

Pianificare la ventilazione nella progettazione di nuovi edifici scolastici e nel risanamento di quelli esistenti

Informazioni e raccomandazioni
per i committenti

*Aria
fresca,
idee
chiare*

Una campagna per migliorare la qualità dell'aria nelle scuole svizzere promossa da:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'interno DFI
Ufficio federale della sanità pubblica UFSP



La salute di una persona dipende da diversi fattori: oltre alle premesse individuali, anche l'ambiente o le condizioni lavorative e di vita sono infatti elementi fondamentali. Per questo, l'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP) ritiene molto importante creare condizioni giuste per un ambiente sano.

Un ambiente che favorisca la salute è essenziale, in particolare per bambini e adolescenti: la scuola assume quindi un ruolo centrale perché è qui che essi vi trascorrono molto del loro tempo. In tal senso, l'UFSP ha indagato le condizioni di apprendimento e di lavoro nelle scuole a diversi livelli.

In uno studio abbiamo recentemente rilevato che, in determinate fasi della giornata o talvolta addirittura nella media giornaliera, la qualità dell'aria in molte aule svizzere è insufficiente. Concretamente ciò si traduce in

cattive condizioni di apprendimento e di lavoro per scolari e insegnanti e maggiori rischi per la salute per chi è affetto da allergie o asma.

Con semplici adeguamenti delle modalità di arieggiamento, una buona pianificazione e un dialogo regolare tra utenti, gestori, committenti e proprietari degli immobili, la qualità dell'aria può tuttavia essere nettamente migliorata. L'UFSP si fa promotore di tale dialogo illustrando nel presente opuscolo le circostanze, i valori limite d'igiene raccomandati e le possibilità di miglioramento in ambito infrastrutturale. Rivolgendosi contemporaneamente a tutti gli attori interessati, l'UFSP incoraggia un impegno comune al fine di migliorare la qualità dell'aria nelle aule svizzere.

Nel presente opuscolo sono riportate le principali informazioni sulle indagini che abbiamo condotto e i nostri suggerimenti per migliorare la qualità dell'aria nelle aule. Vi ringraziamo sin da ora per l'interesse e l'impegno per la salute e il bene delle future generazioni.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'R. Charrière'. The signature is fluid and cursive.

Roland Charrière

Vicedirettore dell'Ufficio federale della sanità pubblica
capo dell'unità di direzione Protezione dei consumatori

Indice

1	Situazione iniziale	5
1.1	La qualità dell'aria influenza la qualità dell'apprendimento	6
1.2	Le aule scolastiche necessitano di maggiore aria fresca rispetto ad altri locali	6
1.3	La qualità dell'aria nelle aule scolastiche svizzere è spesso insufficiente	6
2	Basi per l'elaborazione di un piano di ventilazione	7
2.1	Possibilità e limiti dell'arieggiamento attuato dagli utenti	8
2.2	Interazione tra edificio e arieggiamento	10
2.3	Sviluppo di una posizione comune e obiettivi vincolanti	11
3	Aspetti fondamentali nell'elaborazione di un piano di ventilazione	12
3.1	Interazione tra piano di ventilazione e architettura	13
3.2	Sufficiente volume dei locali e immissioni d'aria ottimizzate nella ventilazione per mezzo di finestre	13
3.3	Interazione tra grado di automazione ed esigenze degli utenti	14
3.4	Adattamento all'occupazione dei locali	14
3.5	Adattamento alla canicola estiva	15
3.6	Rispetto dei requisiti igienici	15
4	Informazioni di base	16
SCHEDE TEMATICHE:		
A	Anidride carbonica (CO ₂) quale indicatore della qualità dell'aria ambiente e della ventilazione	17
B	Valutazione della qualità dell'aria ambiente e della ventilazione in base al livello di CO ₂	18
C	Andamento del livello di CO ₂ nelle aule scolastiche arieggiate per mezzo di finestre	21
D	La ventilazione nelle scuole: la situazione in Svizzera	22
E	I possibili sistemi di ventilazione	24
5	Bibliografia	27

Situazione iniziale

1.1 La qualità dell'aria influenza la qualità dell'apprendimento

Un'aria pulita nei locali favorisce la produttività e la salute degli scolari.

Per insegnare e apprendere servono aule scolastiche ben arieggiate. Com'è stato più volte comprovato nel quadro di studi scientifici, ^[1] → **SCHEDA TEMATICA B**, più è elevata la qualità dell'aria ambiente, maggiore sarà il rendimento intellettuale di scolari e insegnanti. Locali ben arieggiati fanno bene alla salute e riducono in particolare i disturbi di asmatici e persone affette da patologie delle vie respiratorie. Inoltre, anche sintomi aspecifici quali mal di testa e irritazioni si manifestano con minore frequenza.

L'obiettivo da raggiungere è, idealmente, il mantenimento per l'intera giornata scolastica di un buon livello della qualità dell'aria, riducendo al minimo i momenti in cui invece essa è insufficiente.

1.2 Le aule scolastiche necessitano di maggiore aria fresca rispetto ad altri locali

Le aule sono spazi densamente occupati: durante una lezione il numero di persone che vi si trattiene è infatti elevato se confrontato con le contenute dimensioni del locale. Il carico ambientale più significativo per l'aria delle aule ^[2, 3, 4, 5] è rappresentato da quanto emesso dai corpi di scolari e insegnanti, ossia sostanze derivanti dal metabolismo come l'anidride carbonica (CO₂) e numerosi composti organici liberati nell'aria attraverso la respirazione e la traspirazione. A ciò si aggiungono le sostanze derivanti dagli indumenti e dai prodotti per la cura del corpo, polveri fini, virus e batteri. Affinché queste inevitabili impurità non si accumulino nel locale, l'aria satura e «viziata» deve essere espulsa tramite il ricambio di aria e sostituita con l'equivalente quantità di aria fresca.

A causa dell'elevato numero di persone presenti in un'aula e il relativo carico ambientale che queste esercitano in un'unità di tempo, per mantenere una buona qualità dell'aria ambiente è necessario tra l'altro un arieggiamento intenso, ricambiando per ogni unità di tempo grandi quantità d'aria. Se il locale può essere arieggiato solo per mezzo di finestre, ciò implica che esse devono essere lasciate aperte molto spesso e per una durata sufficientemente lunga.

1.3 La qualità dell'aria nelle aule scolastiche svizzere è spesso insufficiente

Nelle aule scolastiche svizzere è necessario intervenire per migliorare la ventilazione.

Il livello di CO₂ è un indicatore che permette di misurare e valutare la qualità dell'aria nelle aule traendo al contempo conclusioni dirette in merito al ricambio di aria → **SCHEDA TEMATICA A** → **SCHEDA TEMATICA B**. Attualmente sono disponibili numerose indagini condotte in diversi Paesi da cui è emerso sempre lo stesso risultato: ^[1, 6] la qualità dell'aria ambiente è spesso insufficiente e il grado di ricambio di aria prescritto dalle norme edilizie e di ventilazione non è quasi mai rispettato. Tale constatazione non riguarda solo le aule ventilate per mezzo di finestre dove la qualità dell'aria ambiente può raggiungere livelli molto bassi → **SCHEDA TEMATICA C**. Anche quelle che dispongono di un sistema di ventilazione meccanico, infatti, non sempre adempiono le norme.

Un'indagine rappresentativa condotta dall'UFSP in merito a questa problematica nelle scuole svizzere ha dimostrato che in due terzi delle aule scolastiche il ricambio di aria può essere considerato appena sufficiente o che, in altri termini, per più del 10 per cento del tempo di lezione i valori dell'aria respirata sono insufficienti dal punto di vista igienico (livello di CO₂ superiore a 2000 ppm) → **SCHEDA TEMATICA D**. Questi casi sono stati registrati tendenzialmente in scuole in cui la ventilazione era affidata alle finestre.

Basi per l'elaborazione di un piano di ventilazione

2.1

Possibilità e limiti dell'arieggiamento attuato dagli utenti

I piani di ventilazione realizzati in classi pilota mediante SIMARIA hanno migliorato nettamente la qualità dell'aria nelle aule.

Negli edifici scolastici esistenti in cui la ventilazione avviene tramite l'apertura manuale delle finestre, il ricambio di aria dipende esclusivamente dal comportamento degli utenti. Arieggiando in modo corretto, scolari e insegnanti possono quindi in molti casi apportare miglioramenti significativi immediati alla qualità dell'aria ambiente. A tal fine, l'UFSP ha pubblicato le raccomandazioni «Arieggiare correttamente l'aula scolastica», pensate per scuole e corpo docenti. Inoltre, in Internet è disponibile il simulatore del ricambio di aria SIMARIA, uno strumento facile da utilizzare (cfr. pagg. 30–31) con cui è possibile pianificare in modo flessibile le tempistiche necessarie per il ricambio di aria in base al volume dei locali e al numero degli scolari (www.aerare-le-scuole.ch, www.simaria.ch). I primi test condotti con classi pilota hanno dato risultati assai promettenti → [SCHEDA TEMATICA D](#).

L'opuscolo «Arieggiare correttamente l'aula scolastica» riporta infine, oltre a numerose informazioni, anche le otto regole essenziali per arieggiare che riportiamo di seguito.

- 1** Arieggiare molto il mattino e il pomeriggio, prima delle lezioni, per iniziare con una qualità dell'aria uguale a quella esterna.
 - 2** Durante il resto della giornata, sfruttare le pause, brevi o lunghe, per arieggiare bene.*
 - 3** Aprire sempre completamente tutte le finestre.
 - 4** Quando si arieggia, chiudere completamente la porta dell'aula scolastica.
 - 5** Non porre oggetti sul davanzale interno delle finestre, assicurando così un'apertura semplice e completa.
 - 6** Quando si arieggia creando corrente tra porta e finestre, aprire anche le finestre del corridoio.
-  D'estate approfittare della notte o del mattino presto per rinfrescare i locali il più a lungo possibile.
-  In inverno, dato il riscaldamento in funzione, evitare di arieggiare troppo a lungo.*

* Idealmente: calcolare il tempo di arieggiamento tramite SIMARIA.

Se si sta progettando una ventilazione manuale per mezzo di finestre, gli utenti devono essere d'accordo con le modalità di arieggiamento richieste.

Attuare sistematicamente le regole succitate non è sempre facile, soprattutto perché nell'implementazione di un arieggiamento corretto nell'edificio scolastico si presentano diversi ostacoli:

- Pause periodiche per arieggiare sufficientemente a lungo comportano altrettante perdite di calore dei locali e contraddicono gli obiettivi di efficienza energetica. Se questo aspetto non viene affrontato con committenti e proprietari con una posizione comune, le scuole rischiano di trovarsi in difficoltà.
- Per raggiungere le stesse condizioni dell'aria in tutte le classi, i piani per il ricambio di aria devono essere attuati in ognuna delle aule dell'edificio scolastico. Questo implica che gli insegnanti devono essere sensibilizzati e informati in modo da impegnarsi di conseguenza.
- È più facile attuare piani per il ricambio di aria quando l'attribuzione degli insegnanti alle aule è più o meno «fissa», come accade tipicamente nella scuola dell'obbligo. Se invece i locali sono utilizzati alternativamente da classi diverse, l'attuazione si fa più complicata.
- Vi è il rischio che la flessibilità dei tempi di lezione e delle pause brevi trascorse all'interno dell'edificio, combinate a una singola lunga pausa comune, entrino in conflitto con le tempistiche necessarie al ricambio di aria nelle pause. Quando si arieggia nelle giornate fresche o fredde, nel locale si registra un calo di temperatura più rapido e netto: se durante il ricambio di aria si lascia l'aula per trascorrere la pausa all'aperto, una volta rientrati quasi non ci si renderà conto che l'aria del locale è più fredda, in quanto essa si scalderà nuovamente in tempi brevi. Se invece, per via di orari di lezione flessibili, gli scolari e i docenti sono costretti a rimanere nell'aula durante la pausa per non disturbare le altre classi, saranno esposti al freddo e alla corrente derivanti dal ricambio di aria. Ciò può dare adito a lamentele, e non a torto, oltre che alla smania di chiudere velocemente le finestre.
- Le caratteristiche edili, in particolare la dimensione delle aule rispetto al numero degli scolari, ma anche la disposizione e la grandezza delle finestre, i venti e le temperature influenzano l'efficacia del ricambio di aria e il grado della qualità dell'aria ambiente raggiungibile concretamente tramite l'apertura manuale delle finestre.

2.2 Interazione tra edificio e arieggiamento

L'attuazione di un piano di ventilazione in nuovi edifici e in risanamenti assicura una buona qualità dell'aria ambiente per tutto il tempo di lezione.

Negli edifici esistenti dotati di ventilazione manuale attraverso finestre, l'implementazione sistematica di un piano per il ricambio di aria impedisce ampiamente di raggiungere, durante la giornata scolastica, valori dell'aria insufficienti dal punto di vista igienico (livello di CO₂ >2000 ppm). Tuttavia, è molto difficile assicurare nelle aule una qualità dell'aria costantemente buona sull'arco di tutte le lezioni. Per raggiungere con certezza questo obiettivo e mantenerlo sul lungo periodo sono necessarie misure edilizie e soluzioni di arieggiamento attuate da tutti gli utenti. Un risanamento o il progetto di un nuovo edificio sono la giusta occasione per valutare e attuare queste misure.

Le nuove costruzioni e i risanamenti moderni permettono non solo d'isolare bene un involucro dell'edificio, ma anche di conferirgli una buona tenuta stagna. Le nuove finestre sono inoltre a chiusura ermetica. Tuttavia, questa realtà acuisce il problema della ventilazione, perché l'ermeticità dell'edificio impedisce il ricambio di aria al suo interno. Per questo, la norma SIA 180:2014 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici» prescrive, in linea generale, di progettare tempestivamente le modalità per assicurare il necessario ricambio di aria.

È in questo contesto che si parla di piano di ventilazione. In proposito la norma SIA 180 specifica:

La presente norma è valida per nuove costruzioni, per riattazioni significative dell'involucro dell'edificio come pure nel caso di cambiamento di destinazione.

Nella fase di progetto di massima è necessario allestire un concetto di ventilazione adeguato alle esigenze. Possibili principi di ventilazione sono:

- *una ventilazione naturale, gestita manualmente o automaticamente,*
- *un impianto d'espulsione semplice (compreso di serranda per il riflusso d'aria),*
- *un impianto d'immissione e aspirazione meccanico controllato, e la combinazione di quanto sopra.*

Il principio di ventilazione deve permettere all'utenza d'ottenere il flusso d'aria necessario, indipendentemente se per mezzo di aperture per la ventilazione naturale o per mezzo di quella meccanica.

Fondamentale in questo contesto è che la ventilazione degli edifici non avvenga in modo casuale: la sola presenza di finestre, quindi, non è sufficiente. Anche una ventilazione naturale deve essere progettata in modo che un arieggiamento appropriato da parte degli utenti permetta di soddisfare sempre e con certezza i requisiti della qualità dell'aria ambiente. L'approntamento di piani per una ventilazione naturale funzionante può rappresentare una grande sfida progettuale e richiede il coinvolgimento degli utenti nella pianificazione.

2.3

Sviluppo di una posizione comune e obiettivi vincolanti

In qualità di mandante, il committente è tenuto a fissare esplicitamente i requisiti della qualità dell'aria ambiente nelle aule scolastiche.

È fondamentale che proprietari, gestori e utenti adottino una posizione comune in merito all'importanza di un'aria ambiente pulita nelle aule scolastiche.

La tenuta stagna di un involucro dell'edificio influenza la qualità dell'aria ambiente anche negli edifici scolastici. In questo contesto, tuttavia, il principale elemento di criticità è rappresentato dall'elevato indice di occupazione, che già da solo è un motivo sufficiente per elaborare un piano di ventilazione durante la progettazione di un nuovo edificio scolastico o di un ampio risanamento. Tale compito spetta agli architetti e agli specialisti degli impianti di ventilazione. Il primo passo in tal senso deve tuttavia essere fatto dal mandante, che è tenuto a fissare i requisiti concreti da soddisfare. Di conseguenza, il committente deve definire, come requisito vincolante del progetto, la qualità che l'aria ambiente dovrà avere una volta che l'edificio sarà in funzione, per esempio una classe di qualità dell'aria ambiente secondo la norma SIA 382/1 o i livelli massimi di CO₂ da non superare in regime di esercizio normale. Queste prescrizioni devono essere stabilite per ogni progetto edilizio.

Per prima cosa si raccomanda di discutere apertamente questa tematica coinvolgendo tutti gli attori e gli interessati in una riunione a cui invitare i rappresentanti dell'utenza (istituti scolastici comunali, direttori scolastici), dei proprietari, dei committenti (dicasteri delle costruzioni), degli esecutori (divisioni dei lavori pubblici nei dicasteri delle costruzioni) e dei responsabili dell'energia e dell'ambiente. Come punto di partenza si possono utilizzare il presente documento e ulteriori informazioni della campagna «Aria fresca, idee chiare» (disponibili all'indirizzo www.aerare-le-scuole.ch). In questo contesto, l'obiettivo è raggiungere una posizione comune

- affinché in ogni progetto di nuova costruzione o di risanamento di edifici scolastici esistenti si dia la dovuta attenzione al tema della ventilazione;
- affinché la ventilazione garantisca prima di tutto una buona qualità dell'aria ambiente, salvaguardando al contempo un'elevata efficienza energetica;
- per individuare gli obiettivi da porsi in materia di qualità dell'aria ambiente (per le raccomandazioni dell'UFSP cfr. [→ SCHEDA TEMATICA B](#)).

L'adozione di una posizione e di obiettivi comuni, inoltre, deve essere comunicata all'esterno con chiarezza. In tal senso, si devono sempre prevedere mezzi per la progettazione integrale e l'attuazione di un piano di ventilazione, onde evitare che questo tema venga considerato come una possibile voce di spesa su cui andare a risparmio. Le nuove costruzioni e i risanamenti, infine, devono corrispondere allo stato dell'arte in ambito edilizio.

Una volta convenuta una posizione di principio comune, si potranno quindi formulare i requisiti per i relativi progetti di costruzione.

Aspetti tecnici degli approcci attuativi

I piani di ventilazione si suddividono in quelli che prevedono una ventilazione naturale per mezzo di finestre (ad apertura manuale o automatica), quelli a immissione meccanica forzata di aria e quelli che combinano le due forme. Il piano di ventilazione va stabilito ad hoc per ogni edificio: la soluzione giusta, quindi, non è una sola. Le possibilità a disposizione sono molte (cfr. esempi [→ SCHEDA TEMATICA E](#)) e ognuna di esse presenta pro e contro. Le differenze riguardano:

- l'efficienza e la possibilità di controllo sulla qualità dell'aria ambiente;
- la semplicità o la complessità del sistema;
- il fabbisogno di spazio e l'onere dell'intervento;
- le possibilità di filtrare l'aria esterna e isolare l'edificio acusticamente;
- le possibilità di recupero del calore e di ottimizzazione energetica;
- la gestione e la manutenzione;
- i costi d'installazione, di esercizio e i costi energetici dell'edificio a regime.

3

Aspetti fondamentali nell'elaborazione di un piano di ventilazione

3.1 Interazione tra piano di ventilazione e architettura

Integrando per tempo la ventilazione nella progettazione è possibile trovare soluzioni sostenibili e ottimali dal punto di vista dell'efficienza energetica, della qualità dell'aria ambiente e dei costi.

Nel caso in cui si costruisca un edificio scolastico nuovo, vengono solitamente svolti uno studio di fattibilità o una pianificazione di prova. Dato che, in particolare, nei piani che prevedono una ventilazione naturale possono esserci molti punti di contatto tra pianificazione della ventilazione e architettura, è raccomandabile fissare gli obiettivi della qualità dell'aria ambiente in questa fase verificandone l'attuabilità. Infine, nel caso in cui si tenga un concorso pubblico, nel relativo programma devono essere definite la qualità dell'aria richiesta e le modalità di arieggiamento auspiccate dagli utenti.

Nel progetto preliminare si prendono le decisioni più importanti relative ai sistemi e alle soluzioni in ambito architettonico e tecnico, stabilendo per esempio l'attuazione del programma progettuale o scegliendo il sistema di riscaldamento. È in questa fase che si sceglie anche il piano di ventilazione. A tal fine può essere utile confrontare i sistemi, il che deve essere richiesto esplicitamente nel capitolato d'onere pubblicato con il bando di concorso. I criteri determinanti sono per esempio l'onere dell'intervento e altri aspetti edilizi, la qualità dell'aria ambiente e il livello di CO₂, il consumo energetico nonché i costi d'investimento e di esercizio.

Nel caso in cui si prendano in considerazione piani di ventilazione manuale o semimanuale, gli utenti interessati devono essere d'accordo con l'arieggiamento da attuare. I rappresentanti dei proprietari e degli utenti definiranno quindi insieme il regime di ventilazione e lo comunicheranno per scritto alla rappresentanza dei committenti.

3.2 Sufficiente volume dei locali e immissioni d'aria ottimizzate nella ventilazione per mezzo di finestre

Più un locale è piccolo e affollato, più rapidamente peggiora la qualità dell'aria.

Nei piani di ventilazione naturale (ventilazione per mezzo di finestre, manuale o automatica) il flusso di aria pulita varia rapidamente ed è difficilmente controllabile. Inoltre, è influenzato dalla potenza e dalla direzione dei venti, dalla differenza tra temperatura interna ed esterna ecc. Infine, anche l'indice di occupazione è un fattore decisivo per la qualità dell'aria ambiente e la praticabilità della ventilazione per mezzo di finestre. I volumi dei locali pro capite devono dunque essere sufficientemente grandi, con altezze relativamente calibrate o planimetrie ampie. I flussi d'aria devono essere ottimizzati, per esempio con finestre estese fino al soffitto in caso di ventilazione in entrata, con creazione di correnti per mezzo di finestre frontali o espulsione dell'aria tramite canali di aspirazione o camini. Soluzioni che prevedono una ventilazione con canali di aspirazione sono presenti anche in vecchi edifici scolastici realizzati tra il 1900 e il 1940.

Il riscaldamento deve essere in grado di compensare rapidamente il calo della temperatura in seguito al ricambio di aria e bisogna tenere conto anche delle perdite di calore dovute alla ventilazione. Questo svantaggio può essere ridotto se il riscaldamento avviene esclusivamente mediante energie rinnovabili.

3.3 Interazione tra grado di automazione ed esigenze degli utenti

Gli utenti devono essere informati sul funzionamento dei sistemi automatizzati.

Nella scelta di sistemi automatizzati negli edifici si deve tenere conto del bisogno naturale dell'essere umano di adattare l'ambiente circostante alle proprie esigenze. Ciò non vale solo per l'illuminazione, la schermatura della luce del sole e il riscaldamento ma anche per la ventilazione. Per questo, deve essere sempre possibile aprire le finestre e regolare il ricambio d'aria. Gli utenti devono essere informati sulle possibilità a loro disposizione, i comandi devono essere semplici e i sistemi tecnici effettivamente reattivi. Il rispetto di questi punti si ripercuote in modo determinante sulla soddisfazione dell'utente e la sua accettazione degli aspetti tecnici. Se invece questa esigenza fondamentale rimane ignorata, ci si dovrà confrontare con crescenti insoddisfazioni e lamentele sulle condizioni spaziali o sulla ventilazione, e ciò indipendentemente dai parametri dell'aria ambiente oggettivamente misurati. ^[7]

Per questo motivo, si consigliano piani di ventilazione cosiddetti ibridi, che assicurano buona parte del ricambio di aria attraverso una ventilazione meccanica e in aggiunta permettono all'utente di influenzare attivamente le condizioni spaziali arieggiando brevemente nelle pause per mezzo di finestre. A prescindere dal piano di ventilazione scelto, in linea generale è buona norma che le finestre possano essere aperte in ogni momento.

3.4 Adattamento all'occupazione dei locali

Nelle aule scolastiche il fabbisogno del ricambio di aria è molto aleatorio: il locale può essere infatti completamente vuoto o pieno e in determinati momenti possono essere presenti classi ridotte o pochi scolari. A questo fabbisogno variabile la risposta ideale è una ventilazione automatizzata, in quanto essa non solo permette uno scambio ottimale dal punto di vista dell'efficienza energetica, ma impedisce anche che nei freddi giorni invernali i locali siano eccessivamente arieggiati e che l'aria diventi troppo secca perché la quantità di umidità dissipata è notevolmente superiore a quella prodotta dalle persone presenti. In inverno, una secchezza dell'aria troppo accentuata spesso causa lamentele legate alla ventilazione meccanica. Allineando la ventilazione al fabbisogno e adeguando le temperature, tuttavia, è possibile arginare il problema e al contempo aumentare l'efficienza energetica.

3.5

Adattamento alla canicola estiva

Il piano di ventilazione deve considerare anche le condizioni estive e contribuire a proteggere dalla canicola: quando le giornate sono molto calde, infatti, il confort termico rappresenta la criticità principale. A mezzogiorno e soprattutto al pomeriggio, l'aria pulita proveniente dall'esterno è molto calda. In estate, i sistemi con recupero di calore possono essere impiegati nel modo opposto, ossia, fintanto che l'aria ambiente è relativamente fresca, possono raffreddare leggermente la temperatura dell'aria immessa. Tuttavia, è fondamentale che a tarda notte e al mattino presto si arieggi intensamente: in questo modo si espellerà il calore che durante il giorno è stato assorbito dalla massa dell'edificio e quest'ultimo verrà raffreddato (cosiddetto raffreddamento notturno); durante il giorno, invece, sarà l'edificio stesso ad esercitare un effetto rinfrescante. Insieme a un'efficace protezione dal sole, ciò permette di ostacolare il surriscaldamento delle aule nelle calde giornate estive. Il raffreddamento notturno è particolarmente efficace se effettuato per mezzo di finestre aperte in modo manuale o automatico. Eventualmente si possono anche considerare altri metodi di raffreddamento a basso consumo energetico (free cooling e schermature solari).

3.6

Rispetto dei requisiti igienici

Impianti di ventilazione ben progettati sono sicuri sul piano igienico se gestiti correttamente e sottoposti a un'accurata manutenzione.

Nella scelta del sistema, si deve anche tenere conto del fatto che gli impianti e gli apparecchi di condizionamento d'aria devono essere progettati, fabbricati, regolati e utilizzati correttamente e sottoposti a un'accurata manutenzione. Non di rado tali soluzioni tecniche sono mal viste, in quanto si teme che possano rappresentare un rischio per la salute. Se tuttavia sono rispettati i principali requisiti della direttiva SITC VA104-01 (Requisiti igienici per gli impianti di ventilazione, in tedesco e francese) di condizionamento, i sistemi di ventilazione sono molto sicuri dal punto di vista della salute e presentano molti vantaggi. È fondamentale non trascurare alcun dettaglio.

4

Informazioni di base

SCHEDE TEMATICHE

A

Anidride carbonica (CO₂) quale indicatore della qualità dell'aria ambiente e della ventilazione

B

Valutazione della qualità dell'aria ambiente e della ventilazione in base al livello di CO₂

C

Andamento dei livelli di CO₂ nelle aule scolastiche arieggiate per mezzo di finestre

D

La ventilazione nelle scuole:
la situazione in Svizzera

E

I possibili sistemi di ventilazione

A

Anidride carbonica (CO₂) quale indicatore della qualità dell'aria ambiente e della ventilazione

L'anidride carbonica (CO₂) è una componente naturale dell'aria che respiriamo ed è generata dalla combustione di sostanze contenenti carbonio e ossigeno. Negli esseri viventi, la CO₂ è il prodotto di scarto della respirazione cellulare. Attualmente, l'aria esterna ne contiene circa 400 ppm (parti per milione, ossia lo 0,04 %), con una leggera tendenza alla crescita.

Nei locali chiusi, la CO₂ è un buon indicatore delle diverse impurità che le persone presenti liberano nell'aria ambiente attraverso il metabolismo. ^[8] Molte di queste impurità sono percettibili anche tramite l'olfatto: sono infatti proprio queste esalazioni corporee e il loro rispettivo carico ambientale a dare la ben nota sensazione «opprimente» di aria «pesante» e «viziata». ^[5,9] La CO₂, al contrario, è inodore, ma è facilmente misurabile.

La presenza di persone in un locale è in grado di moltiplicare di diverse volte la concentrazione di CO₂ rispetto ai valori dell'aria esterna. Nei locali chiusi, la CO₂ può essere altrimenti prodotta solo tramite processi di combustione a fiamma libera, come avviene per esempio nel caso delle cucine a gas, che tuttavia solitamente non sono presenti nelle scuole. Per questo, la CO₂ è particolarmente indicata per valutare la qualità dell'aria all'interno di locali con un elevato indice di occupazione, come le aule scolastiche.

Il rapporto tra il livello di CO₂ presente in un locale e la percezione sensoriale della qualità dell'aria da parte di persone che vi sono appena entrate è stato molto studiato. Ne è emerso che più elevato è il livello di CO₂, più l'aria è percepita negativamente e più le persone sono insoddisfatte della qualità dell'aria ambiente. ^[8] Se per esempio il livello di CO₂ è di 500 ppm superiore al valore dell'aria esterna (e nel locale ammonta quindi a circa 900 ppm), secondo le previsioni il 20 per cento delle persone che entrano nella stanza sarà insoddisfatto della qualità dell'aria. Se il livello di CO₂ supera di 800 ppm il valore dell'aria esterna (circa 1200 ppm nel locale), la percentuale di persone insoddisfatte salirà al 30 per cento. Questi valori riguardano gli edifici che presentano altrimenti un carico sensoriale contenuto («low emission buildings»). ^[10] Se invece si chiede una valutazione alle persone che sono entrate nel locale da un certo tempo e il cui olfatto si è già abituato, queste a fatica riusciranno a distinguere se la stanza sia stata arieggiata più o meno intensamente. ^[11]

La CO₂ rappresenta al contempo anche un indicatore del ricambio di aria di un locale: minore è la quantità di aria fresca, più elevato è il livello di CO₂ e più scarsa è la qualità dell'aria ambiente. Gli approcci più moderni considerano il carico olfattivo standardizzato di una persona e la percezione sensoriale della qualità dell'aria in presenza di diversi tipi di ventilazione. Ulteriori elementi che possono concorrere al carico sensoriale derivano dall'edificio e dall'arredamento. Tali rapporti costituiscono nei Paesi europei e in Svizzera una base unitaria per le norme di ventilazione ^[8,10] da cui si possono derivare le classi per la qualità dell'aria ambiente abbinate ai rispettivi livelli di CO₂ e le necessarie quantità di aria fresca all'ora.

SCHEDA TEMATICA

B

SCHEDA TEMATICA

Valutazione della qualità dell'aria ambiente e della ventilazione in base al livello di CO₂

Per il livello di CO₂ in locali abitati, la norma SIA 180:2014 «Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici» indica come valore generale di riferimento una fascia dai 1000 ai 2000 ppm. Da ciò si evince quindi che la qualità dell'aria dei locali abitati (ovvero oggetto di utilizzo) non dovrebbe superare il valore limite di 2000 ppm. Questa prescrizione è particolarmente rilevante per gli edifici in cui la ventilazione avviene per mezzo di finestre, in quanto solitamente in questi casi il ricambio di aria non è continuo ma irregolare e il livello di CO₂ può di conseguenza oscillare fortemente.

Per gli edifici dotati di ventilazione meccanica, in cui al contrario l'andamento del livello di CO₂ è più stabile, vige invece la norma SIA 382/1:2014 «Impianti di ventilazione e di climatizzazione - Basi generali ed esigenze». Qui sono riportate le classi di aria ambiente con le rispettive quantità di aria fresca necessarie (cioè i flussi di aria esterna). Come standard per il livello di CO₂ nei locali di soggiorno, quali sono tipicamente locali adibiti ad abitazione o ufficio, vige quindi una fascia compresa tra i 1000 e i 1400 ppm, ossia una quantità di aria fra i 18 e i 30 metri cubi all'ora (m³/h) pro capite (classe di aria ambiente RAL 3). Se invece i requisiti per i locali di soggiorno sono più elevati, ovvero si hanno speciali esigenze dal punto di vista degli odori in particolare per persone appena entrate nel locale, il livello di CO₂ a cui attenersi è <1000 ppm, ovvero una quantità di aria >30 m³/h pro capite (classe di aria ambiente RAL 2).

A completamento di tali standard, il quaderno tecnico SIA 2024:2014 sui requisiti di utilizzo dei locali per l'energia e la tecnica impiantistica indica i criteri di progettazione per gli impianti di ventilazione in base ai diversi utilizzi: per i locali scolastici, in caso di ventilazione per mezzo d'impianto semiautomatico con finestre è indicato un flusso di aria di 25 m³/h pro capite, mentre in presenza di una ventilazione per mezzo di apertura manuale delle finestre, il flusso di aria è di 30 m³/h.

I requisiti indicati nelle norme SIA riguardano in primo luogo la qualità dell'aria ambiente percepita e interessano quindi esclusivamente il confort e l'igiene. Nel quadro di indagini in merito alla cosiddetta sindrome da edificio malato, già da decenni sono stati svolti rilevamenti scientifici in edifici adibiti ad uffici da cui sono emerse ulteriori corrispondenze significative. ^[12,13,14]

In questo contesto si è infatti rilevato che migliore è il ricambio di aria nei locali interni,

- meno frequentemente si accusano sintomi aspecifici quali irritazioni delle mucose, mal di testa e stanchezza;
- più contenuta è la sintomatologia di asmatici e persone affette da patologie delle vie respiratorie;
- maggiore è la produttività delle persone.

Complessivamente, ciò è riconducibile alla qualità dell'aria ambiente che in base al ricambio attuato può essere più o meno buona. ^[15] Oltre al carico ambientale derivante dalle persone, nell'aria dei locali possono accumularsi diverse esalazioni provenienti da materiali, oggetti e apparecchi. Tali esalazioni rivestono un'importanza maggiore nei locali adibiti ad ufficio e soprattutto in quelli abitativi rispetto a quelli scolastici, perché in questi ultimi il carico ambientale maggiore è esercitato piuttosto dall'indice di occupazione. ^[5,10]

Partendo da questi rilevamenti, negli scorsi anni i ricercatori hanno rivolto un'attenzione sempre crescente alle aule scolastiche.^[6, 16] Studi svolti per indagare il rendimento intellettuale degli scolari in diverse condizioni di ventilazione, e quindi con un'aria ambiente più o meno viziata, hanno confermato quanto era già stato rilevato per gli uffici: attualmente esistono quindi prove univoche del fatto che un buon ricambio di aria nell'aula migliora il rendimento intellettuale degli scolari.^[1] Si è infatti constatato che se l'aria era pulita, il tempo di reazione nel dare risposte corrette era più breve: in test standardizzati, per esempio, gli scolari risolvevano un maggior numero di esercizi di calcolo per unità di tempo, ottenendo inoltre risultati decisamente migliori in addizioni, confronti numerici, grammatica, ed esercizi di lettura e comprensione. Il tasso di errore, invece, era rimasto spesso invariato.^[17, 18, 19] In studi scientifici più accurati dal punto di vista metodologico sinora disponibili, i miglioramenti arrivavano fino al 15 per cento.^[1] Altri studi, inoltre, hanno evidenziato un migliore stato di salute delle vie respiratorie e minori assenze, oltre che una notevole riduzione dell'incidenza di sintomi come stanchezza, irritazioni delle mucose e mal di testa. Infine, scolari e insegnanti affetti da asma o allergie, in presenza di aria pulita lamentavano decisamente meno disturbi.

Diversamente rispetto a valutazioni tossicologiche di singole sostanze nocive nell'aria ambiente, quando si valutano dal punto di vista sanitario la qualità dell'aria dei locali (la CO₂ e la ventilazione), non esiste una linea di demarcazione netta tra nocivo e non nocivo, in quanto il confine è variabile. L'attuale stato delle conoscenze scientifiche tuttavia dimostra chiaramente che i requisiti imposti dalle vigenti norme edilizie e sulla ventilazione sono corretti e devono necessariamente essere rispettati.

Per questo motivo, dopo aver accuratamente visionato la letteratura scientifica, il Comitato per i valori di riferimento dell'aria ambiente dell'Umweltbundesamt tedesco ha pubblicato una raccomandazione sulla valutazione igienica della concentrazione di CO₂ nei locali interni che si allinea con la fascia dei valori di riferimento citati nella norma SIA 180: le concentrazioni al di sotto di 1000 ppm sono quindi considerate «igienicamente innocue», quelle tra i 1000 e i 2000 ppm «igienicamente precarie» e quelle che superano i 2000 ppm come «igienicamente insufficienti».^[20]

Alla luce delle conoscenze scientifiche disponibili in merito a qualità dell'aria ambiente, salute e rendimento intellettuale e in considerazione delle vigenti norme SIA per la qualità dell'aria ambiente, l'UFSP raccomanda quanto segue:

1. Superamenti del livello di CO₂ oltre i 2000 ppm devono essere assolutamente evitati.

In caso di superamenti frequenti, vanno adottate misure tempestive per migliorare la ventilazione.

2. Per un'aria ambiente salubre e buone condizioni di apprendimento, il livello di CO₂ nelle aule scolastiche non deve mai superare i 1400 ppm.

Per ogni nuova costruzione o risanamento di edifici scolastici deve essere attuato un piano di ventilazione che permetta di raggiungere il succitato obiettivo.

La presente raccomandazione presuppone che non sussista alcun ingente carico ambientale dovuto a sostanze nocive o odori provenienti da materiali da costruzione, arredamento o apparecchi. Tali fattori, deleteri per la qualità dell'aria ambiente, devono infatti essere eliminati in primo luogo non attraverso una maggiore ventilazione, ma minimizzati con misure alla fonte. Se in virtù del loro utilizzo questi elementi non possono essere eliminati o ne è possibile solo un'eliminazione parziale, come per esempio in laboratori o aule d'informatica, va pianificato un corrispettivo aumento del flusso di aria fresca.

Nel nuovo commento all'ordinanza 3 del 18 agosto 1993 concernente la legge sul lavoro (OLL 3; RS 822.113), la Segreteria di Stato dell'economia (SECO) prevede di fornire un'esaustiva panoramica sotto forma di tabella sulla classificazione della qualità dell'aria ai sensi della norma SN546382/1 abbinata alla valutazione delle diverse concentrazioni di CO₂ dal punto di vista sanitario.

Sulla base di tale commento, la qualità dell'aria all'interno di locali abitati sarà categorizzata secondo il suo contenuto di CO₂ come riportato di seguito (fig. 316-1):

Contenuto di CO ₂ nell'aria ambiente (ppm)	Classificazione della qualità dell'aria ai sensi della norma SN546382/1	Qualità dell'aria (CO ₂): Definizione di «tutela della salute»
≤ 1000	Da «buona» a «media» RAL 1 + RAL 2	Qualità dell'aria da buona a ottima¹ Assenza di pericoli dal punto di vista igienico
> 1000–1400	«Scarsa» RAL 3	Qualità dell'aria scarsa Crescente incidenza di sintomi quali stanchezza, irritazioni, disturbi della concentrazione
> 1400–2000	«Bassa» RAL 4	Qualità dell'aria bassa Elevata incidenza dei sintomi succitati e crescente peggioramento del rendimento
> 2000	–	Qualità dell'aria insufficiente dal punto di vista igienico Possibile disturbi alla salute A 2000 ppm (valore limite) necessità d'intervento in locali per mezzo di ventilazione naturale: → arieggiare completamente e creare corrente; → esaminare la possibilità di migliorare la ventilazione dei locali. Locali con ventilazione meccanica: concentrazioni insufficienti → verifica tecnica dell'impianto, della progettazione, della pianificazione ecc.

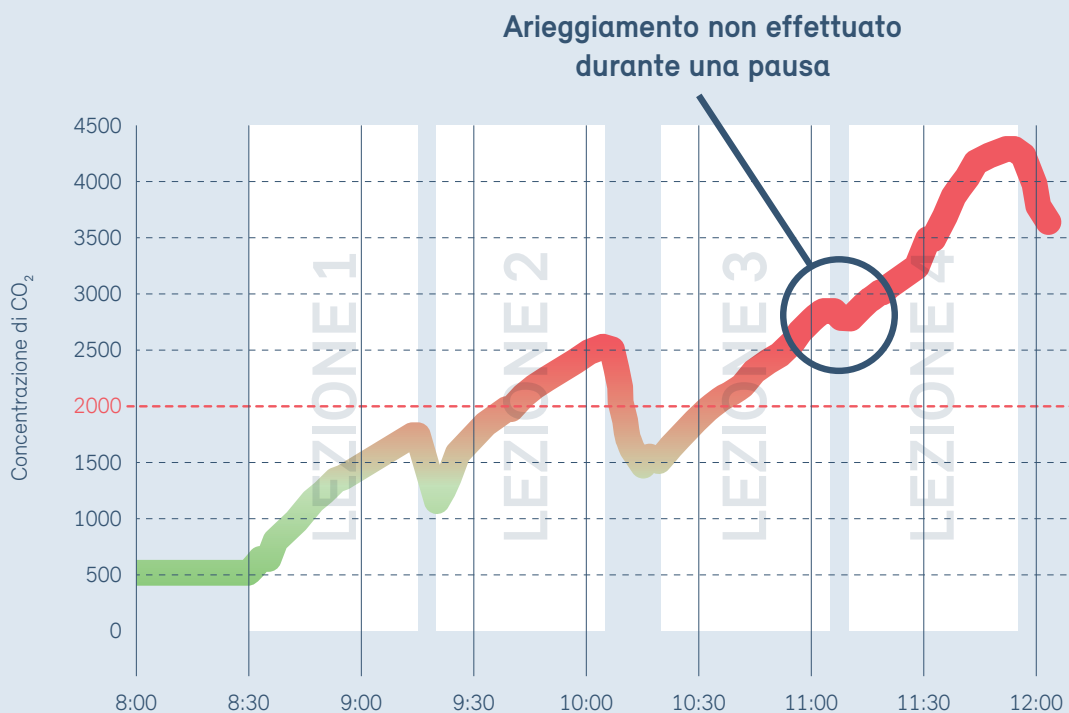
Fig. 316-1. Classificazione della qualità dell'aria (RAL = qualità dell'aria ambiente); definizioni ai sensi della norma SN 546382/1 e tutela della salute valore di riferimento «Pettenkofer».¹

Nota al valore di riferimento Pettenkofer: già 160 anni fa, il chimico igienista tedesco Max von Pettenkofer aveva individuato il «contenuto di acido carbonico», cioè di anidride carbonica, dell'aria ambiente e si era dedicato allo studio della ventilazione necessaria per una buona qualità dell'aria ambiente. In particolare, si era focalizzato sulla ventilazione degli ospedali: dalle sue esperienze basate sulle misurazioni del contenuto di CO₂ e partendo da dichiarazioni e lamentele delle persone sulla qualità dell'aria, elaborò la raccomandazione secondo cui, in locali destinati alla permanenza continua di persone come abitazioni, ospedali, case di riposo e di cura, l'aria non doveva contenere più di 1 milionesimo (1000 ppm) di CO₂ «per via della respirazione e della traspirazione delle persone». ^[21]

Andamento dei livelli di CO₂ nelle aule scolastiche arieggiate per mezzo di finestre

Nelle aule in cui il ricambio di aria avviene solo per mezzo di finestre, la qualità dell'aria ambiente è soggetta a forti oscillazioni: l'andamento del livello di CO₂ graficamente si presenta quindi come un tracciato molto irregolare.

All'inizio delle lezioni al mattino, generalmente, la qualità dell'aria è buona o ottima, ma con le finestre chiuse è sufficiente una lezione per farla peggiorare rapidamente. La situazione migliora grazie al ricambio di aria effettuato nelle pause, le quali tuttavia durano troppo poco perché l'aria ambiente raggiunga la qualità iniziale, eguagliando quella dell'aria esterna. La lezione successiva inizia quindi con una qualità peggiore rispetto alla precedente e se viene a mancare il ricambio di aria nelle pause, il carico ambientale a cui è soggetta l'aria ambiente aumenta in modo incontrollato. Ciò fa sì che, soprattutto durante le lezioni a mezzogiorno e verso sera, la qualità dell'aria diventi talmente scarsa da essere valutata come insufficiente dal punto di vista igienico.



Esempio: andamento della concentrazione di CO₂ in un'aula durante le lezioni mattutine. Breve pausa per arieggiare alle ore 9; pausa lunga alle ore 10 utilizzata solo parzialmente per ricambiare l'aria; pausa per arieggiare alle ore 11 non effettuata. Gran parte del tempo di lezione trascorso in presenza di valori dell'aria insufficienti (livello di CO₂ >2000 ppm).

La ventilazione nelle scuole: la situazione in Svizzera

In collaborazione con alcuni Comuni dei Cantoni di Berna, dei Grigioni e di Vaud, durante le stagioni di riscaldamento 2013/14 e 2014/15 l'UFSP ha svolto un'indagine rappresentativa con l'intento di stabilire se le scuole in Svizzera godessero di un buon ricambio di aria. Per valutare il ricambio di aria, è stata misurata la concentrazione di CO₂ in 100 aule di 96 edifici scolastici e ampliamenti per quattro giorni di seguito. Nella gran parte delle scuole, la ventilazione era affidata all'apertura manuale delle finestre: in 90 dei 96 edifici il ricambio di aria nei locali era effettuato esclusivamente manualmente dagli utenti.

La situazione relativa al ricambio di aria è stata valutata mediante categorie per i livelli di CO₂ misurati, secondo la loro distribuzione durante le lezioni. Nel contesto di un aumento di CO₂ tra due intervalli per il ricambio di aria, per i valori registrati è stata utilizzata la seguente categorizzazione:

< 1000 ppm	«ottimo»
1000–1400 ppm	«buono»
1400–2000 ppm	«sufficiente»
> 2000 ppm	«insufficiente»

Per le scuole arieggiate per mezzo di finestre, i risultati emersi sono stati i seguenti:

- ➔ in due aule il ricambio di aria era costantemente molto buono, in quanto il livello di CO₂ non superava mai i 1400 ppm;
- ➔ un terzo delle aule (33%) era ben arieggiato e, sul totale del tempo di lezione, i valori dell'aria insufficienti dal punto di vista igienico, ossia con livelli di CO₂ superiori ai 2000 ppm, rappresentavano meno del 10 per cento. Al contrario, in due terzi delle aule (67%), sono stati registrati valori insufficienti per più del 10 per cento del tempo di lezione, il che ha evidenziato una necessità d'intervento;
- ➔ nella 30 per cento, la qualità dell'aria ambiente si collocava nella fascia dell'insufficienza per almeno il 30 per cento dell'intero tempo di lezione;
- ➔ nel 10 per cento delle aule, la qualità dell'aria ambiente si situava nella fascia dell'insufficienza per il 50 per cento del tempo di lezione o più;
- ➔ in un'aula, infine, durante i quattro giorni la qualità dell'aria è risultata insufficiente addirittura per il 92 per cento dell'intero tempo di lezione.

Sei aule erano invece dotate di ventilazione meccanica: in tre di esse, mentre in una occasionalmente si arieggiava anche per mezzo di finestre, per quasi il 90 per cento del tempo di lezione il livello di CO₂ si è situato al di sotto dei 1000 ppm. In un'aula, il livello di CO₂ si è attestato al di sopra dei 1400 ppm durante l'11 per cento del tempo.

Infine, in due aule dotate di ventilazione meccanica, sono stati superati i 1400 ppm per il 43 rispettivamente il 47 per cento del tempo e sono stati registrati anche valori superiori ai 2000 ppm (per il 5 risp. il 7% del tempo di lezione), sebbene in una delle due si arieggiasse anche aprendo le finestre manualmente. Il flusso di aria immesso da questi impianti era quindi frutto di una progettazione insufficiente o d'impostazioni errate.

Successo di misure tempestive

In una seconda fase del progetto, un gruppo sperimentale costituito da 23 classi pilota ha testato gli effetti dei piani per il ricambio di aria generati con un semplice modello di simulazione (SIMARIA, www.simaria.ch). L'attuazione dei piani per il ricambio di aria elaborati da SIMARIA hanno portato a un massiccio aumento del tempo di lezione trascorso in condizioni di aria ottimali (<1000 ppm risp. 1000–1400 ppm CO₂).

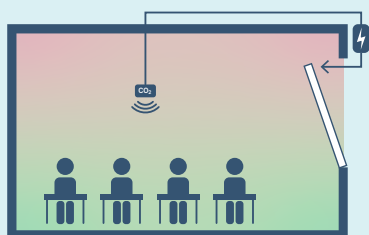
Per 19 delle classi pilota erano disponibili i dati del primo rilevamento: gli scolari trascorrevano il 18 per cento del tempo di lezione in presenza di un'aria ambiente ottima e per il 22 per cento buona; per il 31 per cento del tempo di lezione i valori si collocavano invece nella fascia dell'insufficienza. In occasione della seconda misurazione, ossia dopo aver modificato le modalità di arieggiamento, le classi pilota respiravano un'aria eccellente per il 42 per cento del tempo di lezione e buona per il 28 per cento. I valori registrati si situavano infine nella fascia dell'insufficienza solo per il 9 per cento del tempo di lezione.



I possibili sistemi di ventilazione

A titolo chiarificatore, di seguito sono illustrati alcuni esempi di possibili soluzioni ordinate per parole chiave. Le possibilità più appropriate per un determinato progetto di nuova costruzione o risanamento devono essere individuate caso per caso da architetti in collaborazione con specialisti di impianti di ventilazione.

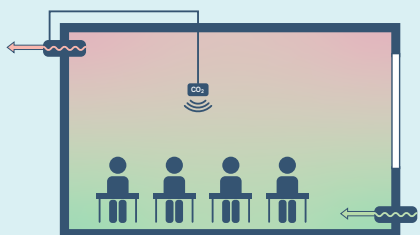
Nella homepage www.aerare-le-scuole.ch sono presentati in dettaglio concreti esempi di edifici scolastici realizzati in Svizzera, ciascuno con la relativa scheda.



Ventilazione meccanica per mezzo di finestre

In questo tipo di impianti la regolare apertura e chiusura delle finestre è affidato a un motore, dotato per esempio di interruttore a tempo o sensori di CO₂, vento o temperatura esterna. La gestione di tali impianti è impegnativa e l'apertura e la chiusura delle finestre può disturbare la lezione.

Non permette recupero di calore, isolamento acustico e filtrazione.

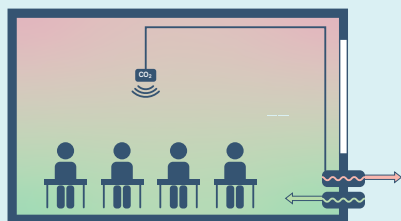


Sistema di espulsione dell'aria automatizzato

Se necessario, l'aria più o meno satura viene aspirata dal locale e l'aria fresca viene immessa attraverso aperture collocate nella facciata.

In determinate circostanze possono crearsi involontariamente correnti d'aria indesiderate.

Non permette recupero di calore; possibilità limitate di isolamento acustico e filtrazione.

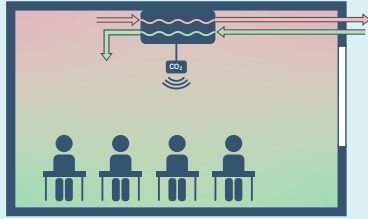


Apparecchi di ventilazione decentralizzata: apparecchio di ventilazione su facciate o parapetti, «finestre di ventilazione»

Apparecchi di ventilazione completi in una singola unità; solitamente ne vengono impiegati diversi per ogni locale.

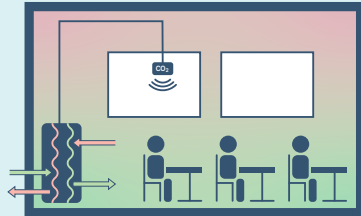
Se è possibile integrarli nelle finestre, non sono necessari ulteriori interventi nella facciata.

Permettono recupero di calore, isolamento acustico e filtrazione.

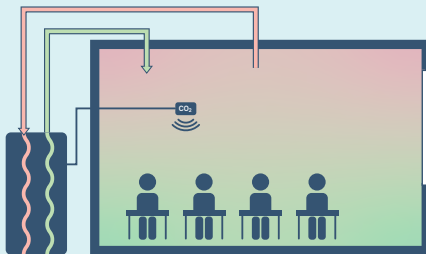


Apparecchi di ventilazione decentralizzata: apparecchi a soffitto, a muro o mobili

Sistemi di ventilazione completi in una singola unità; solitamente ne vengono impiegati diversi per ogni locale. L'aspirazione e l'immissione di aria avvengono attraverso canali nella facciata.



Permettono recupero di calore, isolamento acustico e filtrazione.



Apparecchio di ventilazione centralizzata

L'aspirazione e l'immissione di aria di diversi locali avviene per mezzo di un apparecchio centrale. La distribuzione dell'aria aspirata e immessa avviene attraverso canali di ventilazione.

Permettono recupero di calore, isolamento acustico e filtrazione.

5

Bibliografia

- [1] Fisk WJ (2017): The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air* 27: 1039–1051
- [2] Tang X, Misztal PK, Nazaroff WJ, Goldstein AH (2016): Volatile organic compound emissions from humans indoors. *Environmental Science & Technology* 50: 12686–12694
- [3] Braniš M, Řezáčová P, Domasová M (2005): The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁ in a classroom. *Environmental Research* 99: 143–149
- [4] Jacobs JJH, Krop EJM, de Wind S, Spithoven J, Heederik DJJ (2013): Endotoxin levels in homes and classrooms of Dutch school children and respiratory health. *European Respiratory Journal* 42: 314–322
- [5] Wargocki P (2004): Sensory pollution sources in buildings. *Indoor Air* 14 (Suppl 7): 82–91
- [6] Daisey JM, Angell WJ, Apte MG (2003): Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air* 13: 53–64
- [7] Bischof W, Wiesmüller GA (2007): Das Sick Building Syndrome (SBS) und die Ergebnisse der ProKlimA Studie. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 12: 23–42
- [8] European Collaborative Action «Indoor Air Quality & Its Impact on Man» ECA IAQ (1992): Report No. 11: Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings, EUR 14449 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg
- [9] Zhang X, Wargocki P, Lian Z, Thyregod C (2017): Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms and cognitive performance. *Indoor Air* 27: 47–64
- [10] EN 15251 (2007): Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings – addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. CEN, Brussels (SIA 382.706)
- [11] Cain WS, Leaderer BP, Isseroff R, Berglund LG, Huey RJ, Lipsitt ED, Perlman D (1983): Ventilation requirements in buildings—I. Control of occupancy odor and tobacco smoke odor. *Atmospheric Environment* 17: 1183–1197
- [12] Wargocki P, Sundell J, Bischof W, Brundrett G, Fanger PO, Gyntelberg F, Hanssen SO, Harrison P, Pickering A, Seppänen O, Wouters P. (2002): Ventilation and health in non-industrial environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). *Indoor Air* 12: 113–128
- [13] Fisk WJ, Mirer MJ, Mendell MJ (2009): Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates. *Indoor Air* 19: 159–165
- [14] Seppänen O, Fisk WJ, Lei QH (2006): Ventilation and performance in office work. *Indoor Air* 16: 28–36
- [15] Wargocki P, Sundell J, Bischof W, Brundrett G, Fanger PO, Gyntelberg F, Hanssen SO, Harrison P, Pickering A, Seppänen O, Wouters P. (2002): The role of ventilation and HVAC systems for human health in non-industrial indoor environments. A supplementary review by EUROVEN group. *Proceedings of Indoor Air 2002*: 33–38

[16] Annesi-Maesano I, Baiz N, Banerjee S, Rudnai P, Rive S (2013): Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 16: 491–550

[17] Wargocki P, Wyon DP (2006): Research report on effects of HVAC on student performance. *ASHRAE Journal* 48: 23–26

[18] Bakó-Biró Zs, Clements-Croome DJ, Kochhar N, Awbi HB, M.J. Williams MJ (2011): Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment* 48: 1–9

[19] Haverinen-Shaughnessy U, Moschandreas DJ, Shaughnessy RJ (2011): Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air* 21: 121–13

[20] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörde (Ad-hoc AG IRK/AOLG) (2008): Gesundheitliche Bewertung der Kohlendioxidkonzentration in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 51: 1358–1369

[21] Pettenkofer M (1858): Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Literarisch-Artistische Anstalt der J.G. Cotta'schen Buchhandlung, München



Simulare la qualità dell'aria

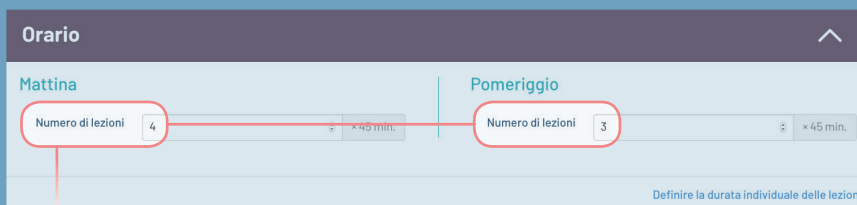
Nel quadro della campagna «Aria fresca, idee chiare», l'UFSP ha sviluppato il simulatore del ricambio di aria SIMARIA. Grazie a questo strumento online che simula la qualità dell'aria presente nelle aule scolastiche, insegnanti e scolari possono stabilire con semplicità la situazione del ricambio di aria nella loro aula e adeguare l'arieggiamento per migliorare la qualità dell'aria ambiente. Quanto emerso dalla valutazione può essere salvato in formato PDF e stampato. www.simaria.ch



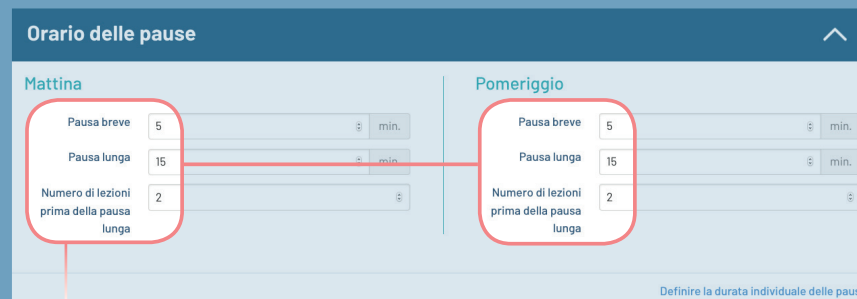
SIMARIA è visualizzabile sulla scrivania del computer, sul tablet o sullo smartphone. Se si predilige la versione mobile, lo strumento sarà più facile da utilizzare tenendo lo schermo del telefono in orizzontale.



In simaria.ch vanno dapprima inseriti i dati sul volume dell'aula e sul numero di persone che ospita (scolari + docente).



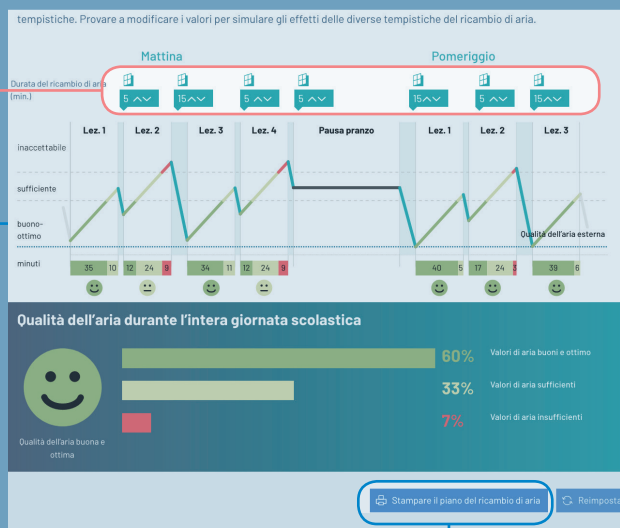
Quindi si definisce il numero di lezioni per la mattina e il pomeriggio. Come durata standard sono preimpostati 45 minuti. Se del caso, la durata della lezione può essere modificata in base alle esigenze individuali.



Va inserita anche la durata delle pause, che può essere ricalibrata in base ai dati effettivi.

Nei campi dedicati alle tempistiche del ricambio di aria sono inizialmente riportati valori standard che vanno sostituiti con i dati effettivi relativi all'aula in esame.

5



Le percentuali mostrano quanto tempo, nell'arco della giornata scolastica, si trascorre in determinate condizioni di aria. In questo modo si evince se la qualità dell'aria durante l'intera giornata è buona, sufficiente o insufficiente.

Sulla base dei dati inseriti viene simulata la qualità dell'aria, rappresentata con una curva che copre l'intera giornata scolastica.

A

B

C

Stampare il piano del ricambio di aria

Scuola, Località

Aula

Nome

Annulla Stampare il piano del ricambio di aria

Inserendo i dati relativi alla scuola e all'aula, la classe otterrà un piano per il ricambio di aria ad hoc per il locale descritto.



Tale piano per il ricambio dell'aria riporta in modo comprensibile quali sono le necessarie tempistiche per il ricambio di aria al mattino e al pomeriggio e il conseguente andamento della qualità dell'aria. Inoltre, indica per quante persone nel locale è appropriato l'arieggiamento riportato. La qualità dell'aria calcolata per l'intera giornata scolastica sarà visualizzata con uno smiley.



Un piano per il ricambio dell'aria stampato e ben visibile permette a scolari e insegnanti di visualizzare subito l'arieggiamento corretto. Il piano per il ricambio dell'aria diventa quindi un prezioso supporto per strutturare il processo di ricambio di aria e una routine vincolante nella quotidianità scolastica.

Sigla editoriale

© Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP)

Editore: Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP)

Nel quadro della campagna per il miglioramento della qualità dell'aria nelle scuole svizzere

Data di pubblicazione: marzo 2019

Questa pubblicazione è disponibile in tedesco, francese e italiano.

Non esiste una versione cartacea.

Realizzazione e grafica: moxi ltd., Bienne, www.moxi.ch

Per ulteriori informazioni:

www.ufsp.admin.ch

www.aerare-le-scuole.ch

www.simaria.ch