camino.*
- *Tendenza alla stratificazione.*
- *Infiltrazione d'aria nella parte bassa dell'edificio.*
- *Fondamentale risulta la schermatura delle superfici trasparenti tramite aggetti, schermi esterni, alberi etc..*

Edificio di vecchia generazione: situazione estiva



- *La capacità termica dipende in sostanza dalla massa dell'edificio, ovvero dalla capacità di immagazzinare energia termica delle pareti opache e delle strutture orizzontali, con particolare riferimento alla copertura in quanto esposta all'irraggiamento solare.*
- *L'effetto da considerare è duplice:*
 - Smorzamento A
 - Sfasamento Φ

Edificio di vecchia generazione: situazione estiva



Edificio di vecchia generazione integrato con sistema di raffreddamento attivo.

- Edificio dotato di sistema di raffreddamento attivo a bassa temperatura (es. ventilcovettori o sistemi ad espansione diretta), in questo caso la densità dell'aria fredda comporta un'inversione delle pressioni e un diverso comportamento dell'aria.
- Tendenza alla stratificazione.
- Infiltrazione d'aria nella parte alta dell'edificio e perdita di aria fredda nella parte bassa.
- Fondamentale rimane la schermatura delle superfici trasparenti tramite aggetti, schermi esterni, alberi etc..

LA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

Definizione di qualità dell'aria interna accettabile: (Da ASHRAE)

acceptable indoor air quality: air in which there are no known contaminants at harmful concentrations as determined by cognizant authorities and with which a substantial majority (80% or more) of the people exposed do not express dissatisfaction.

La qualità dell'aria interna si definisce accettabile in assenza contaminanti noti in concentrazioni nocive e una sostanziale maggioranza delle persone esposte (80% o più) non esprima insoddisfazione.

Si differenzia dalla definizione relativa al comfort termico per la considerazione di aspetti non percepibili all'olfatto ma potenzialmente dannosi/pericolosi/letali per gli occupanti.

Non si riduce alla sola soddisfazione mentale.

LA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

L'aria in atmosfera vede una composizione di riferimento di base:

Azoto 78%	(780'000 ppm)
Ossigeno 21%	(210'000 ppm)
Anidride carbonica 0,03%	(300 ppm)
Gas rari e vapore <1%	(10'000 ppm)

Quel che si respira vede in aggiunta a questi componenti di base l'aggiunta di sostanze classificabili per origine o per tipologia:

Origine: antropica oppure no, ovvero connessa alla presenza di persone.

Origine: interna - dovuta alla presenza di persone, animali, apparecchiature, materiali di rivestimento etc oppure

Origine: esterna - dovuta a fattori vari quali traffico, polline stagionale, impianti industriali, fenomeni naturali.

Tipologia: particolato, nebbie, condensati, fumi, gas

Tipologia: (inerte / chimicamente attivo / biologicamente attivo)

LA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

I principali inquinanti di sorgente esterna :

- ossido e biossido di azoto (NO, NO₂);
- ossidi di zolfo (SO_x);
- monossido di carbonio (CO);
- ozono(O₃);
- particolato aerodisperso (PM₁₀, PM_{2.5});
- benzene(C₆H₆).

I principali inquinanti di sorgente interna:

- composti organici volatili (VOC, Volatile Organic Compound);
- formaldeide(CH₂O);
- idrocarburi aromatici policiclici (IPA);
- fumo di tabacco ambientale;
- amianto e fibre minerali sintetiche.

Perseguire la qualità dell'aria:

in sostanza si persegue la diluizione dell'aria interna con aria considerata "pulita" ovvero priva di contaminanti e la contemporanea fuoriuscita di aria contaminata, la considerazione va contestualizzata per ogni contaminante.

L'effetto netto deriva dal fatto che l'aria in uscita vede una concentrazione di contaminante superiore a quella in ingresso.

Tramite Aria Esterna – Applicazioni per il civile e il terziario, residenziale etc.

In generale si assume che l'aria esterna sia più pulita di quella interna in quanto priva dei contaminanti che si producono internamente.

L'areazione /ventilazione naturale si basa sostanzialmente sulla diluizione dei contaminanti tramite rientro di aria esterna causato da aperture volontarie o involontarie o da mancanza di tenuta dell'involucro.

Tramite ricircolo con filtrazione – Applicazioni Industriali, Clean Room, Ambienti Ospedalieri (ad integrazione con quote definite di Aria Esterna)

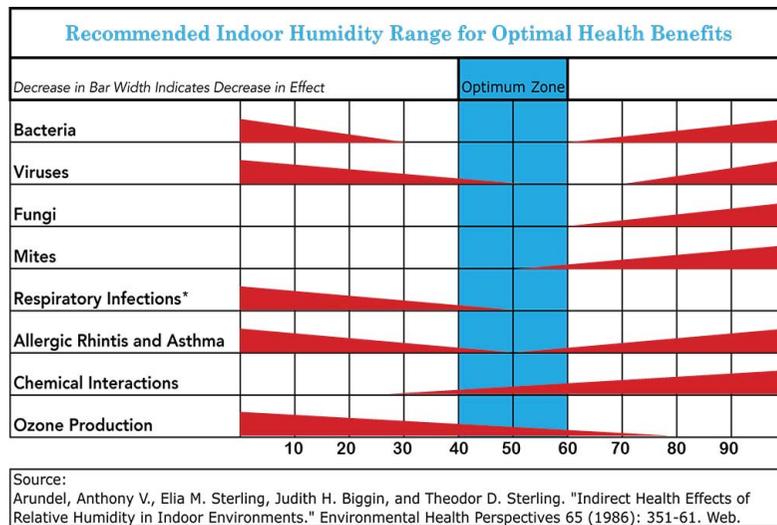
Se si considerano i sistemi di abbattimento allora si deve considerare il fatto che questi sono selettivi (es. filtri meccanici abbattano solo il particolato, non la CO₂).

La qualità dell'aria, umidificazione e deumidificazione

- L'umidità dell'aria è un parametro molto importante che influenza moltissimi degli aspetti legati al benessere delle persone e al mantenimento di un ambiente salubre in generale.
- L'influenza della umidità relativa sul comfort termico diventa sempre più importante man mano che l'esigenza di smaltire il calore in eccesso prodotto dal metabolismo deve trovare riscontro nei fenomeni che coinvolgono il passaggio dell'acqua liquida in vapore, fenomeni quali la sudorazione e la traspirazione.
- Tali fenomeni sono gli unici che possono funzionare quando la temperatura esterna supera quella del corpo umano e in tali situazioni valori di umidità relativa molto elevati (superiori al 90%) possono compromettere la possibilità di controllo a regime della temperatura interna.

La qualità dell'aria, umidificazione e deumidificazione

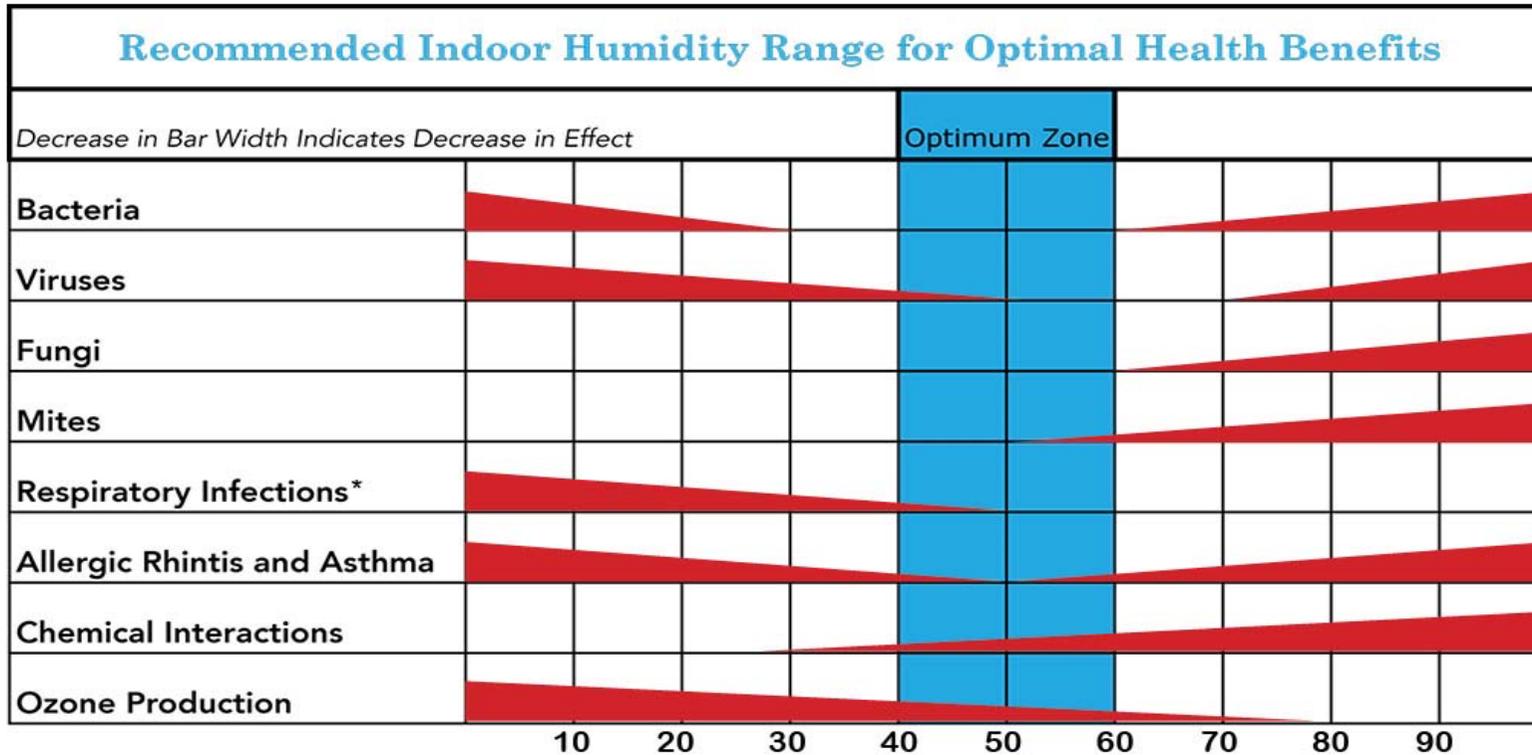
- All'interno degli ambienti climatizzati la priorità del controllo riguarda in generale il controllo della temperatura e se le temperature sono contenute nei range tipici di quelli utilizzati normalmente (20-22°C in inverno e 26-27°C in estate) difficilmente l'umidità costituisce un problema per il comfort.
- Analizzando il caso in cui l'umidità relativa sia troppo prossima ai valori estremi si rileva come molti aspetti legati alla salubrità ambientali ne sono influenzati.



Per i suddetti motivi appare lecito considerare il tema del trattamento dell'umidità più affine alla qualità e salubrità ambientale che non al comfort termico.

Inoltre, il trattamento della umidità comporta costi energetici rilevanti sia in termini di umidificazione che in termini di deumidificazione, per questo motivo è assolutamente opportuno considerare quali valori di riferimento di progetto il 40% in regime invernale e il 60% in regime estivo anziché prevedere un 50% costante tutto l'anno.

La qualità dell'aria, umidificazione e deumidificazione



Source:

Arundel, Anthony V., Elia M. Sterling, Judith H. Biggin, and Theodor D. Sterling. "Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments." *Environmental Health Perspectives* 65 (1986): 351-61. Web.

*Insufficient Data Above 50% Relative Humidity

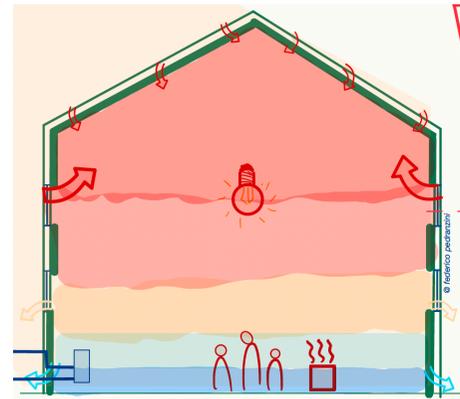
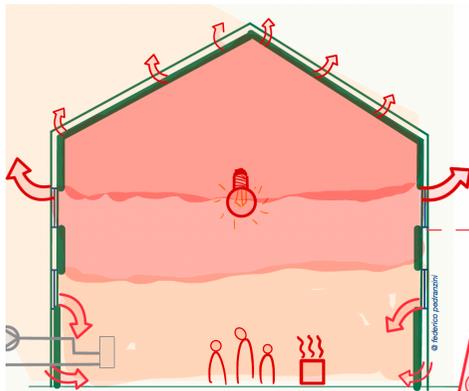
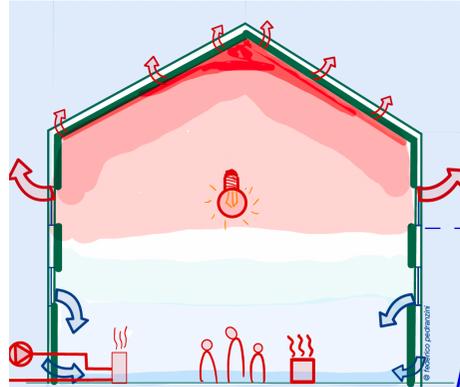
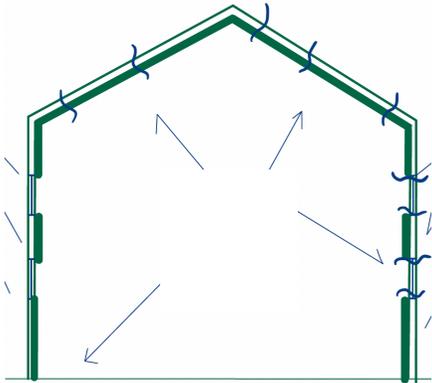
L'areazione / ventilazione naturale è la scelta migliore?

Si è storicamente adottata in molte applicazioni, ad esempio nel residenziale grazie ai rapporti aero-illuminanti (e alle infiltrazioni ove non trascurabili).

Il mantenimento della qualità dell'aria interna viene normalmente affidato alle procedure di gestione e alle persone senza particolari automatismi in relazione alla frequenza e alle modalità di apertura.

Le infiltrazioni

In tal senso un contributo importante è sempre stato svolto dalle infiltrazioni: La mancanza di tenuta comporta in generale uno scambio d'aria con l'esterno permanente e non controllato (dipendente dal vento, dalle differenze di temperatura, dall'effettiva permeabilità dell'involucro, dalle aperture connesse al transito in ingresso e uscita). In alcune applicazioni vengono realizzate aperture apposite (in genere feritoie soprafinestra) al fine di garantire uno scambio permanente con l'esterno: a tale soluzione è, secondo la norma, riferito propriamente il termine «ventilazione naturale».

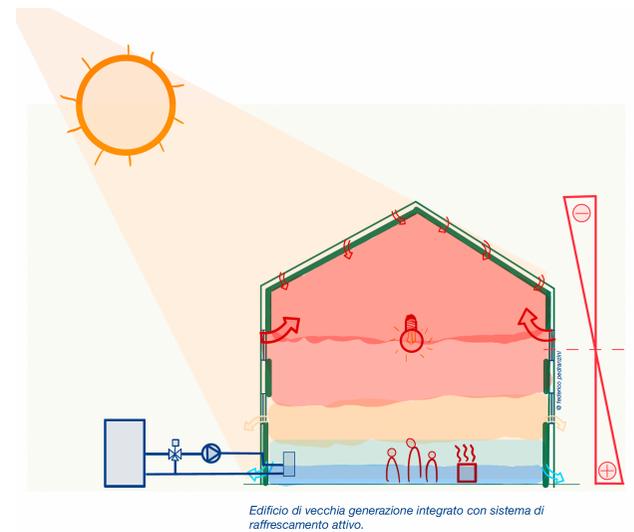
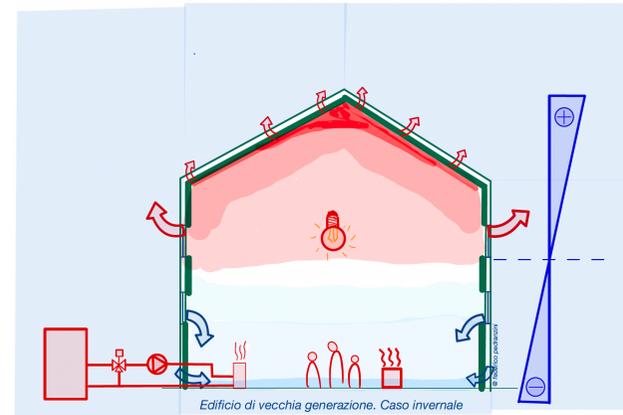
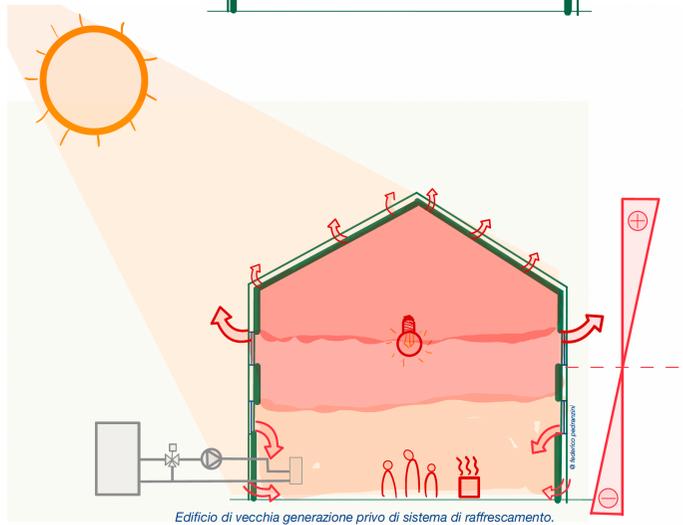
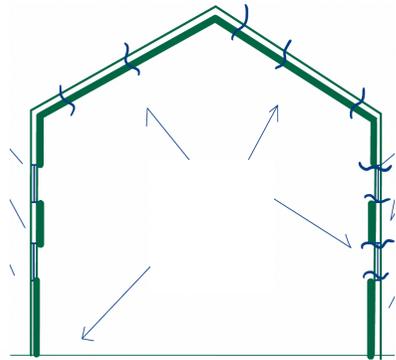


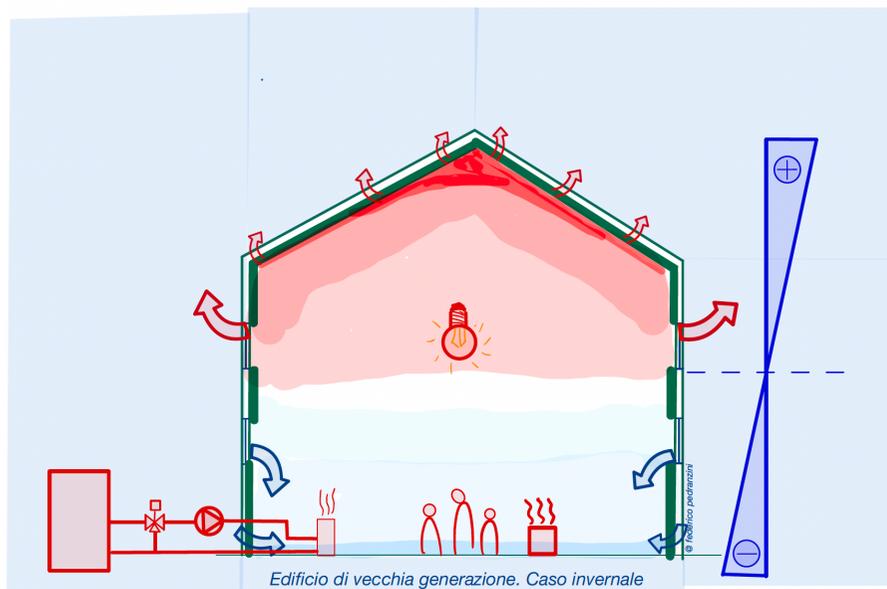
l'aerazione/ventilazione naturale presenta alcuni svantaggi:

1. non garantisce la qualità dell'aria in ingresso (es. livello strada)
2. non è possibile controllare le condizioni di temperatura e umidità dell'aria in ingresso
3. non si può filtrare l'aria in ingresso.
4. non è possibile alcuna forma di recupero sull'aria in uscita, che di fatto risulta aria "persa".
5. Non vi è alcun controllo in termini di quantità di aria scambiata in quanto dipendente da molti fattori (temperature, vento, frequenza delle aperture, tenuta dell'edificio..)

Ne segue che l'aerazione naturale comporta una serie di problematiche cui storicamente si è risposto semplicemente limitando i tempi di apertura ogni volta che uno di questi aspetti assumeva un rilievo particolare (es. pieno inverno, oppure presenza di polline)

EFFETTO CAMINO





EFFETTO CAMINO

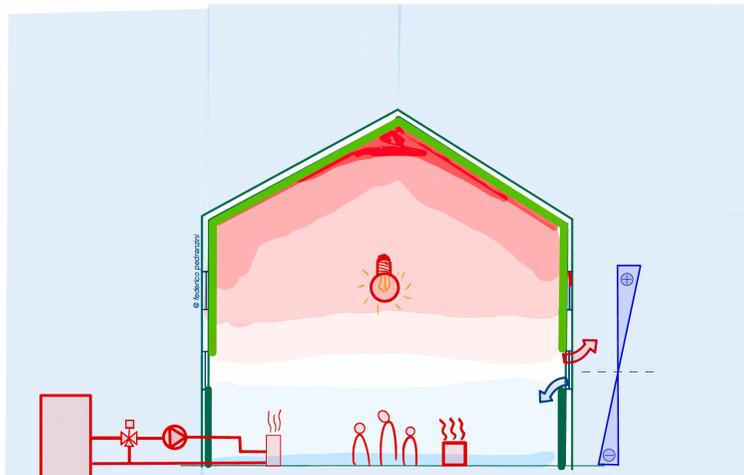
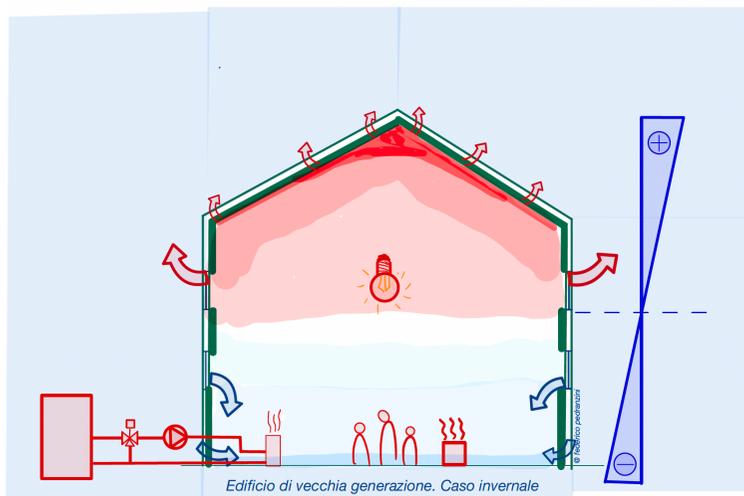
In condizioni di non perfetta tenuta dell'involucro si deve considerare l'effetto camino.

Consiste nel doppio transito di aria, in ingresso e in uscita, che avviene a causa della differente temperatura (e densità) dell'aria interna rispetto a quella esterna.

L'effetto più evidente è relativo alla situazione invernale: la presenza di aria più calda innesca una forma di «tiraggio» che mette in depressione la parte inferiore dell'edificio e in sovrappressione la parte superiore.

alla quota di inversione delle pressioni è definito il piano di neutralità.

Dal punto di vista della qualità dell'aria l'effetto camino e più in generale le infiltrazioni garantiscono un ricambio permanente non correlate alle aperture volontarie.



EFFETTO CAMINO

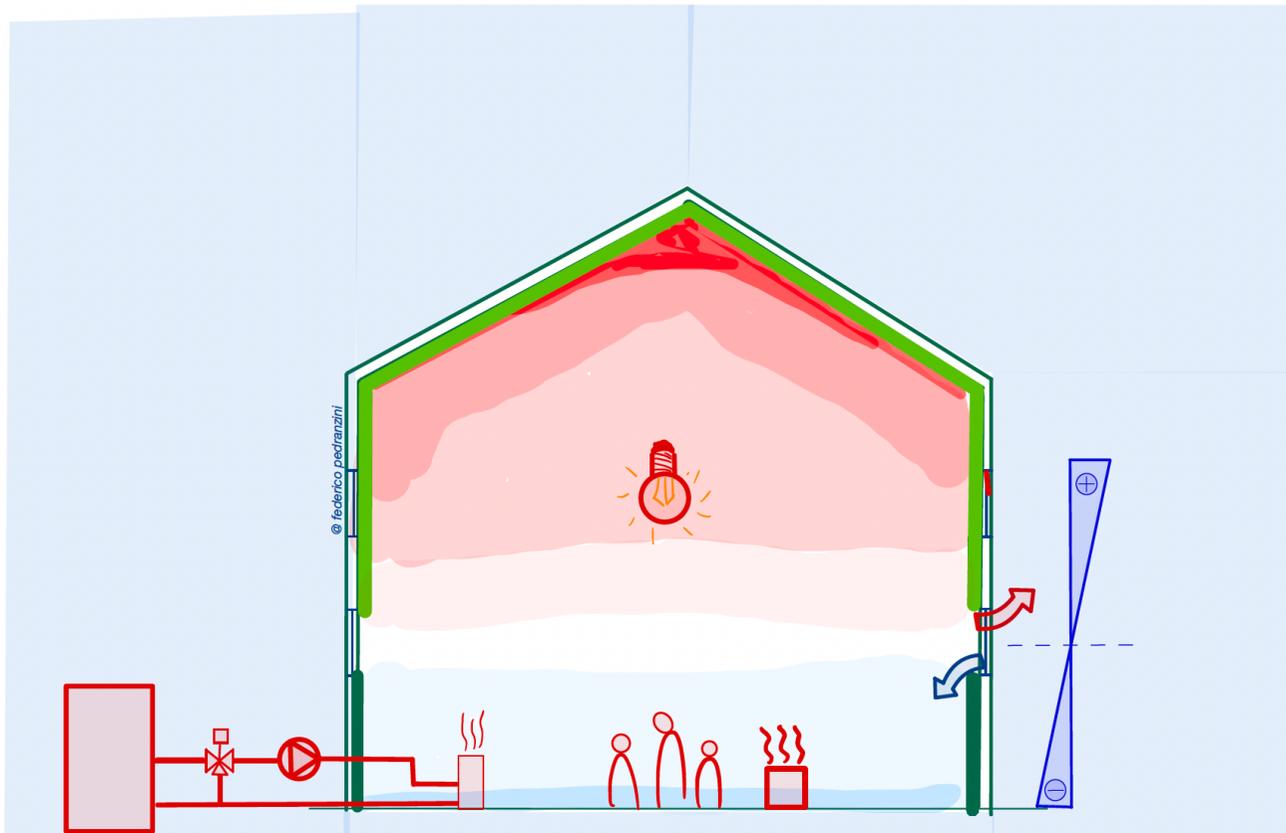
In caso di non perfetta tenuta dell'involucro o in caso di frequenti transiti dalle porte, le portate richiamate in inverno per effetto camino possono costituire carichi termici cui gli impianti normalmente non sono in grado di rispondere.

Ne deriva una difficoltà spesso non superabile nel mantenimento della temperatura di comfort ai piani bassi.

In tali situazioni risulta mandatorio ripristinare la tenuta almeno della parte superiore dell'edificio.

In presenza di impianti ad aria e in caso di problematiche di questo tipo è frequente il tentativo di contrastare il rientro di aria fredda tramite la riduzione delle portate di espulsione al fine di mantenere in pressione l'intero edificio.

Il più delle volte l'effetto che si ottiene è quello di spostare in modo più o meno evidente il piano di neutralità, tuttavia è molto difficile eliminare il richiamo d'aria nella parte bassa, oltre che compromettere potenzialmente ogni forma di recupero sull'aria espulsa.



Ripristino della tenuta della parte superiore dell'edificio:

- *Abbassamento del piano di neutralità;*
- *Riduzione della depressione e delle infiltrazioni;*
- *Comportamento bidirezionale alla finestra*
- *Se l'edificio è separato in piani tra loro a tenuta ogni piano segue le medesime regole.*

ASPETTO MOLTO CRITICO E ATTUALE: se la tenuta viene ripristinata tramite sostituzione dei serramenti, L'aumento della tenuta compromette la capacità di rinnovo da infiltrazioni e richiede un cambio di abitudini oppure l'adozione di un sistema a Ventilazione Meccanica Controllata

Contesto: Edifici nZEB.

”Con il termine Edifici ad Energia Quasi Zero (nearly Zero Energy Buildings, nZEB) si vuole indicare generalmente una categoria di edifici ad elevatissima prestazione energetica, caratterizzati da un fabbisogno energetico annuo molto basso o quasi nullo, coperto interamente, o in misura molto significativa, da fonte rinnovabile in loco.

La dicitura energia zero fa quindi riferimento al fatto che tali edifici non debbano ricorrere all'utilizzo di combustibili fossili o all'energia elettrica proveniente dalla rete, per far fronte ai loro bisogni energetici, caratterizzandosi, pertanto, per un consumo di energia primaria non rinnovabile pari a zero.

Poiché gli edifici sono normalmente allacciati alle reti esterne di fornitura dell'energia (gas, elettricità) e in considerazione della natura discontinua delle fonti rinnovabili, ciò che è pari a zero non è in realtà il consumo di energia primaria non rinnovabile, ma il bilancio tra l'energia prelevata e quella autoprodotta, consumata direttamente o immessa in rete.”

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-nzeb/rds_par2016_268.pdf

Contesto: Edifici nZEB.

“Ai sensi del D.M. 26 giugno 2015, sono edifici a energia quasi zero (nZEB) tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

- tutti i requisiti previsti per le nuove costruzioni (con i valori vigenti dal 1/1/2019 per gli edifici pubblici e dal 1/1/2021 per tutti gli altri edifici);
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto del D.Lgs.28/2011.

La costruzione di nZEB è argomento di estrema attualità.

La comunità Europea ha adottato il 29 luglio 2016 la Raccomandazione R-UE 2016/2018 con l'obiettivo di promuovere la realizzazione di nZEB, indicando chiaramente che entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere nZEB.

La raccomandazione traccia i principi e gli elementi generali da prendere in considerazione ed evidenzia che il livello di prestazione a energia quasi zero per gli edifici di nuova costruzione deve essere superiore a quello ottimale in funzione dei costi per il 2021.

La raccomandazione, in base ai dati ricevuti dai singoli Stati membri sul livello ottimale in funzione dei costi, riporta dei valori di riferimento della prestazione energetica degli edifici a energia quasi zero, in base alle proiezioni dei prezzi e delle tecnologie al 2020, per le diverse aree climatiche dell'Unione Europea. ”

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-nzeb/rds_par2016_268.pdf

Contesto. Edifici nZEB.

‘La Commissione, infine, raccomanda agli Stati membri di sostenere la trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero, anche fornendo agli investitori pacchetti strategici che offrano loro la necessaria garanzia di stabilità a lungo termine in materia di edifici efficienti, compresa la ristrutturazione in profondità degli edifici per trasformarli in edifici a energia quasi zero, e di raccogliere dati affidabili per controllare l’impatto delle politiche adottate.

La realizzazione di edifici nZEB e la trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero troveranno attuazione grazie ad un deciso miglioramento delle prestazioni passive dell’involucro edilizio, ad un deciso miglioramento dell’efficienza degli impianti e all’introduzione di fonti rinnovabili di energia nel bilancio energetico dell’edificio.

A seguito di tali tendenze, probabilmente, i fabbisogni di energia utile per la ventilazione rimarranno pressoché inalterati, dipendendo dalle condizioni climatiche e dalla portata d’aria di ventilazione, imposta nei suoi valori minimi dalla normativa. In questa maniera, verranno ad acquisire un peso relativo maggiore rispetto a quanto avviene oggi, diventando nel caso di ambienti affollati probabilmente il maggior fabbisogno.”

https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-nzeb/rds_par2016_268.pdf

Aspetti da considerare per il calcolo della prestazione energetica di un edificio:

- fabbisogno di energia utile per il riscaldamento ed il raffrescamento;
- rendimento e quindi fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale;
- rendimento e quindi fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva;
- verifica del rispetto delle limitazioni previste dalla legislazione vigente.

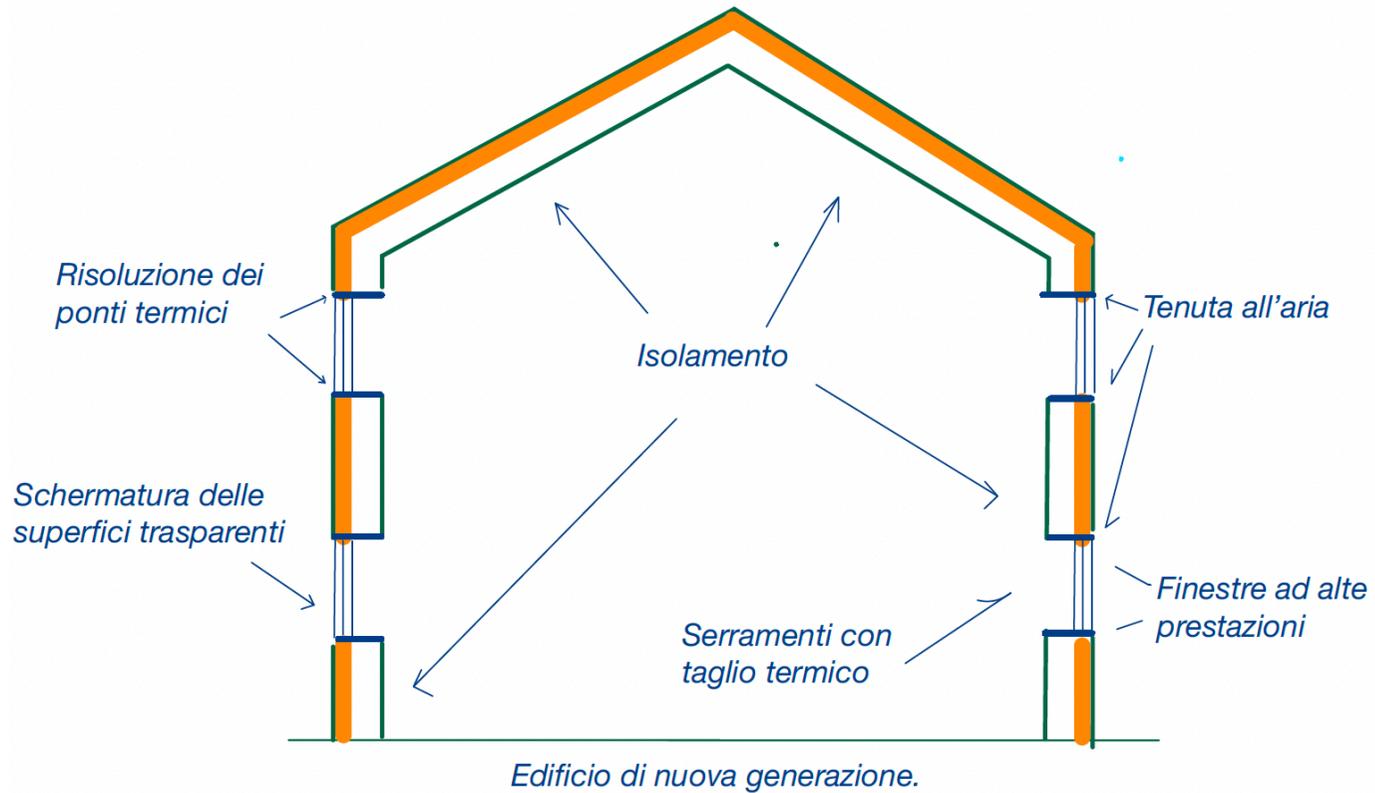
Considerazioni:

1) Per una corretta valutazione in termini di prestazione energetica è utile sottolineare che tali aspetti vanno considerati

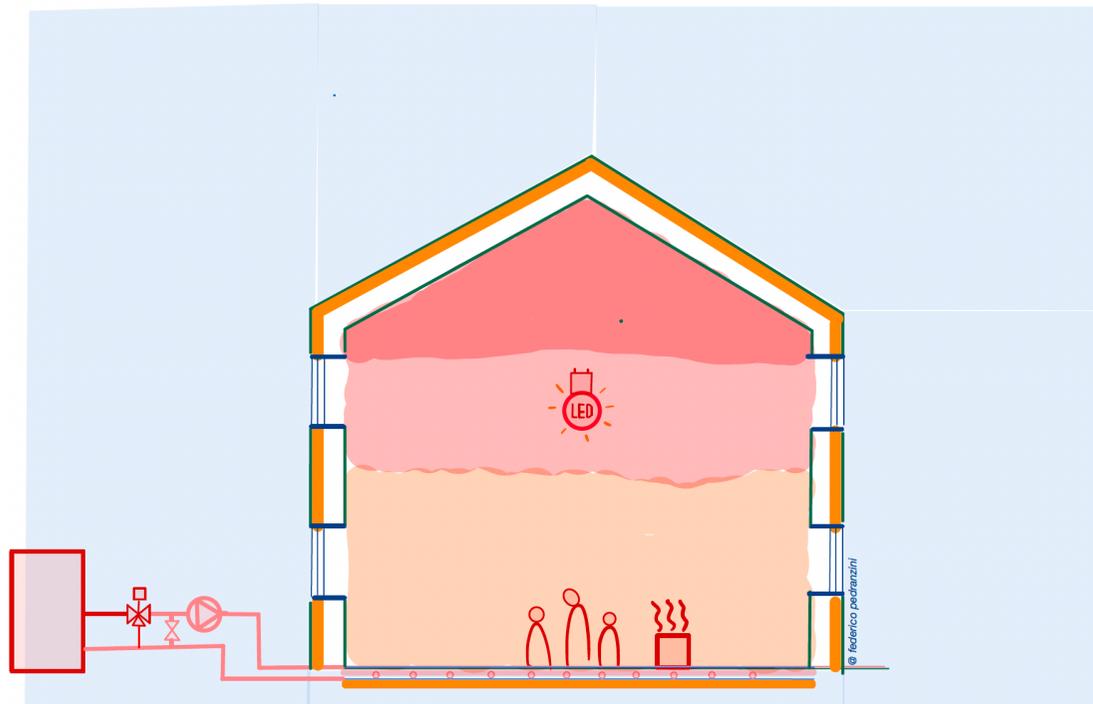
A PARI PRESTAZIONE.

2) In termini di consumo su base annua di energia primaria gli edifici nZEB si include l'autoproduzione tramite Fotovoltaico: tale contributo risulta fondamentale per l'ottenimento del risultato.

Edificio di nuova generazione: involucro



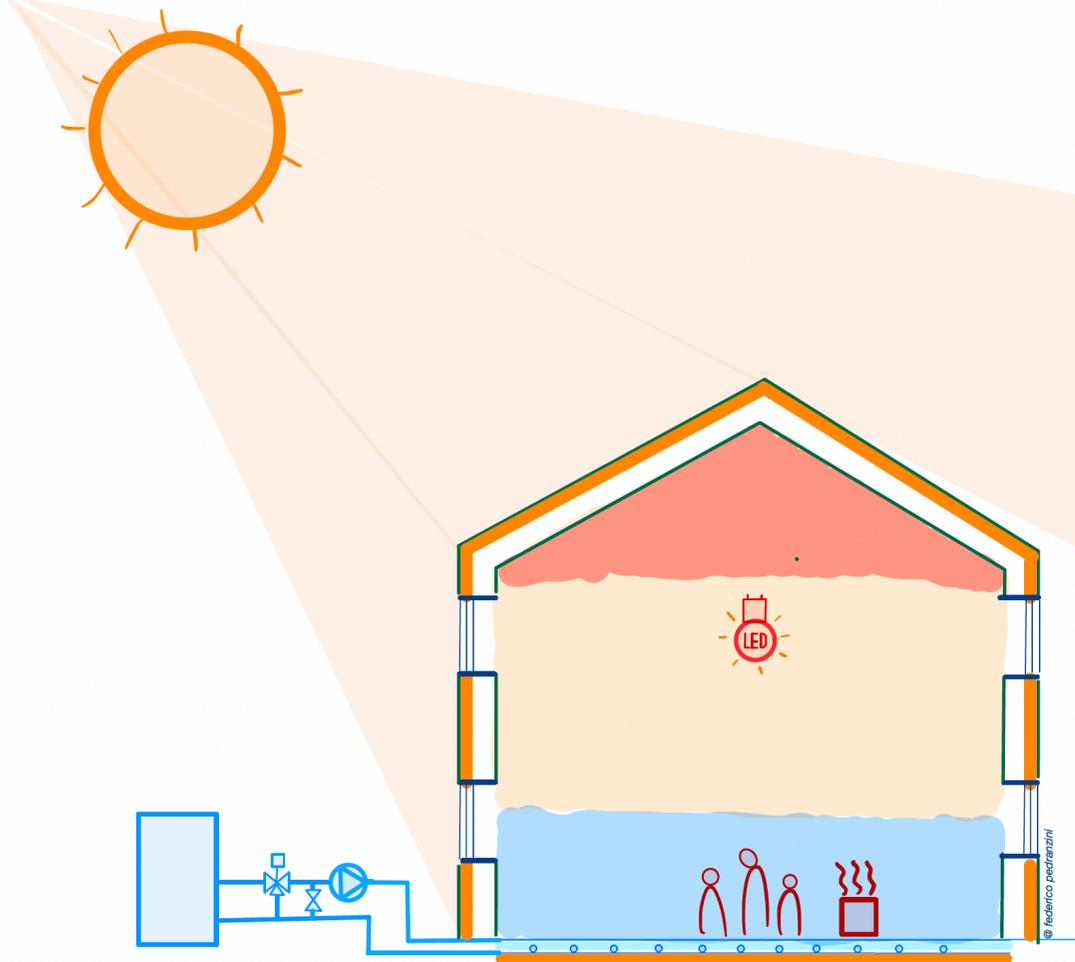
Edificio di nuova generazione: situazione invernale



Edificio di nuova generazione. Sistema di riscaldamento a bassa temperatura

- *Edificio bene isolato con buone prestazioni in termini di tenuta all'aria.*
- *Sistema di riscaldamento a bassa temperatura – fabbisogno inferiore*
- *Tendenza alla stratificazione limitata.*
- *In assenza di un sistema VMC il rinnovo dell'aria è affidato alla apertura delle finestre o al transito dalle porte*

Edificio di nuova generazione: situazione estiva



Edificio di nuova generazione -. Sistema di raffrescamento a bassa temperatura

- *I carichi interni sono limitati grazie all'utilizzo di nuove tecnologie (Illuminazione a LED).*
- *Sistema di raffrescamento ad alta temperatura – fabbisogno inferiore*
- *Tendenza alla stratificazione limitata.*
- *In assenza di un sistema VMC il rinnovo dell'aria è affidato alla apertura delle finestre o al transito dalle porte*
- *Rimane fondamentale risulta la schermatura delle superfici trasparenti tramite aggetti, schermi esterni, alberi etc..*

Criteri di equivalenza prestazionale e ricadute energetiche - Comfort termico

Dal punto di vista prestazionale l'utilizzo di sistemi di emissione a bassa temperatura in riscaldamento e di terminali ad alta temperatura in regime di raffrescamento possono consentire da un lato un livello di prestazione equivalente e dall'altro un miglior rendimento dei generatori e una riduzione drastica delle perdite termiche di distribuzione.

NDR. In generale i sistemi di produzione dell'energia termica e frigorifera servono una pluralità di utenze (es. sistema di riscaldamento ad acqua, batterie di scambio delle unità di trattamento aria primaria, sistema di preparazione dell'acqua calda sanitaria. La temperatura di produzione viene sempre dettata dal carico che risulta il più esigente.

Per quanto riguarda la generazione di potenza termica solitamente le utenze che sono vincolate ad un funzionamento ad alta temperatura sono quelle legate ai trattamenti termici anti-legionella ($T > 60^{\circ}\text{C}$).

Per quanto riguarda le temperature di produzione dell'acqua fredda il fattore discriminante è il trattamento dell'umidità ($7^{\circ}\text{C} - 12^{\circ}\text{C}$).

Criteri di equivalenza prestazionale e ricadute energetiche - Qualità dell'aria

Un passo avanti è stato fatto sul tema delle sorgenti interne, andando a definire regole e certificazioni al fine di ridurre la quantità di sostanze inquinanti emesse dai materiali di costruzione e di arredo.

Parlando di impianti, dal punto di vista della qualità dell'aria le alternative si riducono all'adozione o meno di un sistema di Ventilazione Meccanica Controllata.

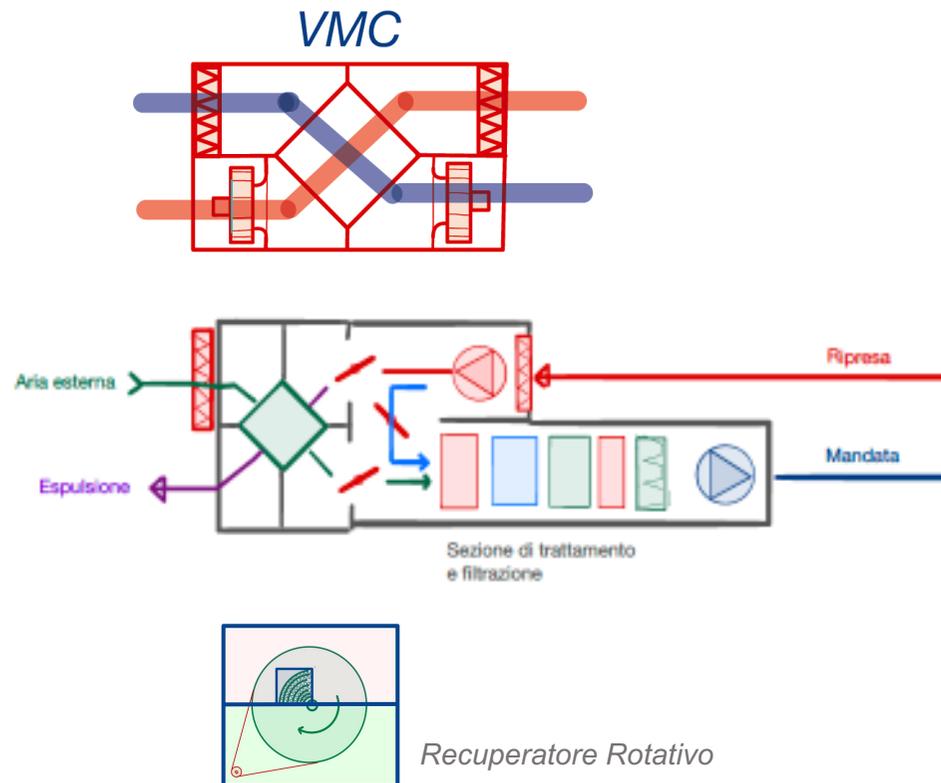
La ventilazione attraverso gli impianti meccanici

I sistemi di ventilazione meccanica consentono di:

1. Decidere un punto di presa dell'aria esterna collocato opportunamente, decidere dove espellere l'aria (lontano da altre finestre e/o prese d'aria);
2. Disporre di un sistema di filtrazione dell'aria in ingresso;
3. Realizzare un sistema di distribuzione che immette in modo omogeneo le portate richieste anche in ambienti interni privi di comunicazione verso l'esterno o dei corretti rapporti aero-illuminanti;
4. Realizzare un sistema di ripresa ed espulsione che consenta di mantenere alcuni ambienti in depressione rispetto ad altri;
5. Realizzare una forma di recupero dell'energia dall'aria espulsa;

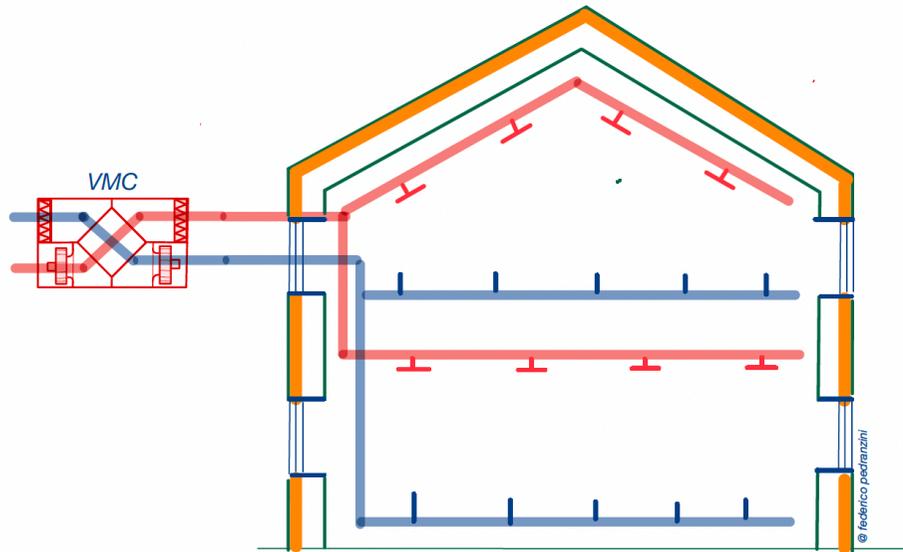
I sistemi di ventilazione meccanica consentono in generale di risparmiare energia e di controllare la qualità dell'aria interna, per questo motivo sono oggi molto diffusi anche in applicazioni ove non sarebbero per legge obbligatori.

Edificio di nuova generazione: inserimento di un sistema VMC



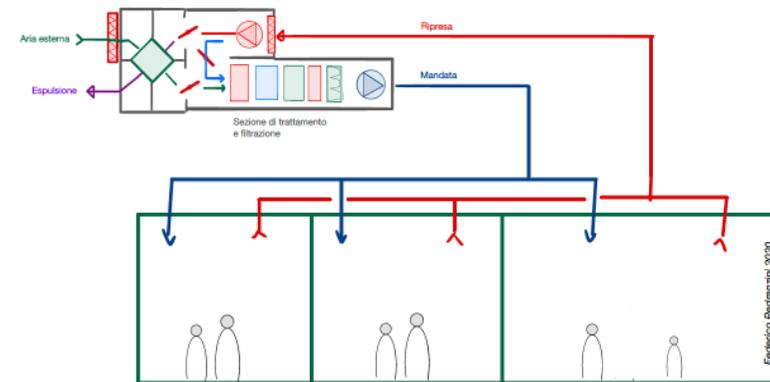
- *punto di presa dell'aria esterna collocato opportunamente*
- *espulsione dell'aria lontano da altre finestre e/o prese d'aria*
- *sistema di filtrazione dell'aria in ingresso;*
- *sistema di distribuzione che immette in modo omogeneo le portate richieste anche in ambienti interni privi di comunicazione verso l'esterno o dei corretti rapporti aero-illuminanti;*
- *recupero dell'energia dall'aria espulsa;*

Edificio di nuova generazione: inserimento di un sistema VMC



Implementazione con sistema di ventilazione meccanica controllata

Impianto multizona



La ventilazione attraverso gli impianti meccanici - requisiti.

Nel caso di adozione di un sistema VMC, occorre applicare la normativa derivante dalla direttiva europea Comunità europea ErP 2009/125 - CE (Energy-related-Products), chiamato anche Direttiva Ecodesign.

Il 26 Novembre, 2014 è entrato in vigore il Regolamento CE 1253/2014, che si applica alle Unità di Ventilazione

Lo scopo principale del regolamento è quello di ridurre i consumi energetici degli impianti di ventilazione.

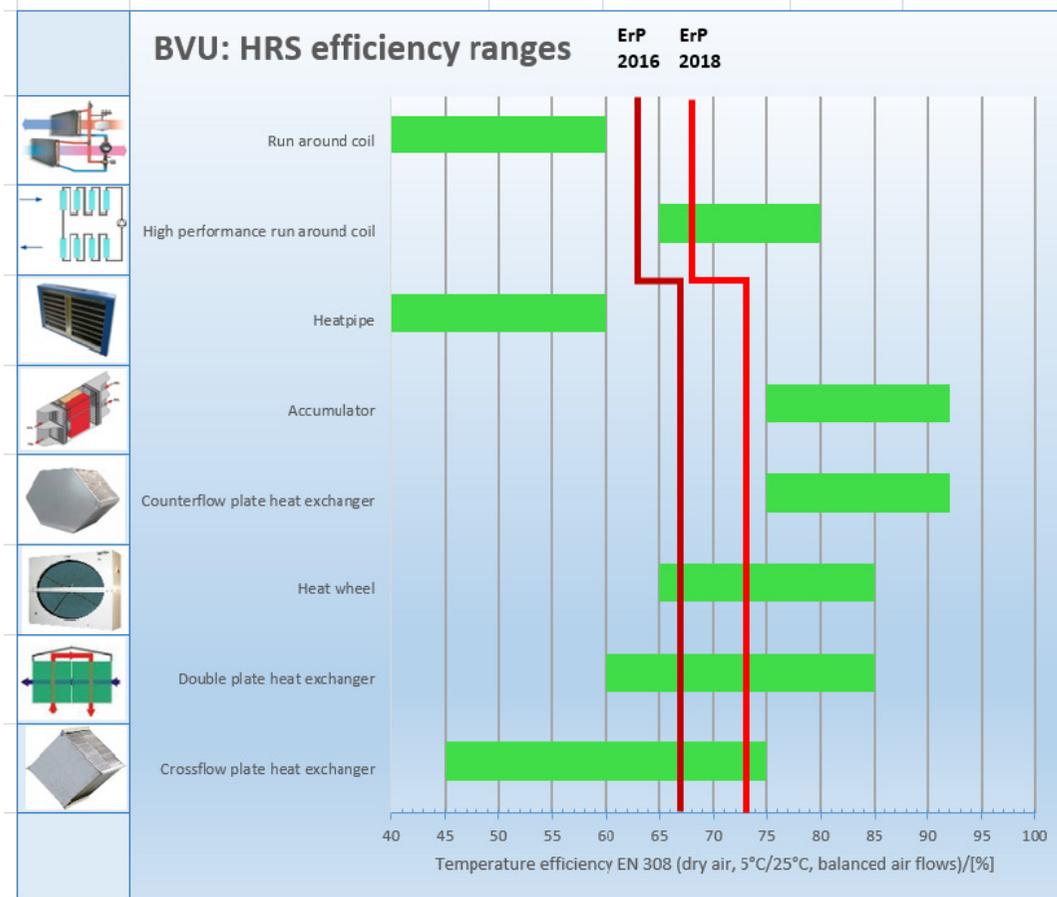
Il regolamento non fa distinzione di sorta tra unità di ventilazione che serviranno impianti per edifici di nuova costruzione o che invece andranno a sostituire unità già esistenti.



ErP 2009/125 - Regolamento CE 1253/2014

Il regolamento pone una serie di riferimenti per le unità di trattamento aria, i principali sono riferiti alla potenza elettrica assorbita che dipende a sua volta dal rendimento dei ventilatori e dalle perdite di carico interne alle unità di trattamento.

Inoltre si pongono dei valori minimi da rispettare in termini di efficienza dei recuperatori a partire dagli anni 2016 e 2018.



EUROVENT reference values according to Rating Standard RS 6/C/005-2016

Energy Efficiency Class	All units		Unit for outdoor air temperature $\leq 9^{\circ}\text{C}$ (winter)		Fan system efficiency
	Air velocity		Heat recovery system		
	v_{class} [m/s]	η_{class} [%]	Δp_{class} [Pa]	$NG_{\text{ref-class}}$ [-]	
A+ / A+G / A+↑	1,4	83	250	64	
A / AG / A↑	1,6	78	230	62	
B / BG / B↑	1,8	73 ¹⁰	210	60	
C / CG / C↑	2,0	68 ¹¹	190	57	
D / DG / D↑	2,2	63 ¹²	170	52	
E / EG / E↑	No calculation required			No requirements	
A+ to E: Units with outdoor air connection and planning temperature t Winter $\leq 9^{\circ}\text{C}$ A+G to EG: Units with recirculation air (100 %) or with permanent planning temperature $> 9^{\circ}\text{C}$ A+↑ to E↑: Extract air unit					

Riferimento Eurovent – elaborazione grafica Robatherm

https://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm_Energyefficiency_eng.pdf

Eurovent – Rating Standard RS 6/C/2016

Eurovent è una associazione di produttori di apparecchiature per la climatizzazione il cui scopo è quello di armonizzare i metodi di prova e certificare le prestazioni dichiarate dai costruttori.

E' stata proposta una classificazione basata su parametri prestazionali per le unità di trattamento aria.

Criteri di scelta delle tipologie impiantistiche basati su equivalenza prestazionale e prestazione energetica. La contestualizzazione.

Al di là delle prestazioni rese obbligatorie per legge, gli aspetti energetici devono essere valutati sulla base di una contestualizzazione, con riferimento alla specifica applicazione, alle possibilità di recupero e nonché le effettive necessità di recupero.

In generale ogni recuperatore comporta un maggior consumo elettrico a fronte di un recupero termico che può essere fortemente variabile a seconda della stagione e delle condizioni di carico.

In tal senso una lettura sensata è quella che mette a confronto il recuperatore con il sistema di produzione dell'energia termica e ne confronta i rendimenti.

Fondamentale risulta inoltre il fatto che la potenza recuperata va valutata non sulla base della quantità assoluta ma sulla base di quella che viene effettivamente utilizzata dall'applicazione: spesso rendimenti di recupero molto elevati portano a disporre di potenza eccedente il fabbisogno puntuale a fronte di un aumento dei consumi che risulta spesso permanente.

Riassumendo: gli impianti di climatizzazione vengono realizzati sostanzialmente per due ragioni:

1. Comfort termico.
2. Qualità dell'aria (in alternativa alla aerazione naturale);

Gli impianti di climatizzazione possono essere suddivisi:

1. Sistemi idronici (ad acqua);
2. Sistemi aeraulici (a tutt'aria);
3. Sistemi misti aria-acqua;

Negli ultimi anni ai sistemi ad acqua si stanno affiancando ai sistemi ad espansione diretta (VRF - SPLIT)

Tra questi gli impianti ad aria risultano determinanti per due motivi:

- Un impianto ad aria rappresenta un'alternativa alla aerazione naturale per l'ottenimento di una adeguata qualità dell'aria migliorativa per controllo della prestazione e per continuità della prestazione;
- Soltanto l'adozione di un impianto ad aria può consentire il recupero dell'energia dell'aria espulsa.

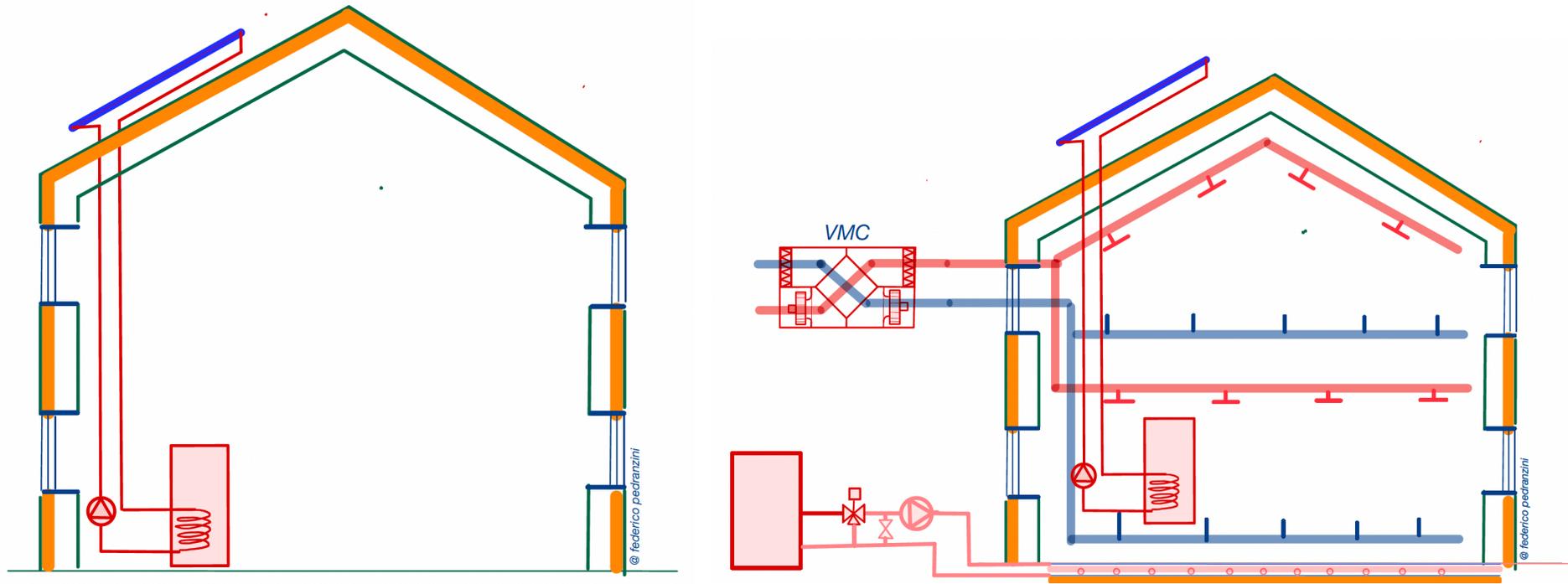
Nota: con «impianti ad aria» si intende impianti che fanno uso esclusivo o non esclusivo di aria esterna

La presenza di un sistema ad aria ricontestualizza anche gli altri sistemi secondo una logica di integrazione e di minimizzazione dell'investimento

- A seconda della entità delle portate di aria esterna da immettere e delle necessità di riscaldare o raffrescare gli ambienti talvolta è possibile affidare ai sistemi ad aria anche il controllo delle temperature: un impianto ad aria in grado di fare sia qualità dell'aria che controllo dei carichi termici senza che sia necessario installare anche terminali ad acqua (o in alternativa sistemi ad espansione diretta) si definisce **IMPIANTO A TUTT'ARIA**
- Un impianto che al contrario è adottato unicamente per fini di rinnovo e che necessita della presenza di terminali ad acqua o ad espansione diretta per il controllo delle temperature ambiente si definisce **IMPIANTO MISTO** e consta nella combinazione di un **IMPIANTO AD ARIA PRIMARIA** e di **UNITA' TERMINALI AMBIENTE**.

La scelta del sistema impiantistico da adottare viene effettuata dal progettista che valuta tutti gli aspetti legati alla tipologia di involucro, alle attività che si svolgono all'interno degli ambienti serviti, all'entità dei carichi termici e contaminanti.

Edificio di nuova generazione: inserimento di un sistema VMC



Implementazione con pannelli termici per la preparazione di acqua calda sanitaria

NB. Negli schemi presentati non è inclusa la considerazione dei sistemi Fotovoltaici unicamente in quanto non rientrano direttamente tra gli impianti di Climatizzazione

La dipendenza della prestazione energetica dalle temperature di utilizzo, transizione alle energie rinnovabili.

- Dal punto di vista della generazione di energia termica la transizione prevede un passaggio alle Pompe di Calore (reversibili per il ciclo estivo) eventualmente ad acqua di falda.
- In presenza di cascami termici o di limitazioni dal punto di vista della connessione elettrica l'adozione di dispositivi ad assorbimento consente la produzione di freddo (e caldo nella versione in pompa di calore) anche a partire dalla combustione.
- Ove possibile la costituzione di pacchetti di utenze che per temperature, consumi termici ed elettrici e scambio con la rete risultano compatibili con la cogenerazione (o trigenerazione), questa può risultare assolutamente conveniente spesso i sistemi di questo tipo sono associati a reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento per motivi legati alle ottimizzazioni dei sistemi di produzione, di utenza e di distribuzione.

NDR tutti i sistemi di produzione richiedono un ripensamento dei sistemi di utenza in termini di temperature di alimentazione e di salto termico. Fondamentale risulta essere il ruolo degli accumuli termici in funzione di differimento e regolarizzazione dell'andamento dei carichi.

In conclusione, ciò che caratterizza gli impianti per gli edifici moderni è:

- *il livello di integrazione edificio/impianto;*
- *i fabbisogni sono molto ridotti rispetto a prima, le temperature possono essere più adatte al miglior rendimento dei sistemi di produzione e di distribuzione;*
- *il fatto che gli involucri risultino più curati permette di evitare di mettere in sovrappressione gli edifici per evitare le infiltrazioni, consentendo un buon recupero sull'aria espulsa;*
- *un buon involucro non costringe inoltre a cercare di rimediare situazioni di criticità localizzate forzando il funzionamento degli impianti;*
- *La regolazione e la capacità di adeguare i consumi alle effettive situazioni di carico mantenendo inalterate le prestazioni.*



Bibliografia

- UNI EN ISO 7730:2006 - Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.
- ASHRAE STANDARD 55:2017 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
- F. Mancini, C. Romeo, A. S. Sferra, F. Nardecchia, U. Di Matteo C. Romeo (ENEA) - Misure di qualità dell'aria esterna ed interna in un edificio ad elevate prestazioni adibito ad uffici di proprietà della pa per la ottimizzazione delle portate di aria di ricambio finalizzate all'efficienza energetica. Report Ricerca di Sistema Elettrico 2017
- Regolamento (UE) n. 1253/2014 della Commissione recante attuazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda le specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione.
- Eurovent Guidebook Air Handling Units: 2018
- M. Bo, F. Pedranzini. Unità di trattamento Aria – Dispensa Scuola Aicarr Educational – M. Bo, F. Pedranzini 2020
- M. Vio Il recupero di calore dall'aria espulsa – Guida Aicarr 2014.

Il presente documento è il risultato di una libera e personale interpretazione dell'autore. Le fonti esterne (di immagini, materiali, schemi, idee, ecc.) sono state opportunamente citate, dove note. Immagini e disegni sono originali nella maggior parte dei casi e si ricollegano a concetti e definizioni di senso comune. Nel caso che qualche diritto di autore sia stato involontariamente leso, si prega di contattare l'autore della presentazione, al fine di risolvere ogni possibile conflitto.