INQUINANTI INDOOR

- VOC (composti organici volatili): benzene, toluene, formaldeide, composti ossigenati
- Gas prodotti dalla combustione
- Particolato aerodisperso
- Batteri, muffe ed altri organismi
- Derivati organici di animali e dell'uomo
- Amianto e fibre minerali
- Radon
- Fumo di Sigaretta

VENTILAZIONE: PERCHÉ?

- diluizione e rimozione degli inquinanti indoor
- diluizione di inquinanti specifici (odori provenienti da servizi igienici – vapori di cottura)
- garantire l'aria per l'attività metabolica degli occupanti
- garantire il controllo dell'umidità interna ed evitare la **formazione di condense** e successivamente muffe
- fornire il giusto apporto di aria comburente in presenza di apparecchiature a gas per uso domestico

| **Vernici** con formaldeide | **Fumi** di tabacco e di cottura | **Odori** di cucina e corporali | **Allergie**. Insetti, animali, pollini, acari

VENTILAZIONE: PERCHÉ?

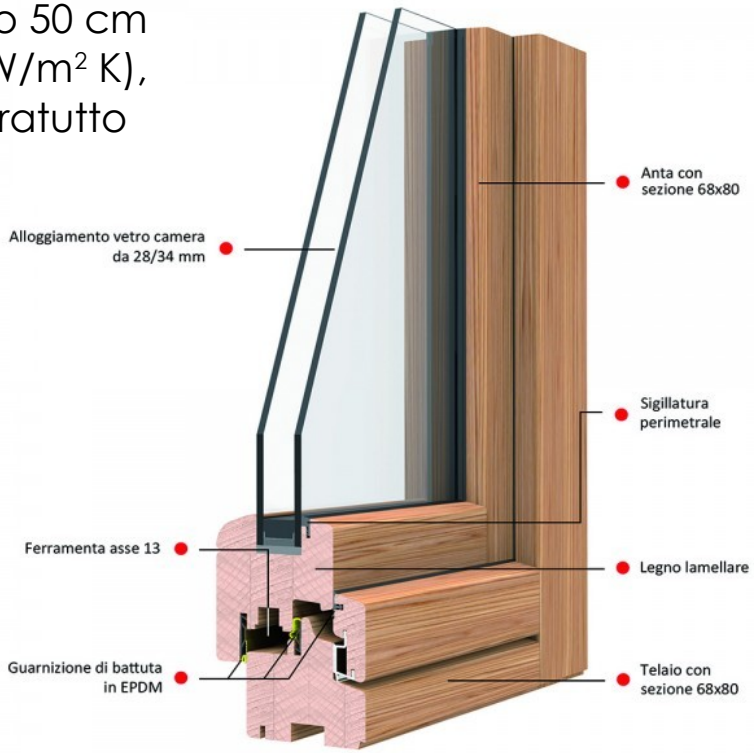
Nelle nuove costruzioni, risulta sempre più necessaria la ventilazione meccanica.

Le performance termiche ed acustiche dell'involucro fanno si che non esistano più infiltrazioni indesiderate d'aria.

Infatti oltre ad avere delle murature esterne di almeno 50 cm di spessore ed altissimo grado di isolamento ($U < 0,2\ W/m^2\ K$), abbiamo dei serramenti doppio o triplo vetro ma sopratutto dotati di 3 guarnizioni a tenuta d'aria.

In pratica le nuove costruzioni sono simili ad acquari dove non entra e non esce nulla.

Tenendo conto che l'utilizzo (lavoratori) è dalle ore serali al mattino seguente, difficilmente si riesce ad areare bene i locali.



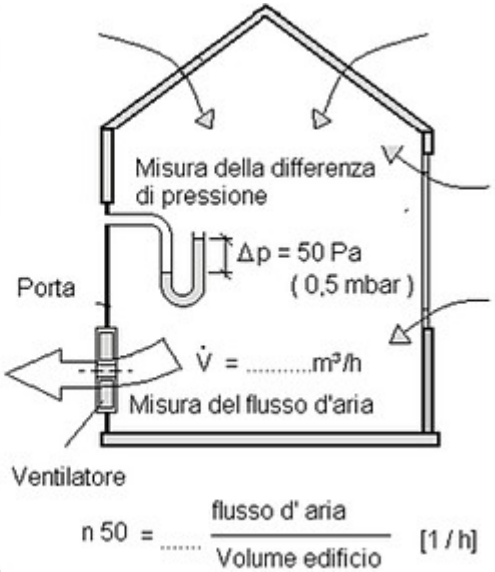
Blow Door Test

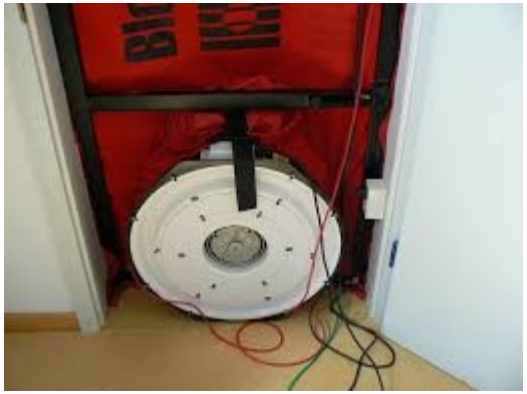
Il Blower-Door-Test permette di misurare l'ermeticità di un edificio dopo aver imposto una determinata differenza di pressione tra interno ed esterno, (la pressione esterna e le temperature interne ed esterne durante la prova).

Il metodo permette di scoprire "le perdite d'aria" dell'involucro edilizio e di valutare il flusso (o tasso) di ricambio dell'aria. Ovviamente valori bassi (infiltrazioni d'aria inferiori) sono preferibili.

Il valore misurato attraverso questa prova è il volume (in realtà la massa) d'aria che attraversa il ventilatore o i ventilatori (nel caso si utilizzino più macchine).

Pressione indotta: 50 Pa





VENTILAZIONE: METODOLOGIE

Le metodologie di approccio alla soluzione del problema del controllo della qualità dell'aria sono essenzialmente tre:

- **APPROCCIO PRESCRITTIVO**: si prescrivono le portate d'aria minima o massima per persona (oppure per m² di superficie) in base alla categoria e alla destinazione d'uso dell'edificio (es. **UNI-CTI 10339**).

- **APPROCCIO PRESTAZIONALE**: si fissano i limiti di concentrazione degli inquinanti e pertanto le portate di aria esterna debbono garantire tali limiti. Questa metodologia richiede la conoscenza degli inquinanti e delle sorgenti. (*complesso e costoso*)

- **APPROCCIO OLFATTIVO**: si limitano le concentrazioni di inquinanti in modo da ridurre la percezione olfattiva degli stessi. L'applicazione del metodo richiede la stima del carico inquinante sensoriale totale (dovuto alle persone, ai materiali dell'edificio e degli impianti di climatizzazione) e la determinazione della portata d'aria sufficiente a contenere la percentuale di persone insoddisfatte dalla percezione dell'aria al di sotto di una certa soglia.

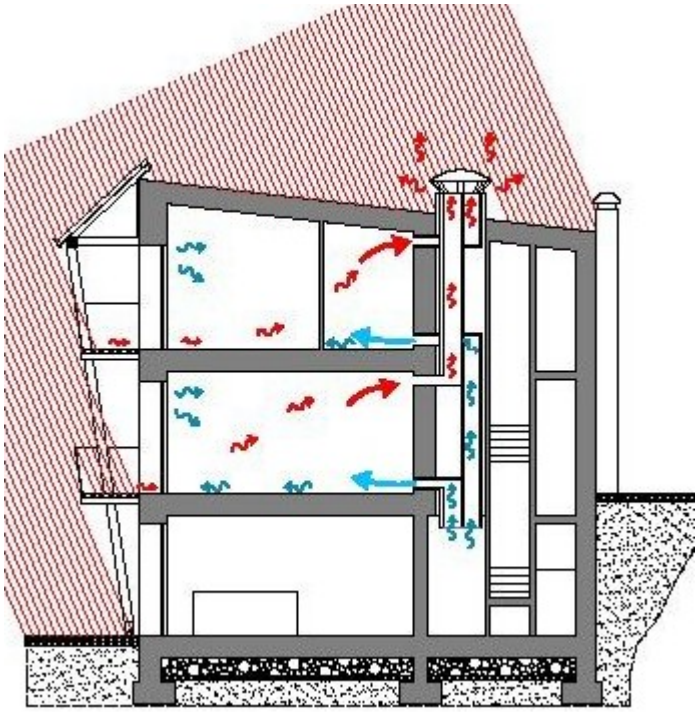
VENTILAZIONE: TIPOLOGIE

Aerazione indica un metodo di ricambio dell'aria mediante l'apertura delle finestre.

Ventilazione, invece, si intende l'immissione e la corrispondente estrazione di aria, ambedue calcolate, in e da un determinato spazio.

Come ricambiare l'aria:

- Apertura dei serramenti (Aerazione) e infiltrazioni
- Ventilazione naturale
- Ventilazione meccanica
- Ventilazione ibrida



TASSO DI RICAMBIO

Il ricambio d'aria viene normalmente definito da un tasso di ricambio (n) che è:

il rapporto tra il volume d'aria ricambiato in un ora e il volume dell'ambiente servito.

$$n = q_v / V$$

Dove

n = tasso di ricambio orario [h^{-1}]

Qv = portata d'aria [m^3/h]

V = volume interno dell'ambiente [m^3]

Esempio:
Soggiorno di 70 m^3
Portata di ricambio 35 m^3/h
N = 35/70 = 0,5 [h^{-1}]

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le normative di riferimento sono:

- **UNI 10339**

Fornisce delle tabelle in funzione dell'attività di portate d'aria per persona o per superficie

- **Regolamento d'igiene (regionale)**

In genere forniscono dei tassi di ricambio aria a seconda dei locali di utilizzo

UNI 10339

"*Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura*".

lLa UNI 10339 è a volte richiamata nella gran parte dei regolamenti edilizi comunali e regolamenti d'igiene ogni qualvolta non venga rispettata l'areazione naturale tramite il rapporto aerante minimo. → cogente

La UNI prescrive che gli impianti, al fine di garantire **livelli di benessere accettabili** per le persone, contemperando le esigenze di contenimento dei consumi energetici, assicurino:

- un'immissione di aria esterna almeno pari a determinati valori minimi in funzione della destinazione d'uso dei locali;
- una filtrazione minima dell'aria;
- una movimentazione dell'aria con velocità entro determinati limiti.

Il tutto per mantenere nel volume convenzionalmente occupato dalle persone, adeguate caratteristiche termiche, igrometriche e di qualità dell'aria.

UNI 10339

Valori minimi di ricambio ventilazione

Categoria di edifici	Portata d'aria esterna o estrazione		Note
	(10^{-3} m^3/h per persona)	(10^{-3} m^3/h m^2)	
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO Abitazioni civili: - soggiorni, camere da letto - cucina, bagni, servizi	11 (39,6 m3/h pers) estrazioni	- estrazioni	Nei servizi 4 vol/h
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI uffici singoli uffici open space locali riunione centri elaborazione dati servizi	11 (39,6 m3/h pers) 11 (39,6 m3/h pers) 10 (36 m3/h pers) 7 (25,2 m3/h pers) estrazioni	- - - - estrazioni	Nei servizi 4 vol/h
ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI grandi magazzini: piano interrato grandi magazzini: piani superiori negozi o reparti di grandi magazzini: barbieri, saloni di bellezza abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi alimentari, lavasecco, farmacie zone pubblico banche, quartieri fieristici	9 (32,4 m3/h pers) 6,5 (23,4 m3/h pers) 14 (50,4 m3/h pers) 11,5 (41,4 m3/h pers) 9 (32,4 m3/h pers) 10 (36 m3/h pers)	- - - - - -	Verificare regolamenti

10^{-3} m^3/s = 3,6 m^3/h

PESI E CARICHI PORTATI

UNI 10339: indice di affollamento

Classificazione degli edifici per categorie	**ns** [persone / m^2]
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO Abitazioni civili: - soggiorni, camere da letto	0,04
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI uffici singoli uffici open space locali riunione centri elaborazione dati	0,06 0,12 0,6 0,8
ATTIVITA' COMMERCIALI O ASSIMILABILI Grandi magazzini alimentari, abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi barbieri, saloni di bellezza, lavasecco, farmacie ,zone pubblico banche quartieri fieristici	0,25 0,1 0,2 0,2

Esempio:
Soggiorno di 25 m^2
persone = 25 x 0,04 = 1
Portata aria = 11 x 3,6 x 1 =39,4 m^3/h

UNI 10339

Ai fini della qualità dell'aria interna, è importante, se non fondamentale, anche la posizione della presa d'aria esterna.

La norma definisce dove non deve essere collocata, e in particolare:

- in prossimità di una strada di grande traffico,
- in prossimità di una ribalta di carico/scarico automezzi,
- in prossimità di scarichi di fumi o prodotti della combustione,
- in punti vicini ad espulsioni industriali,
- di servizi igienici o comunque di aria viziata o contaminata,
- in vicinanza di torri di raffreddamento o torri evaporative,

oppure ad un'altezza minore di 4 m dal piano stradale più elevato di accesso all'edificio.

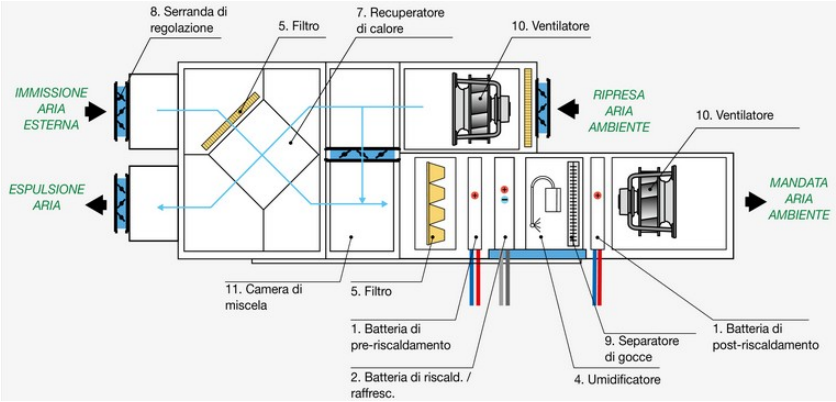
In ogni caso, sia l'aria esterna, che quella di ricircolo, devono essere filtrate tramite l'impiego di filtri di classe appropriata, funzione dell'efficienza degli stessi.

TIPOLOGIA IMPIANTI

IMPIANTI A TUTT'ARIA

Il controllo di tutte le grandezze microclimatiche (temperatura, umidità relativa, purezza e velocità dell'aria) è effettuato esclusivamente mediante l'impiego di aria.

Sono utilizzati in edifici dove il volume da condizionare è costituito da **grandi ambienti** con condizioni termoigrometriche di progetto uniformi (teatri, cinema, auditorium, ecc.).

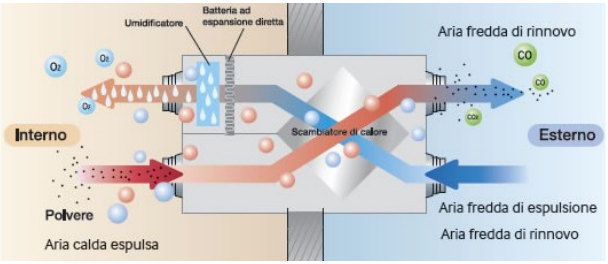


IMPIANTI AD ARIA PRIMARIA

L'aria ha il solo scopo di assicurare il giusto grado di purezza dell'aria ambiente, l'adeguato tasso di umidità e di controllare la velocità.

La temperatura è invece controllata mediante la presenza di terminali disposti in ambiente (es. ventilconvettori).

Chiamati anche: fancoils e aria primaria



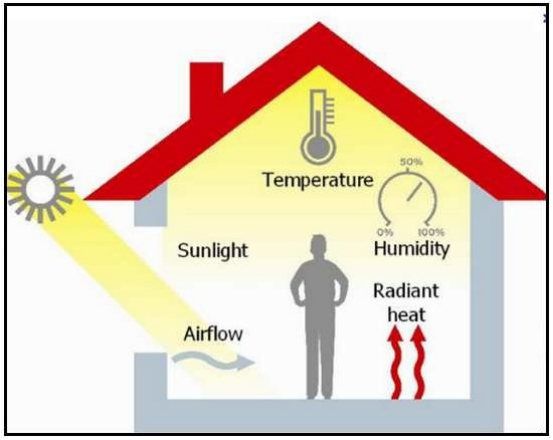
UNI 10339: Prescrizioni

Le condizioni termoigrometriche all'interno dei locali dipendono dal regime di funzionamento (riscaldamento / raffrescamento), dalla località di installazione e dall'utilizzo dell'ambiente interno (livello di attività metabolica prevista, resistenza del vestiario, tempo di permanenza).

Temperature e tassi di umidità devono essere mantenuti da un sistema di regolazione automatica. Nella norma sono indicate le condizioni "standard":

Funzionamento invernale
- temperatura interna: 20°C;
- umidità rel. interna: tra 35% e 45%.

Funzionamento estivo
- temperatura interna 26°C;
- umidità rel. interna: tra 50% e 60%



Regolamento d'igiene

I regolamenti d'igiene sono emessi dalle Regioni

In questa presentazione vedremo il regolamento d'igiene della Regione **Lombardia**, ma con qualche leggera modifica si assomigliano un po tutti.

Nel capitolo sulla ventilazione si legge:

3.4.21 Superficie apribile e ricambi minimi d'aria (residenziale)
Gli alloggi devono essere progettati e realizzati in modo che le concentrazioni di sostanze inquinanti e di vapore acqueo, prodotti dalle persone e da eventuali processi di combustione non possono costituire rischio per il benessere e la salute delle persone ovvero per la buona conservazione delle cose e degli elementi costitutivi degli alloggi medesimi.

Si ritiene che tali condizioni siano in ogni caso assicurate quando sia previsto per ogni alloggio il doppio riscontro d'aria e **siano assicurate le superfici finestrate apribili nella misura non inferiore a 1/10 del pavimento.**

Regolamento d'igiene

3.4.22 Stanze da bagno e W.C.: superficie apribile minima per il ricambio d'aria, ventilazione forzata

La stanza da bagno deve essere fornita di finestra apribile all'esterno, della misura non inferiore a mq. 0,50 per il ricambio dell'aria.

Nel caso di bagni ciechi l'aspirazione forzata deve assicurare un coefficiente di ricambio minimo di

- **6 volumi/ora se in espulsione continua**,

ovvero di

- **12 volumi/ora se in aspirazione forzata intermittente a comando automatico** adeguatamente temporizzato per assicurare almeno 3 ricambi per ogni utilizzazione dell'ambiente.

Esempio:
Bagno di 8 m^2
Volume = 8 x 2,7 = 21,6 m^3
Estrazione continua: 21,6 x 6 =129,6 m^3/h
Estrazione intermittente: 21,6 x 12 =259,2 m^3/h

Regolamento d'igiene in generale

3.4.47 Condizionamento e ventilazione: caratteristiche degli impianti

Gli impianti di condizionamento dell'aria e di ventilazione devono essere in grado di assicurare e mantenere negli ambienti le condizioni termiche, idrometriche, di velocità e di purezza dell'aria idonee ad assicurare il benessere delle persone e le seguenti caratteristiche:

a) il rinnovo di aria esterna filtrata non deve essere inferiore nel **caso di condizionamento a n. 1 volume/ora, nel caso di ventilazione a n. 2 volumi/ora nei locali di uso privato.** I valori di cui sopra possono essere ottenuti anche mediante parziale ricircolazione fino a 1/3 del totale, purché l'impianto sia dotato di adeguati accorgimenti per la depurazione dell'aria;

b) la **purezza dell'aria** deve essere assicurata da idonei accorgimenti (**filtrazione** e se del caso disinfezione) atti ad assicurare che nell'aria dell'ambiente non siano presenti particelle di dimensione maggiore a 50 micron e non vi sia la possibilità di trasmissione di malattie infettive attraverso l'impianto di condizionamento;

c) la **velocità dell'aria** nelle zone occupate da persone non deve essere maggiore di 0,20 m/s misurata dal pavimento fino ad una altezza di m. 2. Gli impianti di condizionamento devono assicurare anche una temperatura di 20±1°C con U.R. di 40-60% nella stagione invernale: nella stagione estiva temperatura operativa compresa tra 25-27°C con U.R. di 40-60% e comunque con una differenza di temperatura fra l'aria interna ed esterna non inferiore a 7°C;

Regolamento d'igiene in generale

Vediamo meglio cosa si intende

a) il rinnovo di aria esterna filtrata non deve essere inferiore nel **caso di condizionamento a n. 1 volume/ora, nel caso di ventilazione a n. 2 volumi/ora nei locali di uso privato.**
I valori di cui sopra possono essere ottenuti anche mediante parziale ricircolazione fino a 1/3 del totale, purché l'impianto sia dotato di adeguati accorgimenti per la depurazione dell'aria;

Se abbiamo un locale da **climatizzare** siamo obbligati (per regolamento d'igiene cogente) a rinnovare almeno 1 volume ora

→ locale di 40 m^2 di altezza 3 m → Vol = 40 x 3 = 120 m^3

Quindi il rinnovo d'aria è pari a 120 x 1 = 120 m^3/h

Nel caso di sola **ventilazione** siamo obbligati a raddoppiare la portata di rinnovo → 240 m^3/h

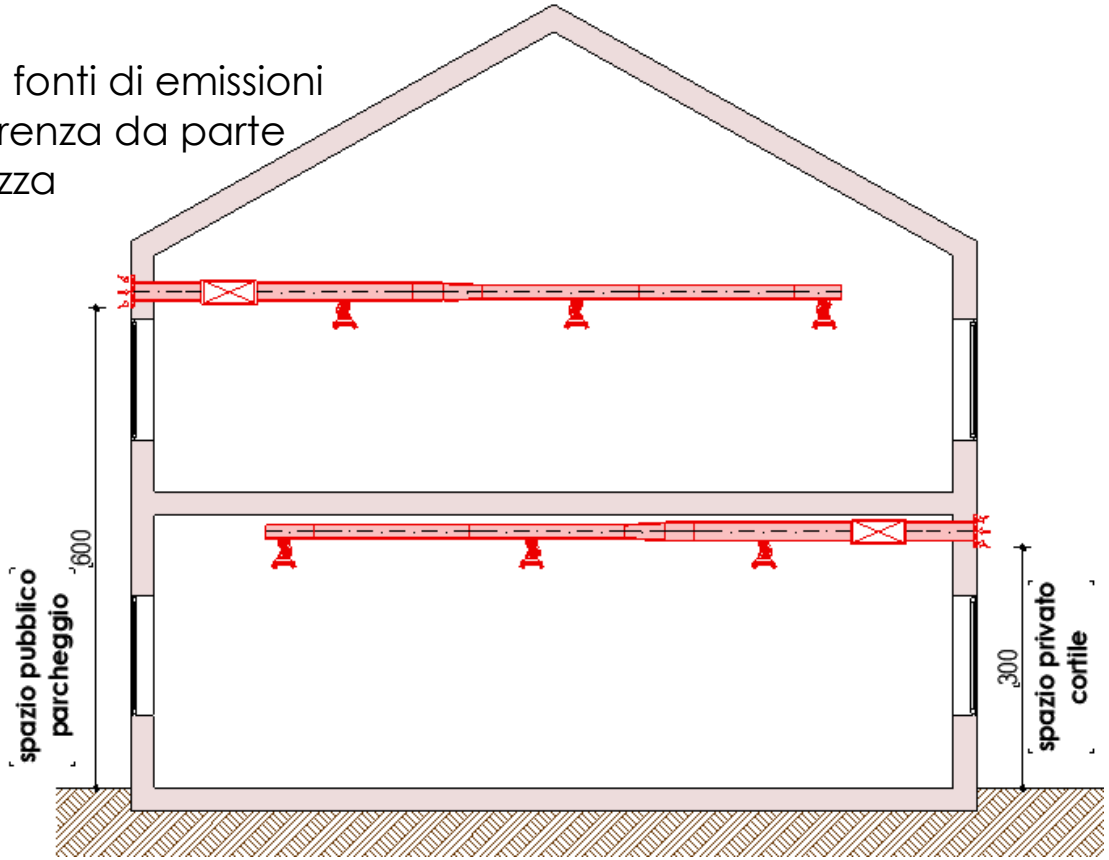
Se poi l'impianto è dotato di *adeguati accorgimenti per la depurazione dell'aria* (filtri) allora 1/3 della portata può essere ricircolata

Regolamento d'igiene in generale

3.4.48 Condizionamento: prese di aria esterna

Le prese d'aria esterna devono essere sistemate di norma alla copertura e comunque ad un'altezza di **almeno m. 3 dal suolo** se si trovano all'interno di cortili e ad **almeno m. 6 se su spazi pubblici**.

La distanza da camini o altre fonti di emissioni deve garantire la non interferenza da parte di queste emissioni sulla purezza dell'aria usata per il condizionamento.



Ventilazione: Impianti a tutt'aria

Sono impianti che fanno a capo ad una Unità di trattamento Aria (UTA) che controlla tutte le grandezze microclimatiche (temperatura, umidità relativa, purezza e velocità dell'aria).

Sono utilizzati in edifici dove il volume da condizionare è costituito da **grandi ambienti** con condizioni termoigrometriche di progetto uniformi (teatri, cinema, auditorium, ecc.).

Esempio:

Ufficio Open Space di 200 m^2 e di altezza 3,5 m → Vol = 200 x 3,5 = 700 m^3

Il minimo di ventilazione prevista dalla **UNI 10339** → 11 m^3/s persona (39,4 m^3/h persona)

Dobbiamo quindi definire l'affollamento massimo

Se siamo in presenza di un lay-out con postazioni allora il minimo affollamento è dato dal lay-out, in caso contrario la UNI ci specifica 0,12 persone/m^2 → 200 x 0,12 = 24 persone

Quindi avremo una portata d'aria minima di ventilazione → 24 x 11 x 3,6 = **950**,4 m^3/h

Il **regolamento d'igiene** ci impone invece di ventilare per almeno 2 vol/h → 700 x 2 = 1400 m^3/h ma 1/3 della portata d'aria può essere ricircolata (cosa che la UTA normalmente esegue) → 1400 x 2/3 = **933** m^3/h

Come possiamo vedere i valori sono simili

Si tenga presente che la portata di un sistema a tutt'aria è di almeno 5 vol/h
In grado di rimescolare l'aria interna e climatizzarla

Ventilazione

IMPIANTI AD ARIA PRIMARIA

È l'impianto tipico per piccoli ambienti: piccola UTA (per il solo ricambio aria) e ventilconvettori

Esempio:

Ufficio Open Space di 200 m^2 e di altezza 3,5 m → Vol = 200 x 3,5 = 700 m^3

Il minimo di ventilazione prevista dalla **UNI 10339** → è lo stesso per l'impianto tutt'aria già calcolato in quanto non si fa differenza → **950**,4 m^3/h

Il **regolamento d'igiene** ci impone invece di ventilare per almeno 2 vol/h → 700 x 2 = 1400 m^3/h, nelle UTA per il solo ricambio aria non abbiamo ricircolo d'aria interno quindi dobbiamo tenere la portata di **1400** m^3/h

In questo caso l'impianto fancoils e aria primaria è sfavorito rispetto al sistema tutt'aria.

Cosa produce umidità in un ambiente residenziale?

- Una persona adulta nell'arco delle 24 ore può produrre fino ad 2 kg di vapore acqueo;
- L'asciugatura di un cesto di biancheria ne può produrre più di 2 kg;
- Il vapore prodotto da una doccia;
- I vapori prodotti dalla cucina: prodotti della combustione (CO_2 e H_2O) e vapori diretti (cottura dei cibi);
- Stufe a gas o petrolio senza canna fumaria;
- Acquari;
- piante ornamentali;
- umidificatori per bambini;
- pulizie domestiche.

La concentrazione di vapore (umidità) aumenta ogni giorno se l'ambiente non è sufficientemente aerato.

I termometro del superamento umidità

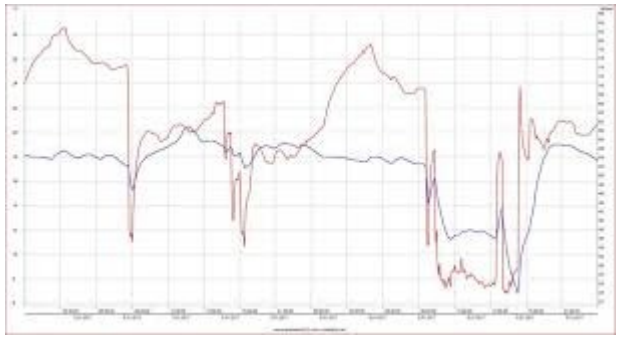
L'umidità si misura tramite umidostati che rilevano l'umidità relativa dell'aria.

Ma quando siamo in presenza di condensa su serramenti doppio vetro, allora vuol dire che l'umidità relativa dell'ambiente non è più sotto controllo.

Risulta sempre difficile far capire all'utilizzatore che l'ambiente in cui abita è mal condotto e insano.

Bisogna allora dimostrare l'eccessiva umidità relativa presente mediante una campagna di misurazioni tramite degli strumenti che rilevano e registrano l'andamento delle temperature e dell'umidità nell'arco di una settimana: Datalogger.

Si può verificare l'effettiva apertura dei serramenti e capire se prima delle misurazioni veniva eseguito.



Come diluire l'umidità prodotta in un ambiente residenziale

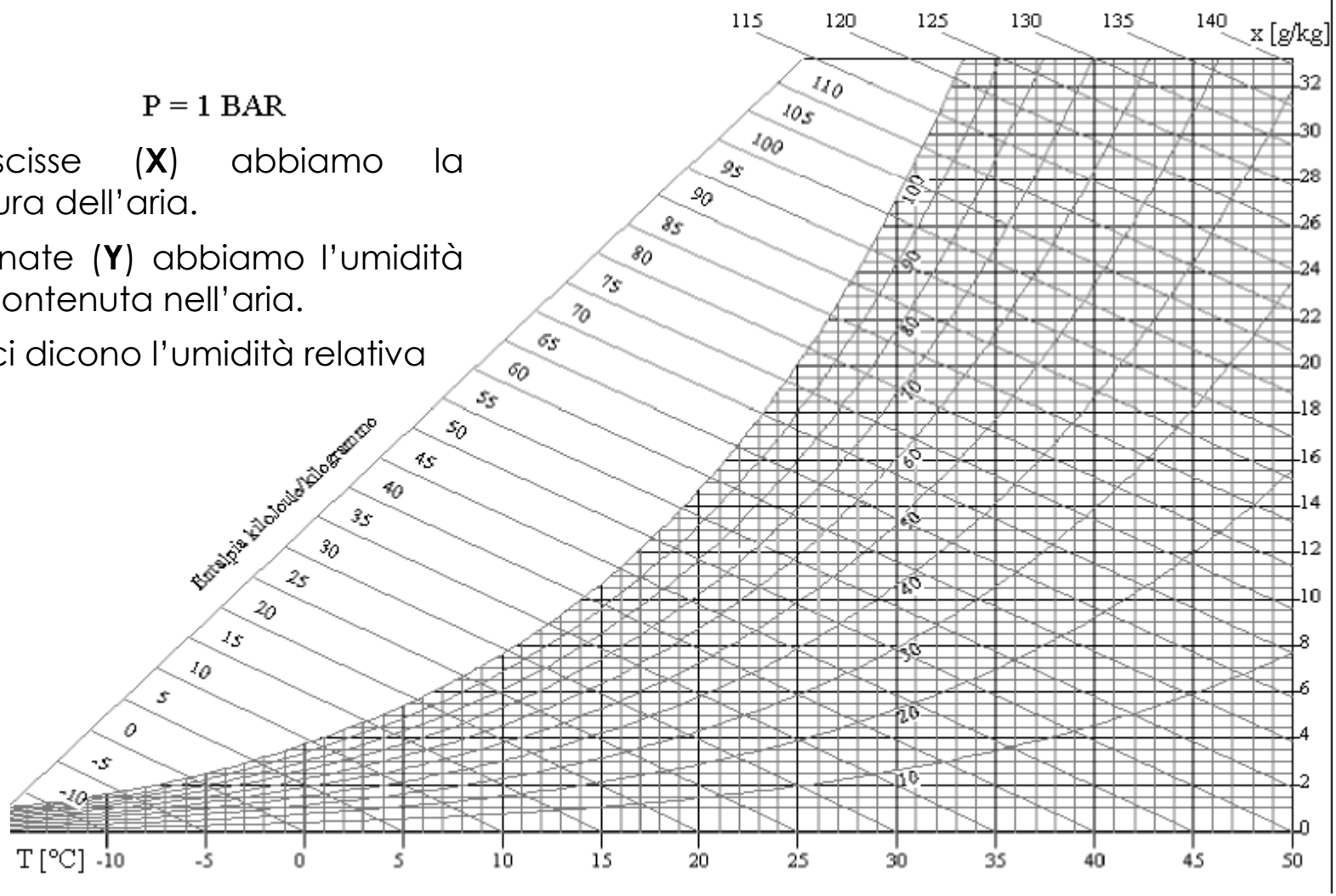
Cerchiamo di capire come funziona il diagramma di Mollier dell'aria umida.

P = 1 BAR

Nelle ascisse (**X**) abbiamo la temperatura dell'aria.

Nelle ordinate (**Y**) abbiamo l'umidità assoluta contenuta nell'aria.

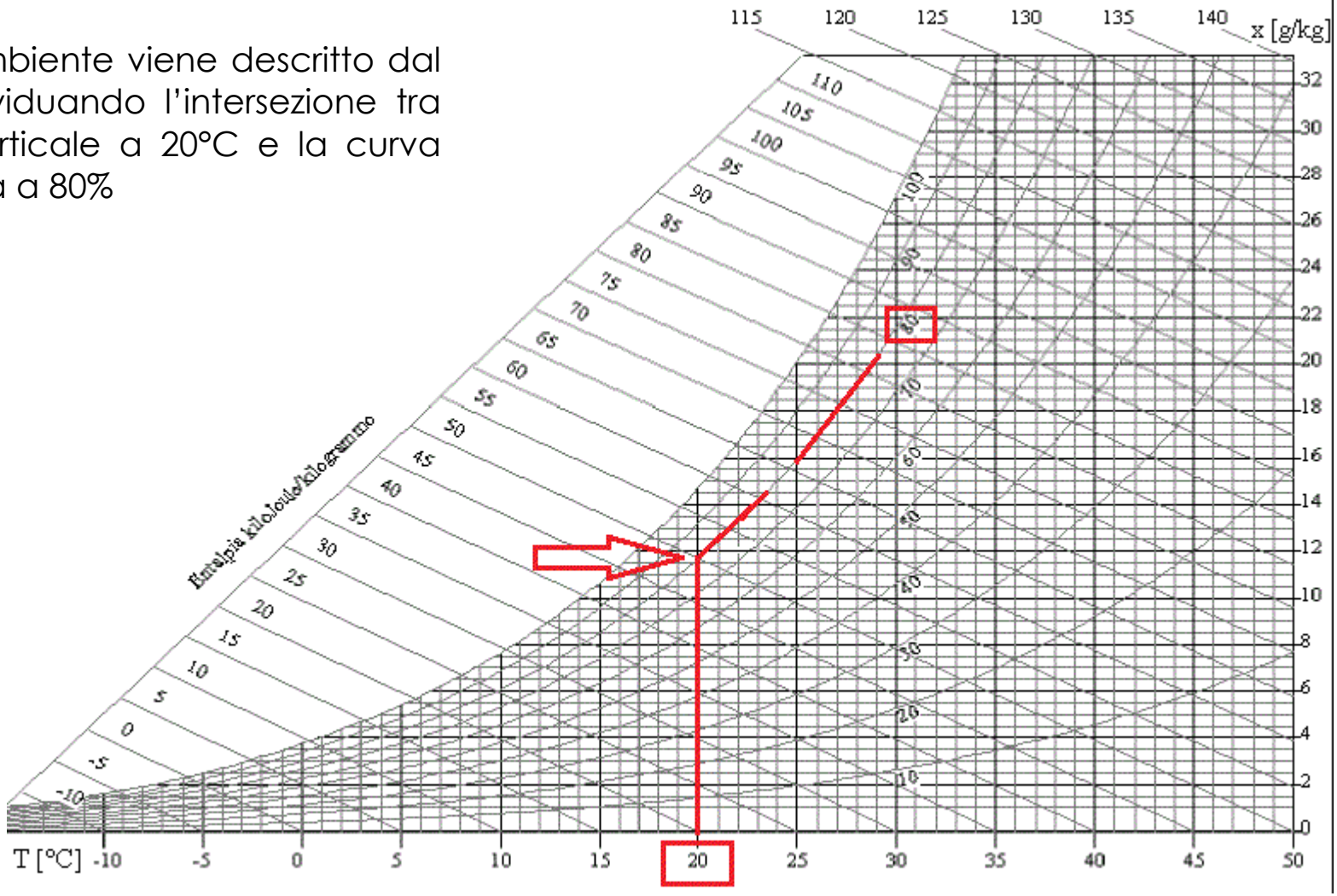
Le curve ci dicono l'umidità relativa



Come diluire l'umidità prodotta in un ambiente residenziale

Ipotizzano di essere in un locale dove la temperatura interna sia 20°C e l'umidità assoluta sia dell' 80% (freccia rossa)

Il nostro ambiente viene descritto dal punto individuando l'intersezione tra la linea verticale a 20°C e la curva dell'umidità a 80%



Come diluire l'umidità prodotta in un ambiente residenziale

Ipotizzano che all'esterno ci sia una temperatura Te = 0°C ed un umidità al 100% (nebbia)

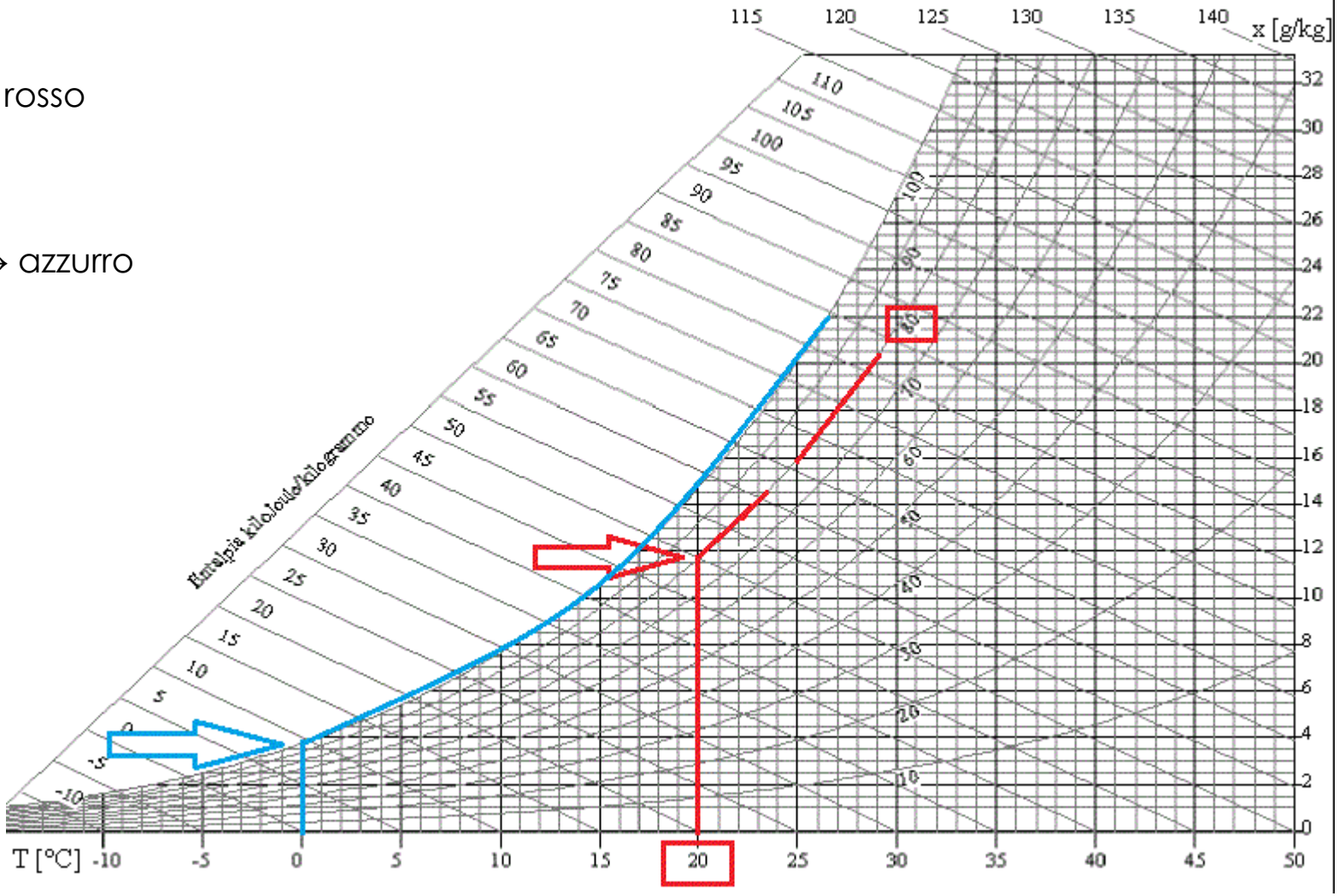
Quindi:

Ti = 20°C

URi = 80 % → rosso

Te = 0°C

Ure = 100% → azzurro



Come diluire l'umidità prodotta in un ambiente residenziale

Quando l'aria esterna entra nel locale subito si porta a 20°C (inerzia delle strutture: murature, solai, arredo, ecc.)

Quindi l'aria esterna segue il tratto rettilineo verde

Nel punto a

T = 20°C

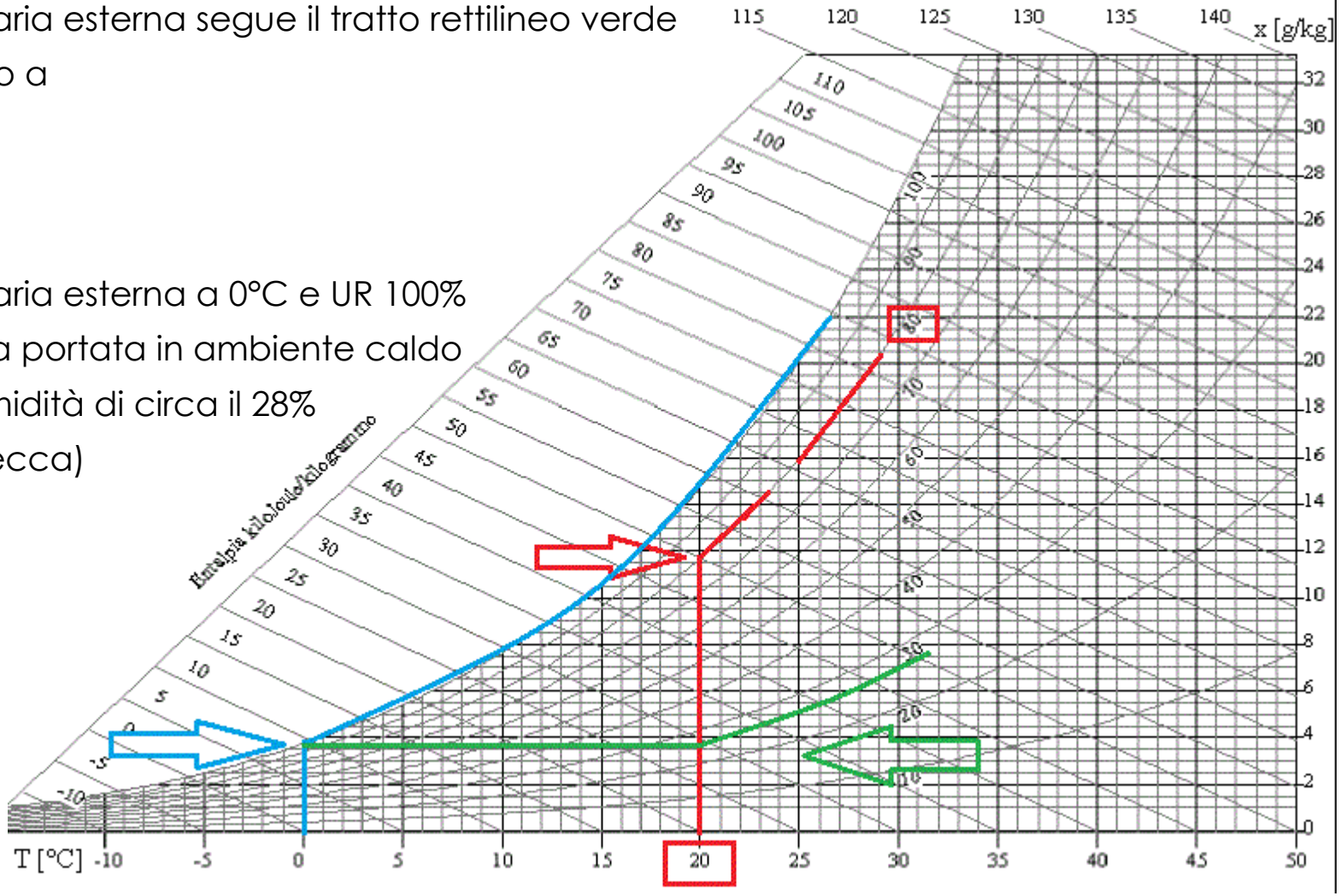
UR = 28%

Quindi l'aria esterna a 0°C e UR 100%

Una volta portata in ambiente caldo

Ha un umidità di circa il 28%

(molto secca)



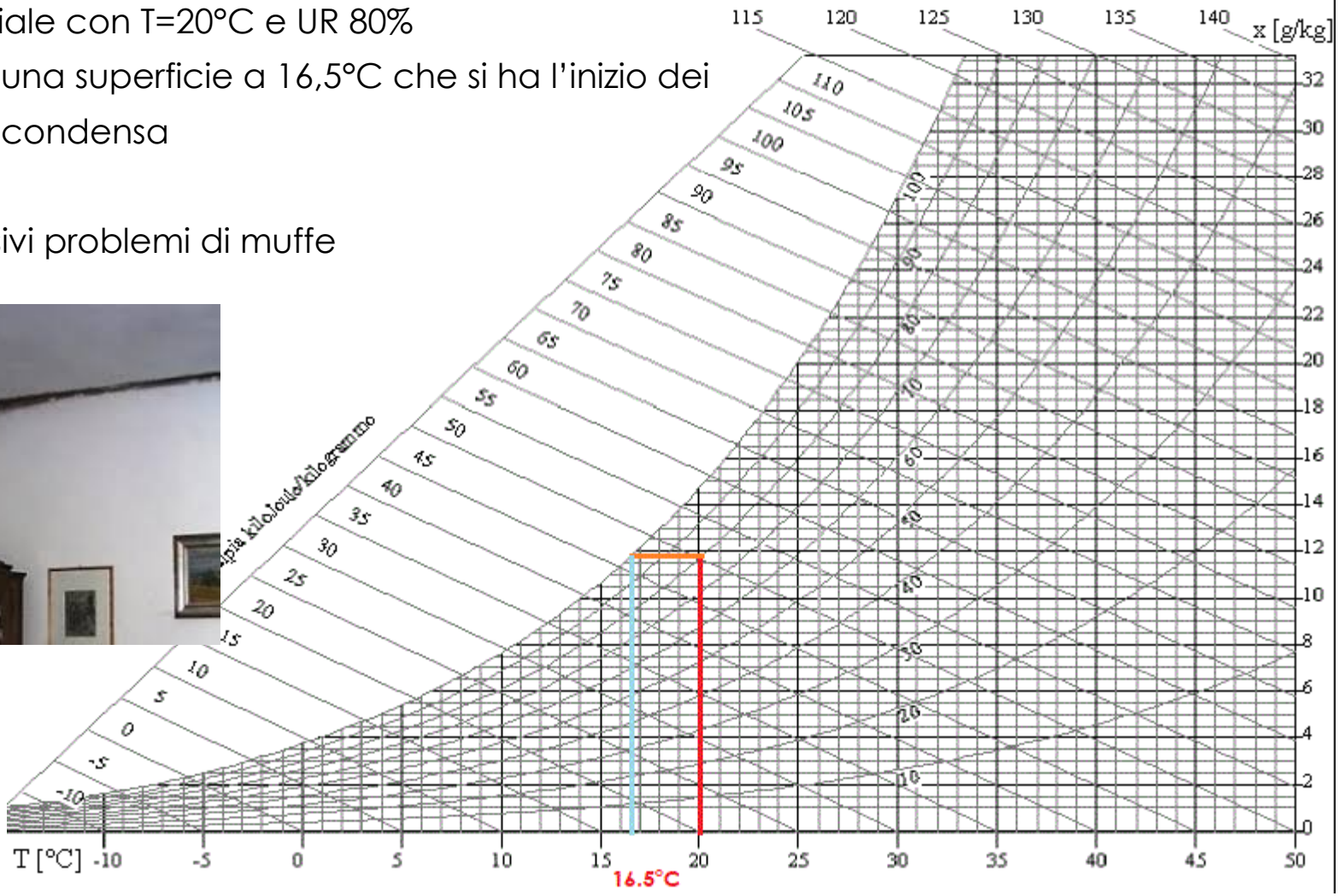
Problemi di umidità in un ambiente residenziale

I problemi di umidità si concentrano nei punti freddi dell'abitazione dove la temperatura localmente si abbassa fino alla saturazione (UR 100%).

Nel caso iniziale con T=20°C e UR 80%

Basta avere una superficie a 16,5°C che si ha l'inizio dei fenomeni di condensa

Con successivi problemi di muffe



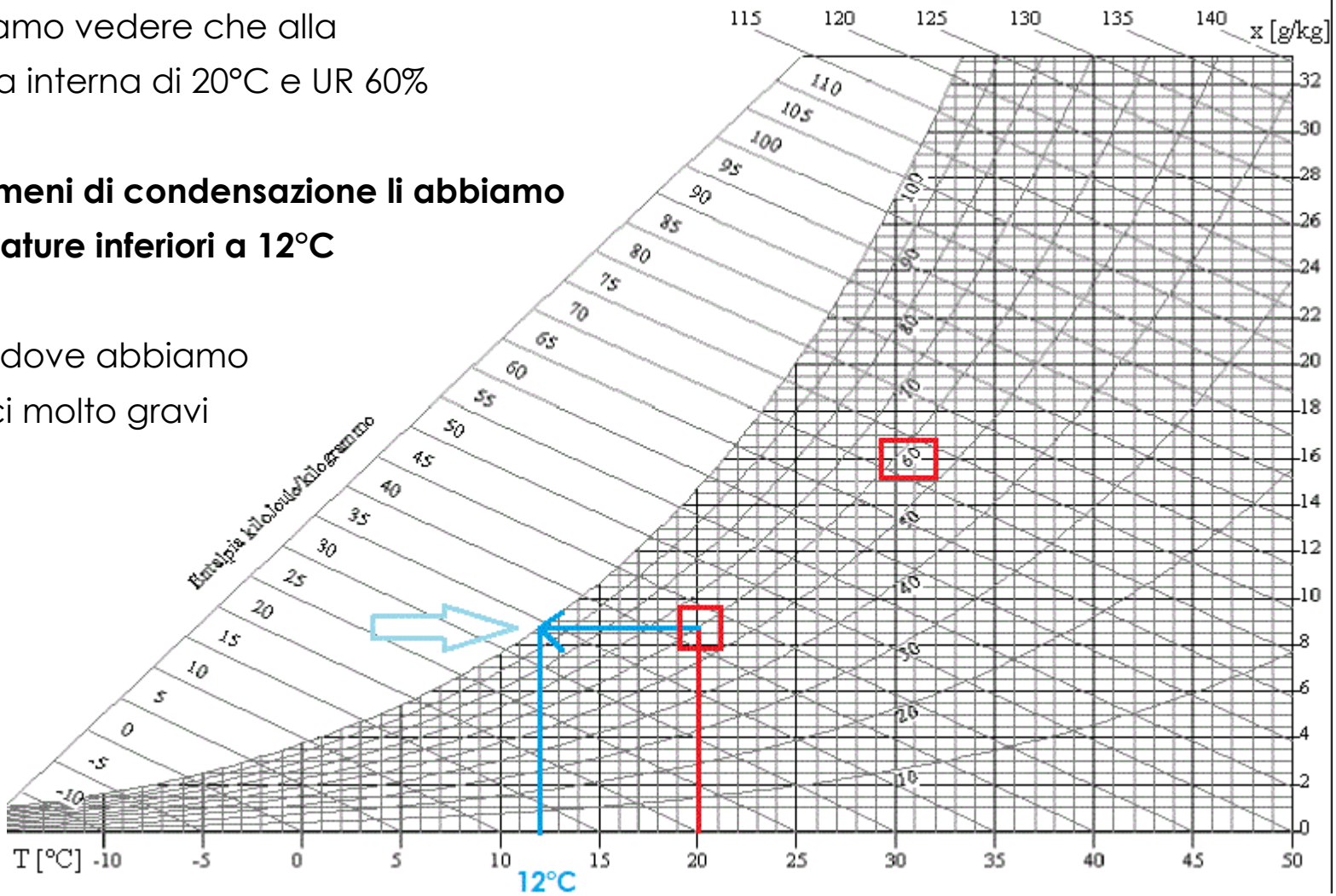
Problemi di umidità in un ambiente residenziale

I problemi di condensa e relative muffe si riducono cercando di non superare il 60% di umidità relativa negli ambienti.

Infatti possiamo vedere che alla temperatura interna di 20°C e UR 60%

I primi fenomeni di condensazione li abbiamo con temperature inferiori a 12°C

Quindi solo dove abbiamo ponti termici molto gravi



GRAZIE PER L'ATTENZIONE