



## PREVENIRE LA FORMAZIONE DI GHIACCIO

Deumidificazione dell'aria per evitare la formazione  
di condensa e ghiaccio nelle celle frigorifere

Umidificazione dell'aria, deumidificazione e  
raffrescamento evaporativo

 **condair**

# Il problema dell'aria eccessivamente umida nelle celle frigorifere

Quando si conservano alimenti come carne, insaccati, salumi, latticini, pasta e alimenti surgelati, un rapporto ottimale tra la giusta temperatura ambiente e l'umidità dell'aria è la prima priorità per garantire un'elevata qualità del prodotto nel tempo. Lo scostamento delle condizioni dell'ambiente dalle condizioni ideali, anche solo per un breve periodo di tempo, può spesso causare danni considerevoli.

Qui, la regolazione dell'umidità dell'aria presenta una sfida particolare, poiché è inevitabile che l'aria calda e umida entri nel magazzino, ad esempio durante l'introduzione ed il prelievo delle merci, e che i prodotti appena immessi nel magazzino rilascino umidità nell'aria. Per molti operatori, rimuovere questa umidità in modo permanente e sicuro è un problema permanente, specialmente a temperature di stoccaggio spesso molto inferiori a 0°C. Quando si condensa, l'acqua contenuta nell'aria precipita come liquido o, nei magazzini surgelati, come ghiaccio sui pavimenti, le pareti e le merci. Ciò causa danni ai prodotti e mette a rischio la sicurezza operativa, poiché le persone possono scivolare e ferirsi e i carrelli elevatori possono scivolare sul ghiaccio scivoloso.

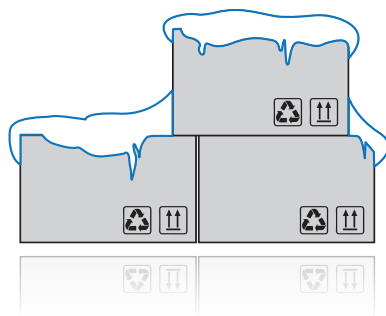
I raffreddatori d'aria a ricircolo che aspirano l'aria dal magazzino e la raffreddano in uno scambiatore di calore prima di reimmetterla nell'area di stoccaggio deumidificano solo leggermente l'aria.

Con questo metodo di deumidificazione, temperature al di sotto del punto di congelamento portano rapidamente al congelamento del frigorifero e alla necessità di una fase di sbrinatorio, durante la quale non sono possibili né il raffreddamento né la deumidificazione. Inoltre, il raffreddatore deve essere impostato a temperature di esercizio molto basse (da circa 5 a 7 K al di sotto della temperatura ambiente) per garantire qualsiasi deumidificazione a temperature ambiente molto fredde. Questo è molto dispendioso in termini di energia e di costi.

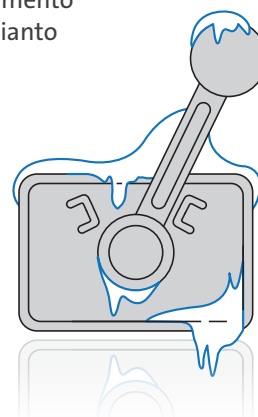
La presente brochure descrive e consiglia l'uso di un essiccatore ad adsorbimento in aggiunta al tradizionale raffreddamento ad aria. Un essiccatore ad adsorbimento asciuga l'aria in permanenza in modo molto efficiente ed economico. Ciò aiuta a evitare i problemi di cui sopra sin dall'inizio.

Un esempio particolarmente interessante è l'essiccatore ad adsorbimento per congelatore **DA 500-4000** che, grazie al suo involucro d'isolamento spesso 100 mm e privo di ponti termici, può essere installato anche all'esterno e quindi non occupa spazio prezioso.

Formazione di ghiaccio sulla merce immagazzinata



Congelamento dell'impianto



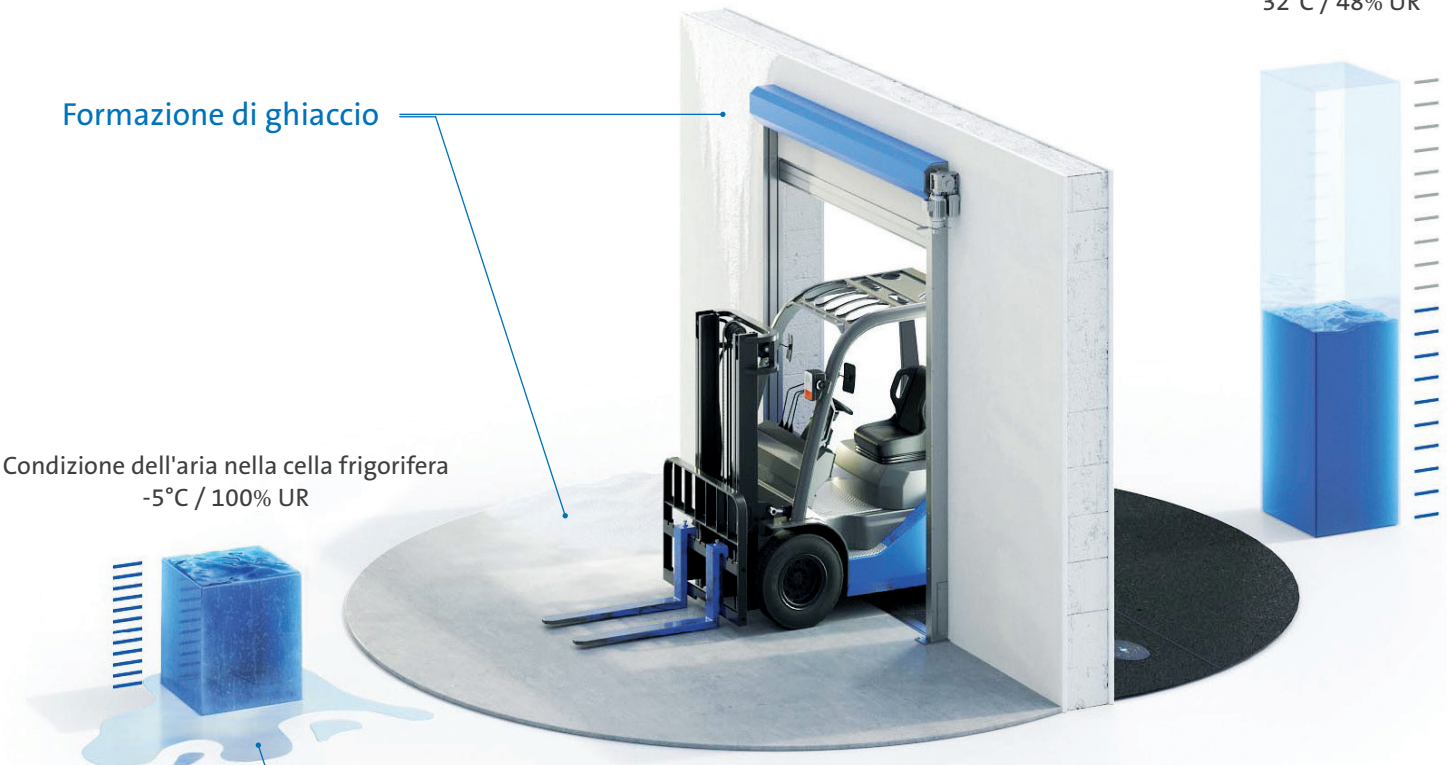


Condizione dell'aria esterna  
32°C / 48% UR

Formazione di ghiaccio

Condizione dell'aria nella cella frigorifera  
-5°C / 100% UR

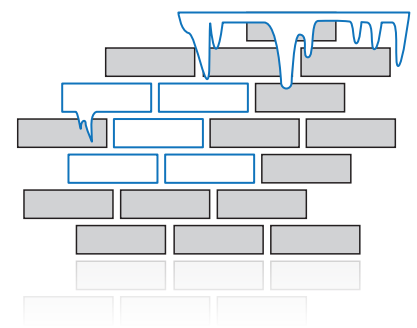
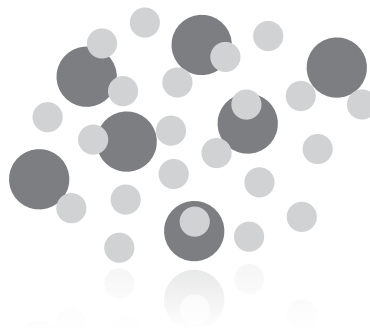
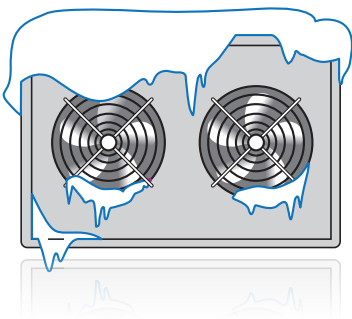
Formazione di condensa e  
ghiaccio



Formazione di ghiaccio  
dell'evaporatore

Formazione di  
nebbia

Formazione di ghiaccio su  
pareti e soffitti



# Un po' di termodinamica: Come funziona la deumidificazione

In termodinamica, le variabili entalpia (h), temperatura (t) e umidità (x) sono inseparabilmente correlate. Queste variabili sono rappresentate in un "diagramma h,x". L'entalpia h corrisponde al contenuto di calore totale dell'aria, costituito dalla temperatura dell'aria e dal vapore acqueo presente nell'aria. Nel caso dell'umidità, si distingue tra umidità assoluta x (g di vapore acqueo nell'aria per kg di aria) e umidità relativa  $\phi$ . L'umidità relativa indica la percentuale di saturazione dell'aria. Se il compito ora è deumidificare l'aria per un processo o garantire le condizioni target specificate per l'aria ambiente, ciò si traduce in problemi da risolvere simili ai seguenti.

## **Cella frigorifera A:**

Temperatura ambiente  $-15^{\circ}\text{C}$ ,  
umidità  $x = 0,9 \text{ g/kg}$ , Densità  $\rho = 1,37 \text{ kg/m}^3$

Aria esterna in estate:  $+34^{\circ}\text{C}$ , 42% UR,  $x = 14 \text{ g/kg}$ ,  
Densità  $\rho = 1.15 \text{ kg/m}^3$

Aria esterna in inverno:  $0^{\circ}\text{C}$ , 80% UR,  $x = 3 \text{ g/kg}$ ,  
Densità  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$

Altezza x larghezza dell'apertura:  $2,5 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}$

Tempo di apertura: 10 minuti ogni ora

## **Presupposto:**

A seguito dell'entrata e dell'uscita di oggetti (apertura di porte e cancelli), l'aria esterna entra nella cella frigorifera e si mescola con l'aria della stanza. La quantità di acqua che entra nella cella frigorifera dipende dalle condizioni dell'aria e dalla conseguente differenza di densità tra l'aria esterna e quella della cella frigorifera, dalle

dimensioni dell'apertura, dal tempo di apertura e dalle misure adottate a protezione contro l'ingresso dell'umidità, come un sistema a cortina d'aria.

Senza un sistema a cortina d'aria, le specifiche di cui sopra comportano un'infiltrazione calcolata di  $1.251 \text{ m}^3/\text{h}$  di aria esterna nella cella frigorifera in estate. Con un sistema a cortina d'aria con un'efficienza dell'80%, l'infiltrazione si riduce a  $250 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## **Funzionamento estivo:**

$250 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,15 \text{ kg/m}^3 \cdot (14 - 0,9) \text{ g/kg} = 3.766 \text{ g/h}$

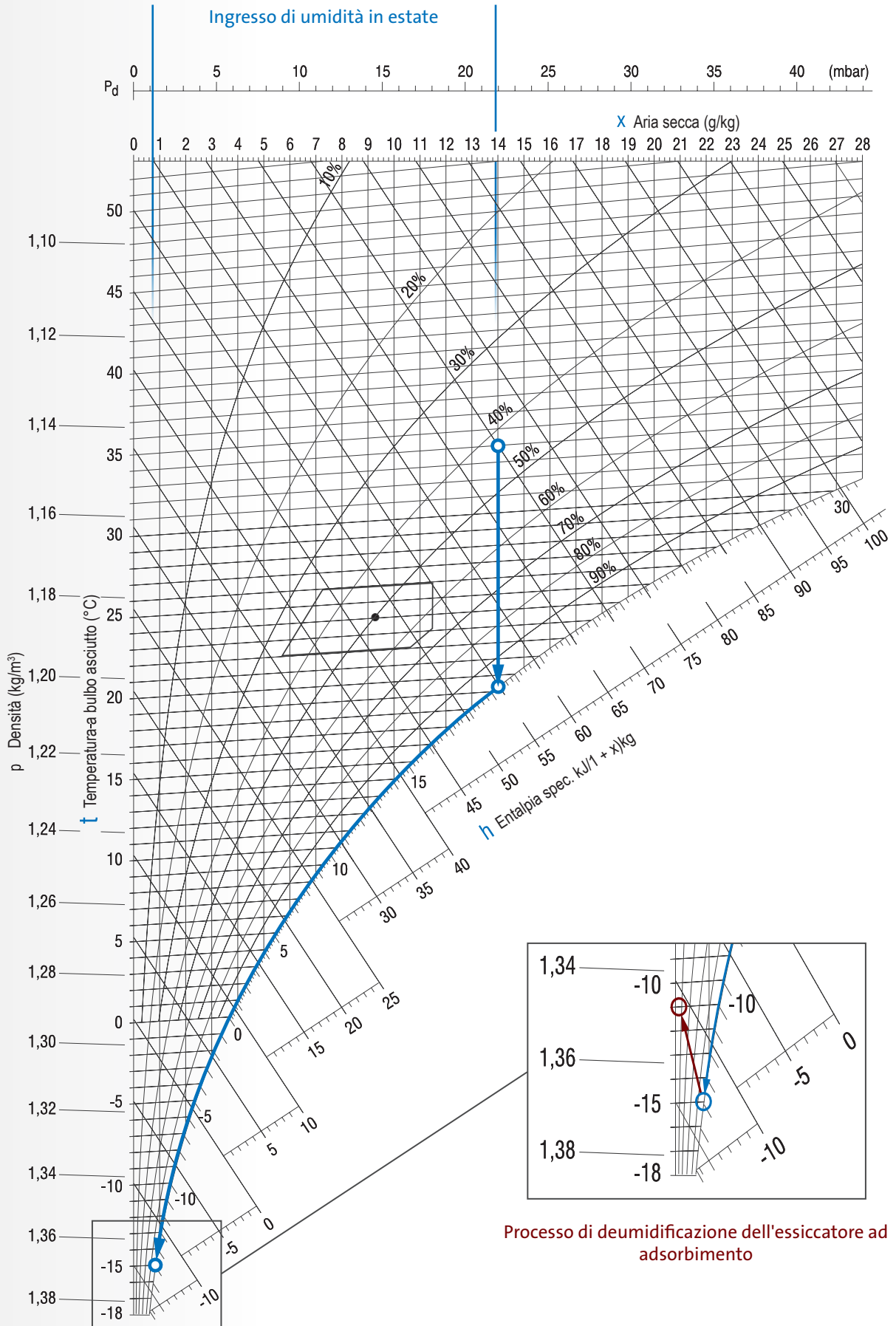
In modalità invernale, la quantità di aria di infiltrazione è ridotta a causa della minore umidità dell'aria esterna. Inoltre, anche la differenza di densità dell'aria è minore. Ciò riduce l'infiltrazione calcolata, tenendo conto anche del sistema a cortina d'aria, a  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ .

## **Funzionamento invernale:**

$150 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot (3 - 0,9) \text{ g/kg} = 406 \text{ g/h}$

A causa della temperatura ambiente di  $-15^{\circ}\text{C}$ , l'acqua contenuta nell'aria che si condensa ora formerà del ghiaccio sulle superfici e sulle merci nell'armadio della stanza.

La formazione della condensa e delle pericolose formazioni di ghiaccio può essere evitata mettendo in azione degli essiccatori ad adsorbimento.



Processo di deumidificazione dell'essiccatore ad adsorbimento

# Essiccatore ad adsorbimento completamente isolato rende possibile l'installazione all'aperto

Gli essiccatori ad adsorbimento vengono utilizzati se si desidera una bassa umidità dell'aria, inferiore a circa 10% UR, insieme a temperature molto basse. In queste condizioni il punto di rugiada, che è il fattore principale del funzionamento di un deumidificatore a condensazione, è così basso che il dispendio tecnico ed energetico necessario sarebbe enorme e di conseguenza difficile o impossibile da realizzare. Al contrario, gli essiccatori ad adsorbimento sfruttano le proprietà dei gel di silice, che consentono un'efficace essiccazione dell'aria anche a basse temperature.

L'aria da essiccare viene convogliata nell'unità dal ventilatore dell'aria di processo. Dopo essere passata attraverso un filtro, l'aria raggiunge il rotore di adsorbimento che ruota lentamente. Quest'ultimo è costituito per oltre l'82% da gel di silice su una struttura a nido d'ape in fibra di vetro permeabile all'aria. Il gel di silice è molto igroscopico grazie alla sua enorme superficie interna che può raggiungere gli 800 m<sup>2</sup> per grammo. Pertanto può assorbire grandi quantità di acqua dall'aria di processo sulla sua superficie e immagazzinarla nella sua struttura interna. Mentre l'aria scorre attraverso il rotore di adsorbimento, avvengono simultaneamente due processi: L'aria di processo può essere completamente deumidificata. Tuttavia, a seconda dell'intensità della deumidificazione, la temperatura dell'aria può aumentare bruscamente durante il processo. Pertanto, in molti casi, l'aria che è ora deumidificata ma calda deve essere raffreddata prima di essere restituita alla stanza.

Affinché questo processo di deumidificazione funzioni, il rotore di adsorbimento deve essere continuamente rigenerato. Ciò significa che l'umidità immagazzinata nel gel di silice deve essere costantemente rimossa dal rotore. Questo viene fatto utilizzando dell'aria di rigenerazione proveniente dalla parte opposta che fluisce attraverso il rotore di adsorbimento in controcorrente. L'aria di rigenerazione viene riscaldata e l'umidità relativa viene così ridotta a tal punto che l'acqua può essere espulsa dal gel di silice e legata all'aria sotto forma di vapore (desorbimento).

L'aria di rigenerazione, che ora è umida, esce dall'essiccatore ad adsorbimento e viene scaricata all'esterno dopo il recupero del calore supplementare, se necessario. I mezzi utilizzati per riscaldare l'aria di rigenerazione sono l'acqua calda, il vapore, i bruciatori a gas o l'energia elettrica.

Gli essiccatori ad adsorbimento Condair della serie DA vengono utilizzati ovunque siano richiesti livelli di umidità molto bassi a temperature molto basse. Il rotore di adsorbimento mantiene quasi permanentemente la sua capacità in condizioni operative ottimali, consentendo un funzionamento sicuro fino a temperature di -30°C e il raggiungimento dei livelli di umidità più bassi. Oltre a 30 modelli standard con capacità di deumidificazione da 0,6 a 182 kg/h per flussi d'aria di processo da 120 a 27.000 m<sup>3</sup>/h, gli essiccatori DA sono comprendono anche un'ampia gamma di design speciali. Ad esempio, è possibile fare installare nelle unità già in fabbrica delle batterie di pre-raffreddamento e/o di post-raffreddamento e scambiatori di calore o moduli di condensazione. Tutti i processi che operano nell'essiccatore ad adsorbimento in linea con le condizioni target dell'aria di mandata sono controllati in base alle condizioni operative correnti tramite l'ICE sul posto o, opzionalmente, dal PLC integrato nell'unità.

Una versione speciale dell'essiccatore ad adsorbimento è il **Freezer DA 500-4000**. Oltre ai componenti precedentemente descritti di un essiccatore ad adsorbimento standard, questa serie di unità è dotata di un involucro isolato in acciaio inossidabile AISI 304 spesso 100 mm. Questa tecnologia è stata sviluppata e ottimizzata nel corso di molti anni e i ponti termici critici sono stati eliminati. Anche i singoli componenti (ventole/rotore/elementi riscaldanti) sono abbinati in modo ottimale per pianificare la soluzione migliore, più efficiente ed economica per l'applicazione specifica.

## Esempio di applicazione: Magazzino di prodotti congelati



Se nelle celle frigorifere con temperature interne anche molto inferiori a 0°C si verificano problemi di umidità, questi si manifestano rapidamente in modo evidente. Quando l'aria più calda e più umida penetra nella stanza fredda, l'acqua contenuta nell'aria si condensa e precipita come ghiaccio su pavimenti, soffitti e pareti. Soprattutto sugli evaporatori del sistema di refrigerazione e nella zona di ingresso e uscita si creano rapidamente grandi formazioni di ghiaccio, che poi richiedono una lunga opera di rimozione manuale.

E quando gli evaporatori si ghiacciano, ciò aumenta la perdita di pressione rispetto all'aria, che deve essere costantemente raffreddata utilizzando il metodo del ricircolo. Questo si traduce in una riduzione della portata d'aria e della capacità di raffreddamento, cicli di sbrinamento frequenti e costi operativi più elevati. Allo stesso tempo, soprattutto con la formazione di ghiaccio sul pavimento, aumenta il rischio che le persone scivolino e si feriscano o che i carrelli elevatori non possano essere condotti in sicurezza.

Questi problemi vengono evitati deumidificando costantemente l'aria nel magazzino dei congelati, utilizzando un essiccatore ad adsorbimento. Un tale essiccatore ad adsorbimento aspira costantemente l'aria dell'ambiente dalla cella frigorifera e la deumidifica al di sotto del punto di rugiada, quindi restituisce l'aria secca deumidificata nell'ambiente o piuttosto, ancor meglio, direttamente ai refrigeratori d'aria di ricircolo.

Ciò impedisce in modo affidabile e permanente la condensazione indesiderata dell'acqua contenuta nell'aria e la formazione di ghiaccio nel magazzino. Poiché la differenza di temperatura tra l'aria esterna e la cella frigorifera è solitamente molto elevata, nella maggior parte dei casi ha senso installare l'essiccatore ad adsorbimento direttamente nella cella frigorifera. Questo aiuta a evitare perdite di potenza dovute al trasferimento di calore dall'interno freddo dell'essiccatore all'aria calda esterna. Tuttavia, poiché i problemi di condensa dell'umidità nella cella frigorifera spesso si verificano solo più tardi durante il funzionamento e quindi devono essere risolti rapidamente, spesso nel magazzino non rimane spazio sufficiente per la successiva installazione di un essiccatore ad adsorbimento.

Per questi casi, la gamma Condair include anche un essiccatore ad adsorbimento DA con isolamento da 100 mm, che consente l'installazione anche all'esterno della cella frigorifera. L'enorme isolamento impedisce al calore di entrare nel processo di deumidificazione che si svolge nell'essiccatore ad adsorbimento, garantendo un funzionamento sicuro ed efficiente. Tuttavia, questo tipo di applicazione richiede molta esperienza e deve essere pianificato ed eseguito con precisione.

## Esempio di applicazione: Banco di prova



I banchi di prova devono spesso mantenere stabilmente temperature che possono andare da  $+35^{\circ}\text{C}$  a  $-20^{\circ}\text{C}$  per effettuare determinate misurazioni. Qualunque sia la temperatura tuttavia anche l'umidità deve essere adattata a queste condizioni anche estreme.

Gli essiccatori ad adsorbimento sono particolarmente adatti a questo scopo, perché possono deumidificare l'aria in modo affidabile ed efficiente su tutto il campo delle temperature mediante il principio di assorbimento.

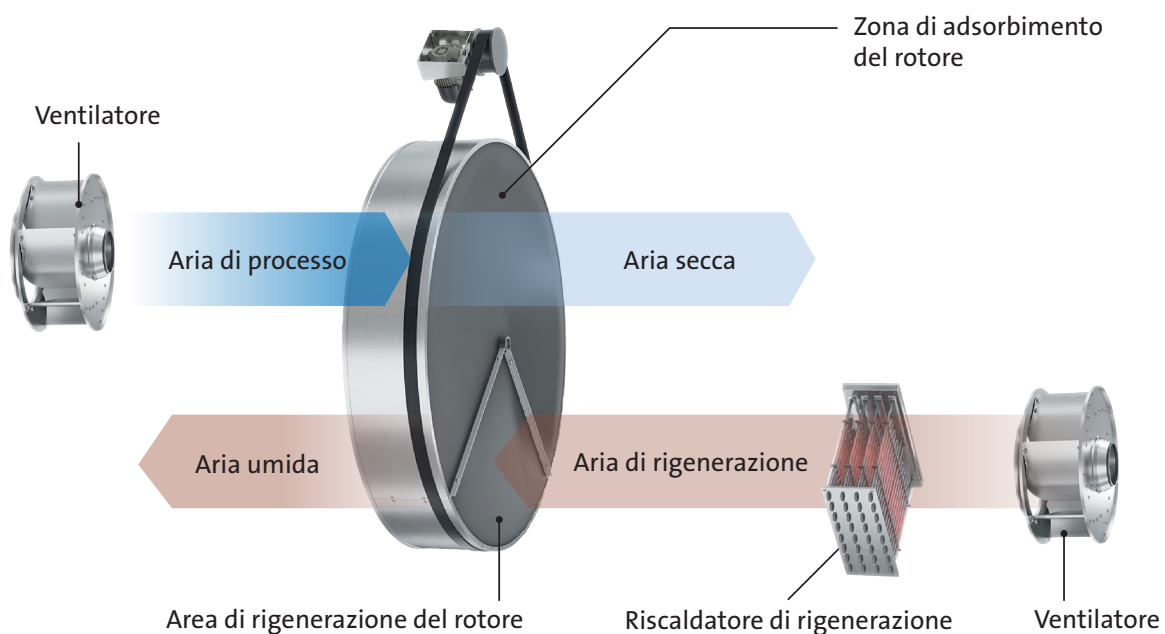
A causa dell'ampio intervallo di temperatura, sui banchi prova si presenta il seguente problema: Alle fredde temperature dell'aria di processo, anche l'alloggiamento dell'essiccatore ad adsorbimento si raffredda notevolmente e la condensa dall'aria ambiente si forma inizialmente sul suo involucro, portando alla formazione di brina. Questa può diffondersi anche al vano elettrico e alla sezione di rigenerazione. Qui accettare il ghiaccio come un dato di fatto e, nel migliore dei casi, dotare le unità di una bacinella per la condensa non è certo una soluzione accettabile in permanenza da un punto di vista professionale.

Un'alternativa è preriscaldare l'aria fredda prima che entri nell'essiccatore ad adsorbimento, quindi deumidificarla e infine raffreddarla fino alla temperatura target. Si tratta di un dispendio energetico estremamente elevato, poiché non solo l'aria deve essere costantemente riscaldata ad un determinato grado e poi raffreddata, ma riscaldare l'aria comporta anche una diminuzione dell'umidità relativa e di conseguenza anche il processo di deumidificazione diventa meno efficiente.

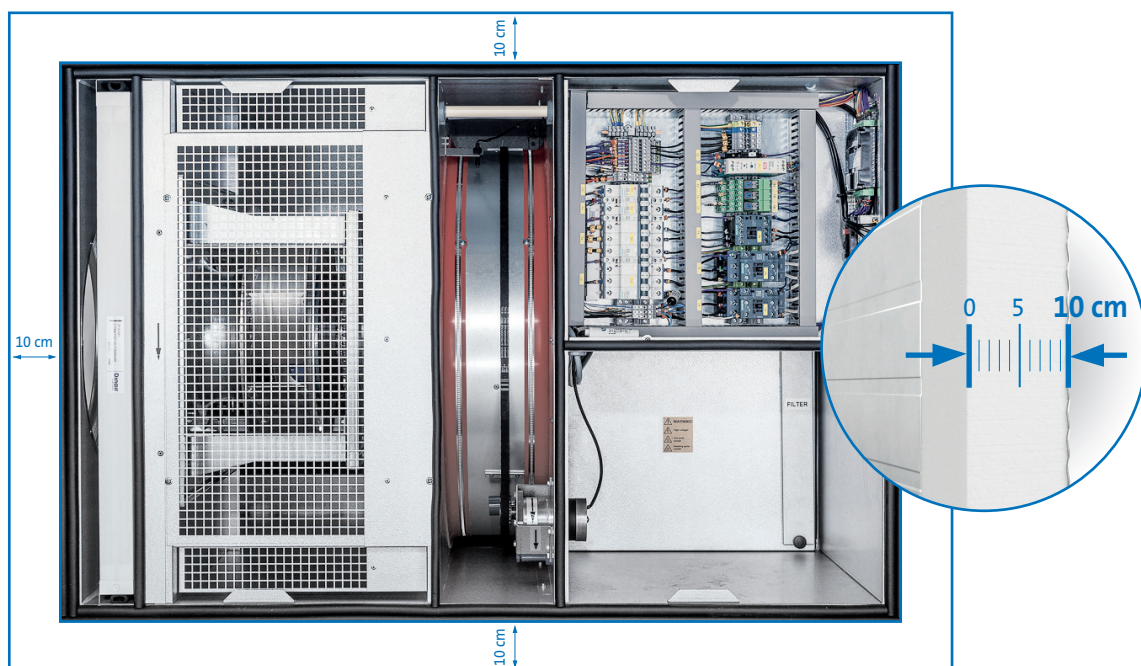
Questo perché una più bassa umidità relativa [% UR] con un'umidità assoluta costante [g/kg] richiede un maggiore apporto di energia nel processo di rigenerazione e si traduce in temperature dell'aria umida molto elevate.



## Principio di funzionamento dell'essiccatore ad adsorbimento



## Isolamento completo Freezer Condair DA



Condair S.r.l.  
Via Archimede, 42,  
20864 Agrate Brianza (MB) - Italia  
Telefono: +39 02 66011359  
E-mail: [info@condair.it](mailto:info@condair.it)  
Internet: [www.condair.it](http://www.condair.it)

