

THEORY OF AIR CURTAINS TEORIA DELLE BARRIERE A LAMA D'ARIA



1.0. Two main principles used during design of air curtains

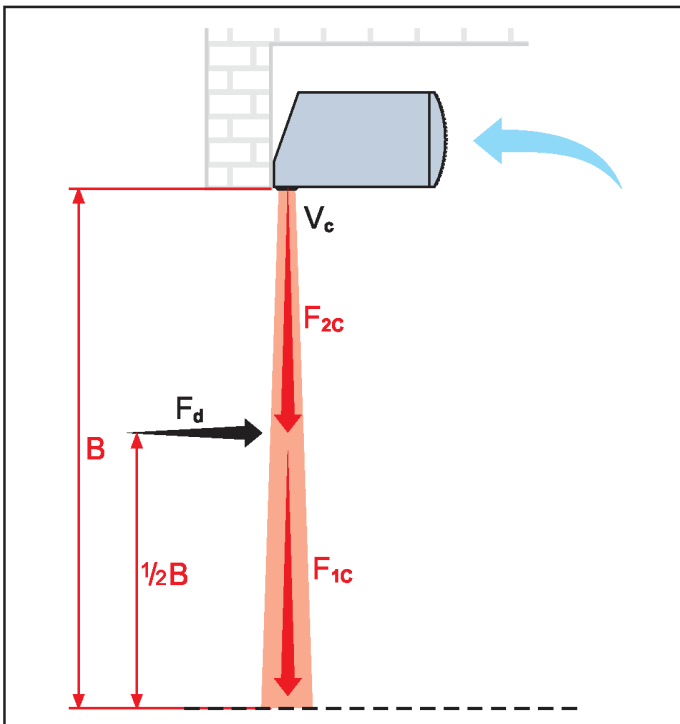
When designing air curtains for specific areas one must bear in mind:

- Interaction of the air flow coming through the doorway and airflow created by the aircurtain
- Mixing of cold air, which gets into the protected area with the air from the air curtain

By using the first principle we affect the amount of air which gets into the area and with the second, its temperature. The temperature of this air is very important for the subjective sensing of its behaviour inside the area.

1.1. Principle of interaction of two air flows

This effect can be transferred to the interaction of two forces. The force of airflow in the doorway F_d and the force of airflow of the air curtain F_c .



1.0. Due principi fondamentali utilizzati in fase di progettazione delle barriere a lama d'aria

Nel progettare delle barriere a lama d'aria per i settori specifici si deve tenere a mente:

- L'interazione del flusso d'aria proveniente dall'esterno attraverso la porta e il flusso d'aria creato dalla barriera stessa
- La miscela di aria fredda, che si riceve in area protetta, con l'aria prodotta dalla barriera.

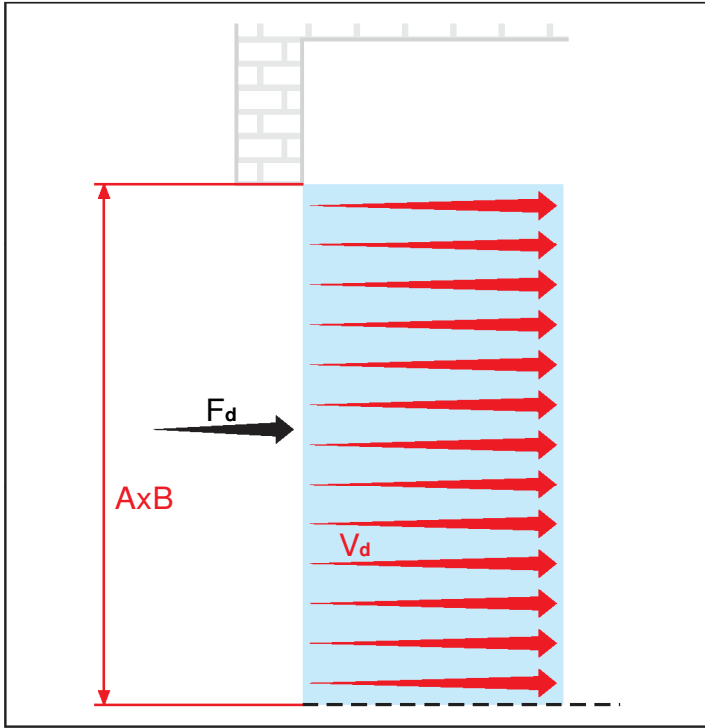
Col primo principio si va a incidere sulla quantità di aria che si trova in zona e col secondo, sulla sua temperatura. La temperatura di quest'ultima è molto importante per suo comportamento all'interno della zona "protetta" e per il rilevamento soggettivo.

1.1. Principio di interazione tra i due flussi d'aria

Questo effetto può essere trasferito per l'interazione di due forze. La forza del flusso d'aria attraverso la porta F_d e la forza del flusso d'aria della barriera a lama d'aria F_c .

1.1.1. Force of airflow in doorway F_d

This force is created by the effect of airflow in an open, unprotected doorway (force in doorway). If it is absolutely calm outside, the flow of air in the doorway is caused solely by the difference between inside t_i and outside t_e temperatures. The picture of airflow looks like this:



The amount of air, which flows inside is the same as the amount, which escapes. For a suitable air curtain this is a case, when the air flow through the door practically stops. More often however is the case when the wind is blowing outside and the flow in the doorway then looks like this:

To aid further comments we will consider the speed profile of the flow in the doorway, compared with the medium speed of flow v_a .

The force of this airflow is dependent on:

- The free opening of the doorway S (m^2) = $A \cdot B$, where A (m) and B (m) are width and height of the door
- Medium speed of flow in the doorway v_a (m/s)
- Density of flowing air ρ (kg/m^3)

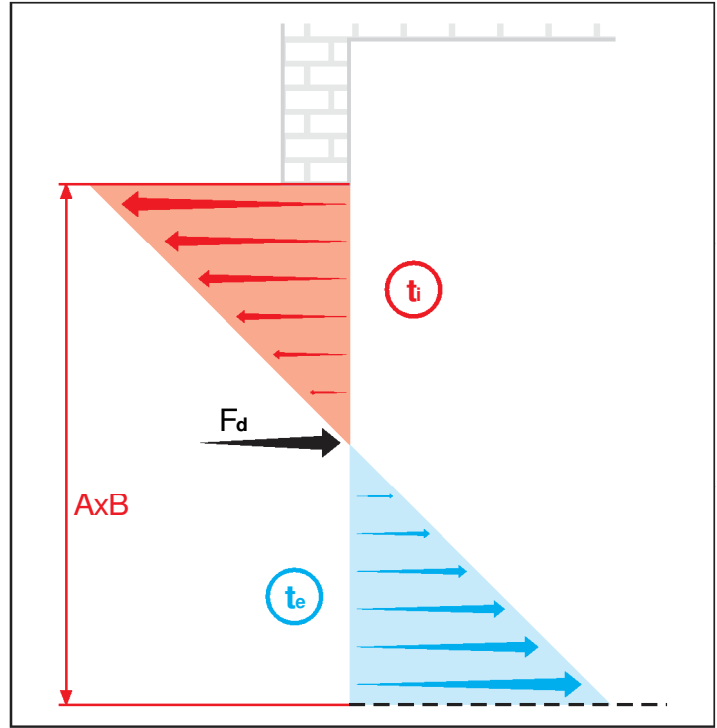
And is found using:

$$F_d = (S \cdot v_a) \cdot \rho \cdot v_a = S \cdot \rho \cdot v_a^2$$

Application point of force is considered to be at middle height of the doorway.

1.1.1. Forza del flusso d'aria nella porta F_d

Questa forza è creata per effetto del flusso d'aria attraverso una porta non protetta. Se vi è assenza di vento all'esterno, il flusso d'aria attraverso essa è causato esclusivamente dalla differenza tra le temperature interna t_i e quella esterna t_e . L'immagine del flusso d'aria è simile a questo grafico:



La quantità di aria, che passa all'interno è la stessa che viene persa. In una adeguata barriera questo è un caso teorico, poiché quando l'aria passa attraverso la porta, praticamente si ferma. Molto più frequente è comunque il caso in cui il vento soffia sia all'esterno che all'interno della soglia della porta come appare nel grafico: per aiutarci a capire teniamo in considerazione la velocità di flusso in ingresso rispetto alla velocità media di flusso v_a .

La forza di questo flusso d'aria è dipendente da:

- La libera apertura della porta S (m^2) = $A \cdot B$, dove A (m) e B (m) sono la larghezza e l'altezza della porta
- Velocità media di flusso v_a (m/s)
- Densità dell'aria che fluisce ρ (kg/m^3)

da cui risulta:

$$F_d = (S \cdot v_a) \cdot \rho \cdot v_a = S \cdot \rho \cdot v_a^2$$

Il punto di maggiore applicazione è da considerarsi a metà dell'altezza della porta.

1.1.2.1. Force of air curtain airflow F_c

This is a force, which is exerted by airflow of the air curtain on airflow in the doorway. **Application point is at middle height of the doorway.** So even the force of airflow from the air curtain is force of airflow in this place (not, as it is sometimes calculated, at the exhaust of the air curtain).

Force depends on these values:

- Volume airflow of aircurtain V_c (m^3/s)
- Density of flowing air ρ (kg/m^3)
- Speed of air flow from air curtain v_c (m/s) **at application point of force of air flow in doorway** (this is at middle height of the doorway)

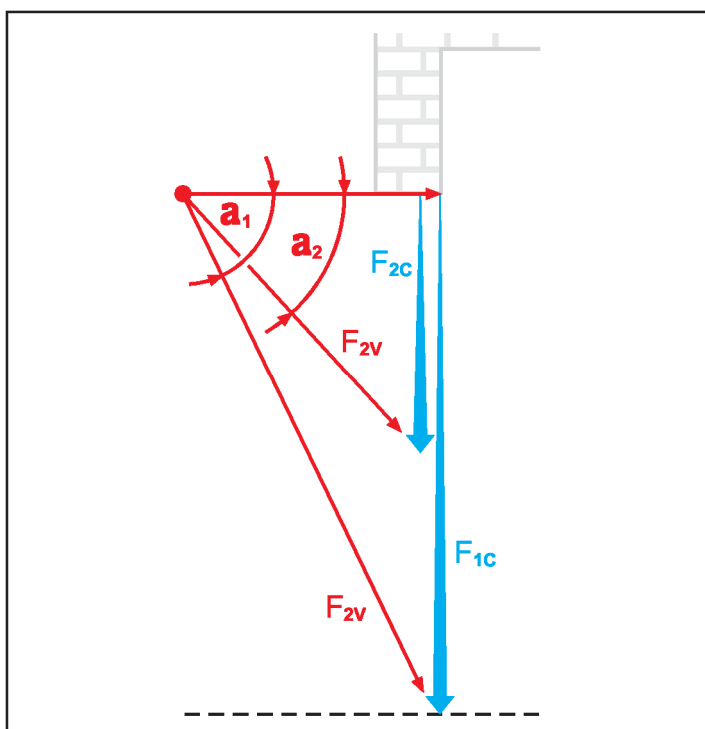
And is found using:

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_c$$

Airflow further from the exhaust quickly drops. To give you an idea we provide the following example:

If we assume that the air curtain is situated above a doorway with the following dimensions $A \times B = 1.0 \times 2.1$ m (width x height).

The air curtain will be situated just above the door. The distance from the middle height of the doorway to the exhaust of the air curtain will be 1,05 m. According to the graph showing speed of air flow "1" it falls from 13,4 m at the exhaust of the air curtain to 4,8 m at a distance of 1.1 m from the exhaust (that is about one third!).



1.1.2.1. Forza delle barriere a lama d'aria F_c

Questa è una forza, che viene esercitata dal flusso d'aria della barriera a lama d'aria verso il flusso d'aria attraverso la porta. **Il punto di applicazione è a metà dell'altezza della stessa.** Così pure la forza del flusso dalla barriera d'aria è uguale alla forza del flusso d'aria attraverso la porta in questo punto (non, come talvolta è calcolato, in uscita dalla barriera d'aria)

Questa forza dipende da questi valori:

- Volume del flusso d'aria della barriera V_c (m^3/s)
- Densità del flusso d'aria ρ (kg/m^3)
- Velocità del flusso d'aria v_c (m/s) **in applicazione al punto di forza del flusso d'aria nella porta** (che si trova a metà dell'altezza della porta)

e così si trova:

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_c$$

Il flusso aspirato dallo scarico velocemente scende. Per darvi un'idea forniamo il seguente esempio:

Se si assume che la cortina d'aria si trova al di sopra di una porta con le seguenti dimensioni $A \times B = 1,0 \times 2,1$ m (larghezza x altezza).

La barriera a lama d'aria sarà situata appena sopra la porta. La distanza tra la metà altezza della porta e l'espulsione della barriera a lama d'aria sarà 1,05 m. Secondo il grafico che mostra la velocità del flusso d'aria "1" che scende da 13,4 m di scarico del aria cortina di 4,8 m ad una distanza di 1,1 m dal sistema di scarico (che è circa un terzo).

1.1.2.2. Influence of mass of airflow on range of flow

In this chapter we will show what effect the mass of airflow has on its range in specific cases. Graph shows the drop in speed of two airflows from two different air curtains, whereas both flows had the same initial speed v_{0c} and same temperature. The length of both air curtains was 1.0m.

Flow "1" was created by the air curtain, which provided volume of airflow $V_{c1} = 1.145 \text{ m}^3/\text{h}$. Speed of this airflow at a distance of 1,1m from the exhaust of the air curtain (= at middle height of the door) $v_{c1} = 4,8 \text{ m/s}$.

Flow "2" was created by the air curtain, which provided volume of airflow $V_{c2} = 2.080 \text{ m}^3/\text{h}$. Speed of this airflow at a distance of 1,1m from the exhaust of the air curtain (= at middle height of the door) $v_{c2} = 6,6 \text{ m/s}$.

We compare the forces of both air flows in order to demonstrate what a large role mass of airflow plays.

Force of flow "1":

$$F_{c1} = V_{c1} \cdot \rho \cdot v_{c1} = (1145 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 4,8 = 1,8 \text{ N}$$

Force of flow "2":

$$F_{c2} = V_{c2} \cdot \rho \cdot v_{c2} = (2080 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 6,6 = 4,6 \text{ N}$$

Conclusion:

The force which is caused by flow "2", is more than 2,5 times larger than that caused by flow "1". Nevertheless the volume of air in flow "2" is only 1,8 times larger and the initial speed of both flows are the same.

1.1.2.2. Influenza della portata d'aria della barriera sulla scelta del prodotto

In questo capitolo si mostra gli effetti che la portata d'aria ha sulla gamma dei prodotti nei casi specifici. Il grafico mostra il calo in velocità di due correnti d'aria provenienti da due diverse barriere a lama d'aria, considerando che entrambi i flussi hanno avuto la stessa velocità iniziale v_{0c} e la stessa temperatura. La lunghezza di entrambi flussi è di 1.0m.

Il flusso "1" creato dalla barriera a lama d'aria ha una portata $V_{c1} = 1,145 \text{ m}^3/\text{h}$. La velocità di questo flusso d'aria a una distanza di 1,1 m dell'espulsione della cortina d'aria (= a metà altezza della porta) è uguale a $V_{c1} = 4,8 \text{ m/s}$.

Il flusso "2" creato dalla barriera a lama d'aria ha una portata $V_{c2} = 2,080 \text{ m}^3/\text{h}$. La velocità di questo flusso d'aria a una distanza di 1,1 m dal sistema di scarico della cortina d'aria (= a metà altezza della porta) è uguale a $V_{c2} = 6,6 \text{ m/s}$.

Compariamo le forze di entrambi i flussi di aria al fine di dimostrare il grande ruolo che la portata svolge.

Forza del flusso "1":

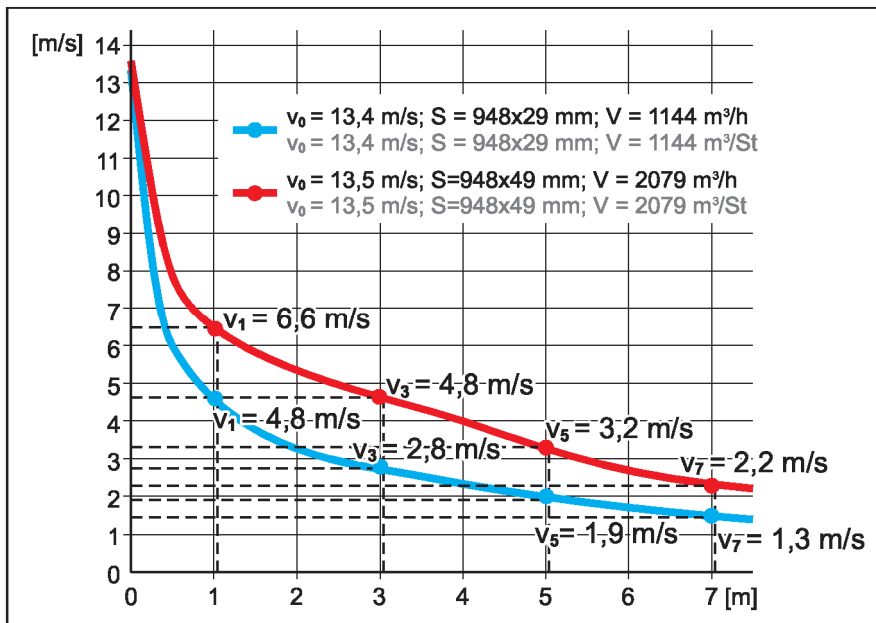
$$F_{c1} = V_{c1} \cdot \rho \cdot v_{c1} = (1145 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 4,8 = 1,8 \text{ N}$$

Forza del flusso "2":

$$F_{c2} = V_{c2} \cdot \rho \cdot v_{c2} = (2080 / 3600) \cdot 1,2 \cdot 6,6 = 4,6 \text{ N}$$

Conclusioni:

La forza che è prodotta dal flusso di "2", è più di 2,5 volte superiore a quella prodotta dal flusso di "1". Tuttavia la portata d'aria "2" è solo 1,8 volte più grande e la velocità iniziale di entrambi i flussi è la stessa.

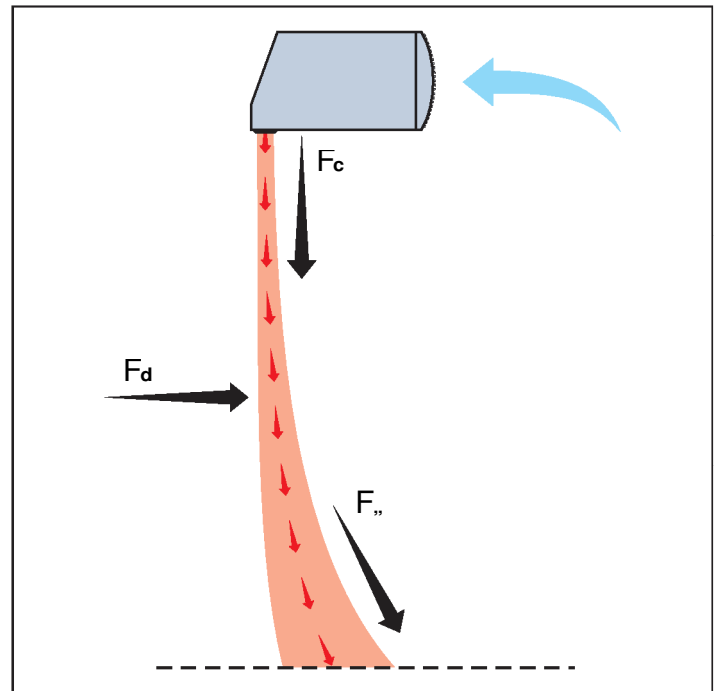
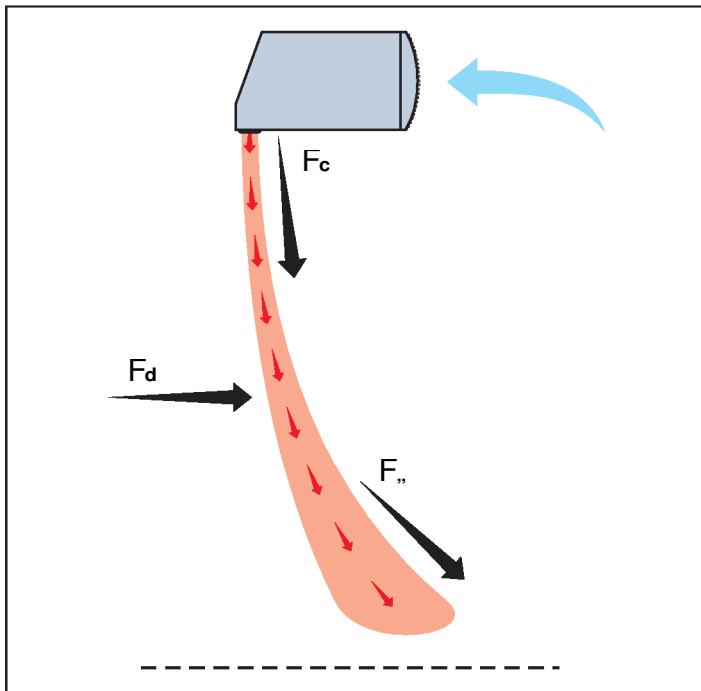


1.1.3.0. Result of application of forces F_d e F_c - vertical exhaust.

If the exhaust of the air curtain is directed vertically downwards, the resulting force F_v is always directed to the protected area. It is only possible to restrict the applied flow force at the doorway F_d by increasing the force of the air curtain flow F_c which can be reached either by increased speed of flow (increased output of the given air curtain), or by increasing the flowing amount of air (another - more efficient aircurtain), or by a combination of both quantities.

1.1.3.0. Risultanti delle applicazioni delle forze F_d e F_c - scarico verticale.

Se il flusso d'aria della barriera a lama d'aria è diretto verticalmente verso il basso, la forza risultante F_v è sempre diretta alla zona protetta. E' possibile diminuire la forza della corrente d'aria in entrata dalla porta F_d aumentando la forza del flusso d'aria della barriera F_c che può essere raggiunta sia da un aumento della velocità di flusso o aumentando la portata d'aria o da una combinazione di entrambe.

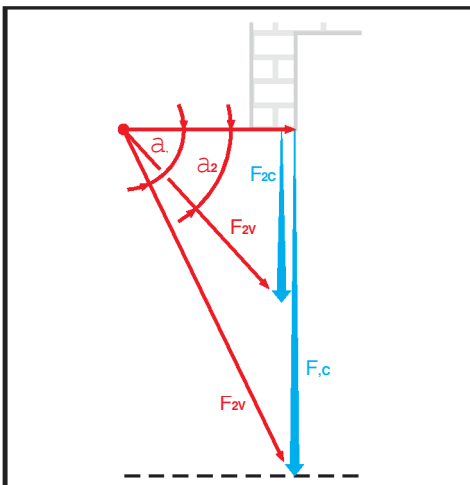


1.1.3.1. Addition of forces

The vector sum of the airflow forces in the doorway and two different airflow forces of air curtains is on the illustration.

1.1.3.1. Sommatoria delle forze

Il vettore somma delle forze del flusso d'aria attraverso la porta e di due differenti forze di flusso delle barriere a lama d'aria è in figura.



You can see, that the stronger flow of the air curtain slopes more to the ground because of the resulting force. The slope of resulting forces, expressed by the angle **Alpha**, should be at least **Alpha >= 45°**. This means that the force of airflow from the air curtain must be larger or at least on the same level as the force of air flow in the doorway (**F_c >= F_d**).

Table no.1 is attached to give you an idea of the flow forces caused by various speeds of flow through a doorway with the dimensions **A = 1,0 m** and **B = 2,1 m**. Table no.2 shows the force of airflow of metrical air curtains of various parameters.

Table no.1 - Force of air flow in a doorway of width **A** (1,0 m) and height **B** (2,1 m), density of air is **ρ = 1,2 kg/m³** for various real speeds of air flow **v_d**(m/s)

$$F_d = (A \times B) \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Speed v _d [m/s] Velocità v _d [m/s]	Force F _d [N] Forza F _d [N]
0,5	0,63
1,0	2,52
1,5	5,67
2,0	10,10
2,5	15,75
3,0	22,68

Table no.2 - Force of air flow for metrical air curtains of various output and at various speeds of flow **v_c** (m/s) at a distance of 1,1 m from the exhaust (in the middle of the doorway)

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Volume flow of screen V _c [m/h] / [m/s] Volume del flusso di schermo V _c [m/h] / [m/s]
1000/0,28
1500/0,42
1500/0,42
2000/0,56
2000/0,56
3000/0,83
3000/0,83
4000/1,11

Remember:

From table no.2 we can see, that a strong aircurtain creates a force of 8,0 N in the middle of the doorway. To fulfil the condition, that the force of the flow from the air curtain should be at least as large as the force of air flow, according to table no.1, we see that speed of air flow v_d on the doorway should not be greater than 1,5m/s. Experience has shown, that at speeds v_d higher than 2,0m/s the aircurtain cannot be used successfully without further steps being taken to restrict the speed of flow through the doorway. Here, an air lock, or revolving doors are suitable.

Si può vedere, che il forte flusso di aria della barriera va più a terra a causa della risultante delle forze. La pendenza della risultante delle forze, espressa dal angolo **Alpha** dovrebbe essere almeno **Alpha >= 45 °**. Ciò significa che la forza del flusso d'aria dalla cortina d'aria deve essere più grande o almeno della stessa intensità del flusso d'aria nella porta (**F_c >= F_d**).

La Tabella n.1 è allegata per dare un'idea del flusso causato da forze di diverse velocità di flusso attraverso una porta con le dimensioni: **A = 1,0 m** e **B = 2,1 m**. Nella Tabella n.2 si mostra la forza del flusso d'aria di barriere a lama d'aria di diverse dimensioni e con diversi parametri.

Tabella N.1 - Forza del flusso d'aria in una porta di larghezza **A** (1,0 m) e altezza **B** (2,1 m), la densità dell'aria è **ρ = 1,2 kg/m³** per varie velocità di flusso d'aria **v_d** (m/s)

$$F_d = (A \times B) \cdot \rho \cdot v_d^2$$

Tabella N.2 - Forza del flusso d'aria a varie velocità **v_c** (m/s) a una distanza di 1,1 m dal sistema di scarico (nel centro della porta)

$$F_c = V_c \cdot \rho \cdot v_d^2$$

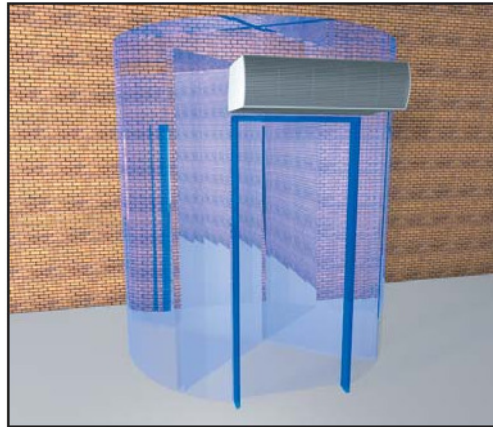
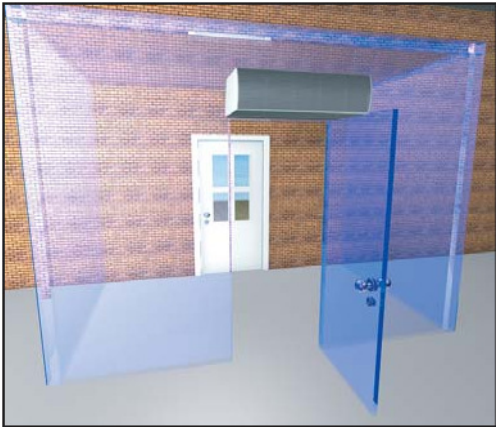
Speed of flow v _c [m/s] at a distance of 1,1 m Velocità del flusso v _c [m/s] a una distanza di 1,1m
3,0
3,0
4,0
4,0
5,0
5,0
6,0
6,0

Flow force of screen F _c [N] Forza del flusso di schermo F _c [N]
1,0
1,5
2,0
2,7
3,4
5,0
6,0
8,0

Importante:

Dalla tabella n.2 si può vedere, che una potente barriera d'aria crea una forza di 8,0 N al centro della porta. Per soddisfare la condizione, che la forza del flusso d'aria dalla cortina dovrebbe almeno essere grande come la forza del flusso d'aria esterno.

Secondo la tabella n.1, vediamo che la velocità del flusso d'aria v_d sulla porta non deve essere superiore a 1,5 m/s. L'esperienza ha dimostrato che v_d a velocità superiore a 2,0 m/s, le barriere a lama d'aria non possono essere utilizzate con successo senza ulteriori misure adottate per limitare la velocità di flusso attraverso la porta.

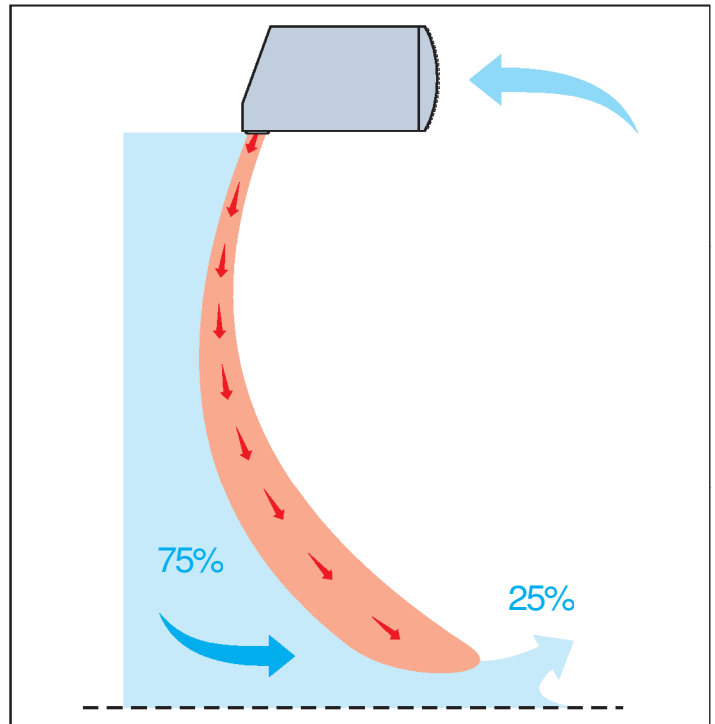
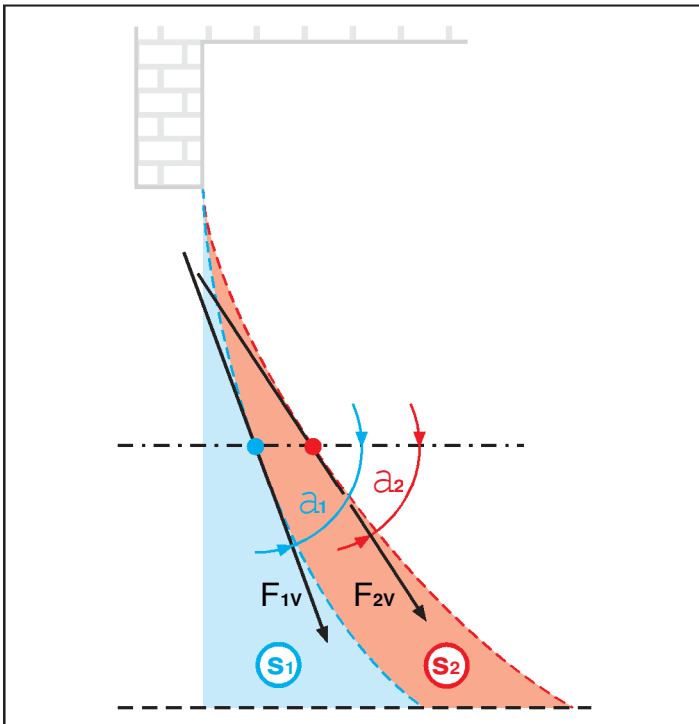


1.1.3.2. Resulting effect

In practice it is later possible to express the amount of screened air graphically as is shown in the illustration. A stronger airflow has a higher screening effect, but even a very strong flow cannot totally screen the flow of escaping air. A well-designed air curtain can screen up to 75 % of incoming air in the case of a vertical exhaust.

1.1.3.2. Conseguente effetto

In pratica, è poi possibile esprimere la quantità di aria proiettata come mostrato in figura. Un forte flusso d'aria ha un maggiore effetto di screening, ma anche un forte flusso di schermo non può totalmente bloccare il flusso di aria che fuoriesce. Se ben progettata una barriera a lama d'aria può schermare fino al 75% di aria in entrata in caso di scarico verticale.



1.1.4.0. Result of application of forces F_d and F_c - inclined flow

If the exhaust of the air curtain is directed at an angle out, the resulting force F_v can be directed vertically downwards or even out of the protected area under the correct conditions.

1.1.4.0. Risultante dell'applicazione di forze F_d e F_c - flusso inclinato

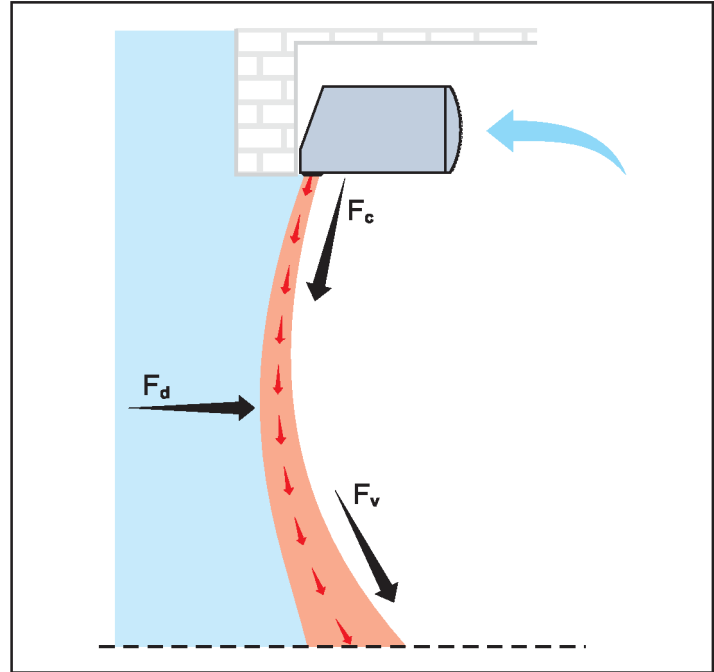
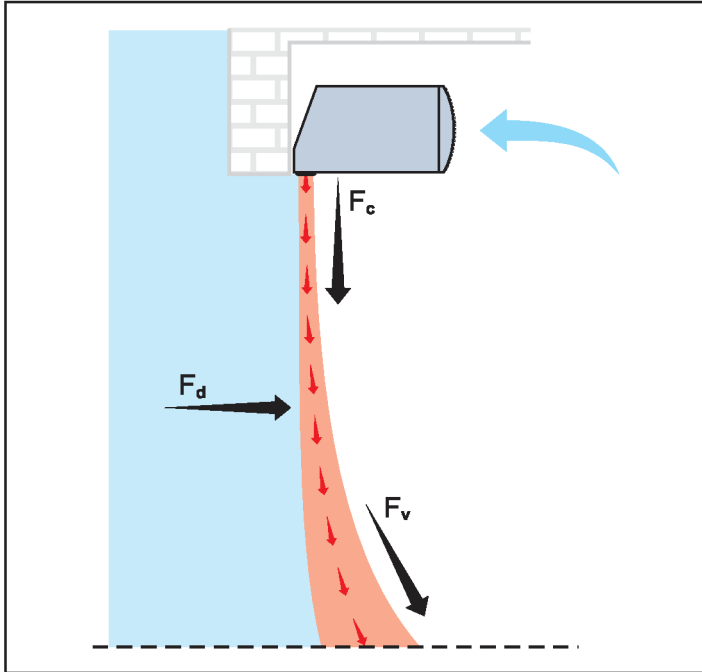
Se il flusso d'aria in uscita dalla barriera d'aria non è perpendicolare al terreno, la forza risultante F_v può essere diretto verticalmente seguendo alcune correzioni.

This could partly or totally lead to the cancellation of flow force in the doorway. In this case the applied forces of flow in the doorway F_d can be restricted

- partly by increasing the force of flow of the air curtain F_c
- partly by sloping the force F_c (exhaust of the air curtain) outside

Ciò potrebbe portare in parte o totalmente, alla cancellazione del flusso d'aria attraverso la porta. In questo caso, l'applicazione di F_d può essere limitato:

- in parte aumentando la forza del flusso d'aria F_c
- in parte aumentando l'inclinazione di F_c verso l'esterno.



1.1.4.1. Addition of forces

The vector sum of the airflow in the doorway and two different forces of flow of the air curtain is shown on the illustration.

Here we show the case, when the resulting force F_v is directed vertically downwards. If we want to reach it, we must tilt the air curtain at an angle of γ (we do this by turning the air curtain or by turning the exhaust nozzle of the air curtain). It is necessary to realise, that the vertical element of the force of flow of the air curtain significantly drops when tilted and also the range of flow. This must be taken into account and a more efficient air curtain used.

A larger force of air curtain F_{2c} needs to be tilted by a smaller angle than force F_{1c} to achieve the same effect. The vertical element of the larger force of air curtain, at the same time, changes less and so its screening effect is better. The more we angle the flow from the air curtain, the more range we need because the path of flow to the floor significantly lengthens at larger angles of tilt.

1.1.4.1. Somma delle forze

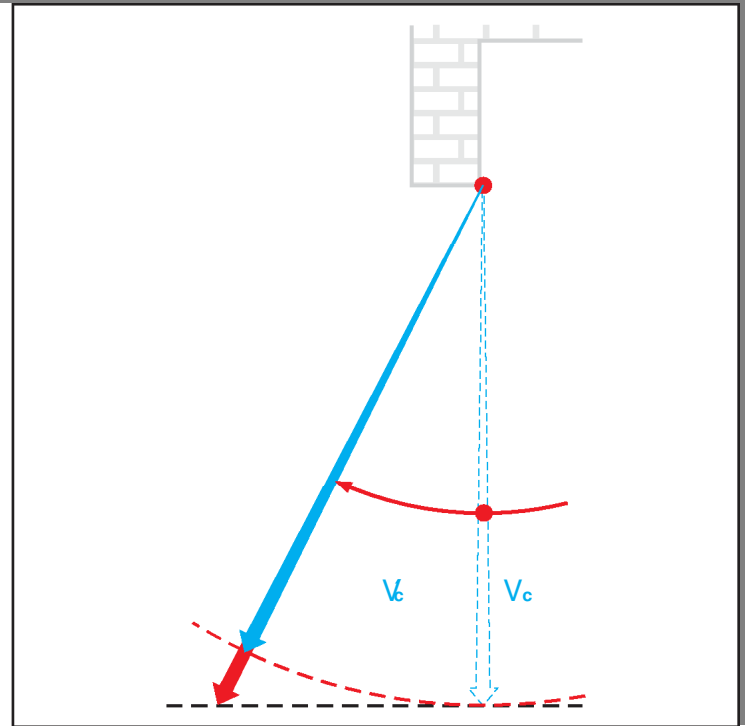
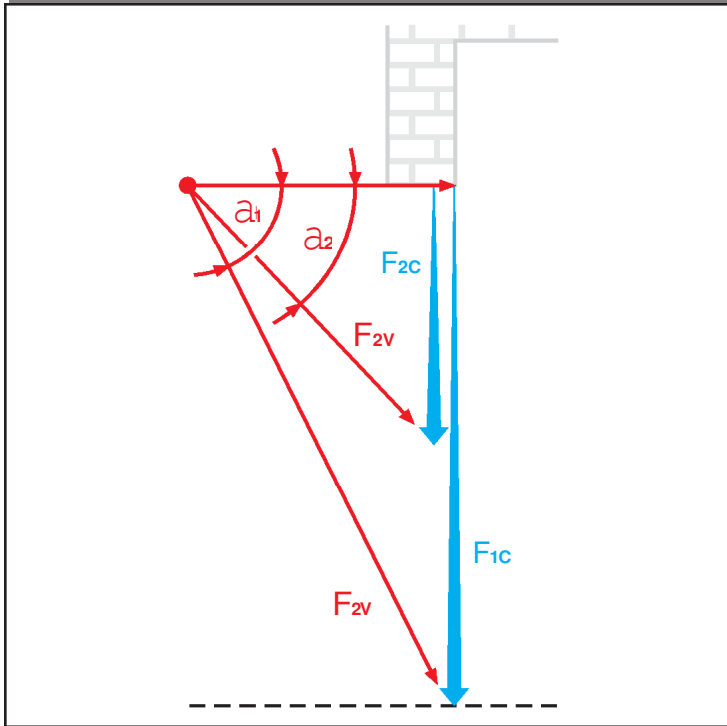
Il vettore somma delle forze del flusso d'aria attraverso la porta e di due differenti forze di flusso delle barriere a lama d'aria è rappresentato sotto.

Qui si mostra il caso, quando la forza risultante F_v è diretta verticalmente verso il basso. Se vogliamo raggiungere la forza risultante F_v , dobbiamo inclinare la barriera fino ad un angolo γ (lo possiamo ottenere ruotando la barriera o attraverso la rotazione dell'ugello di scarico). E' necessario rendersi conto che, nella cortina d'aria la forza dell'elemento verticale diminuisce significativamente quando il flusso è inclinato e così pure la portata. Ciò deve essere considerato e pertanto si utilizzerà una barriera a lama d'aria più efficiente.

La grande forza F_{2c} della barriera a lama d'aria deve essere inclinata di un piccolo angolo di F_{1c} per ottenere lo stesso effetto. Piccoli accorgimenti sull'elemento verticale delle barriere a lama d'aria fanno sì che il suo effetto di screening sia migliore. Più incliniamo il flusso d'aria della barriera, più abbiamo bisogno di una portata maggiore perché il percorso del flusso verso il pavimento si allunga in maniera significativa a grandi angoli di inclinazione.

In practice, it has been shown that the most effective angle of flow is angle $\gamma = 10$ to 30° . However the force of the flow from the air curtain F_c must at the same time be about two times larger than the force of flow in the doorway F_d . So the following relationship should apply $F_c \geq 2F_d$.

In pratica, è stato dimostrato che è più efficace un angolo di flusso γ compreso tra 10° e 30° . Tuttavia la forza del flusso d'aria della barriera F_c deve essere al tempo stesso due volte più grande della forza del flusso in porta F_d . Pertanto, la seguente relazione dovrebbe applicarsi $F_c \geq 2 F_d$.



1.1.4.2. Resulting effect

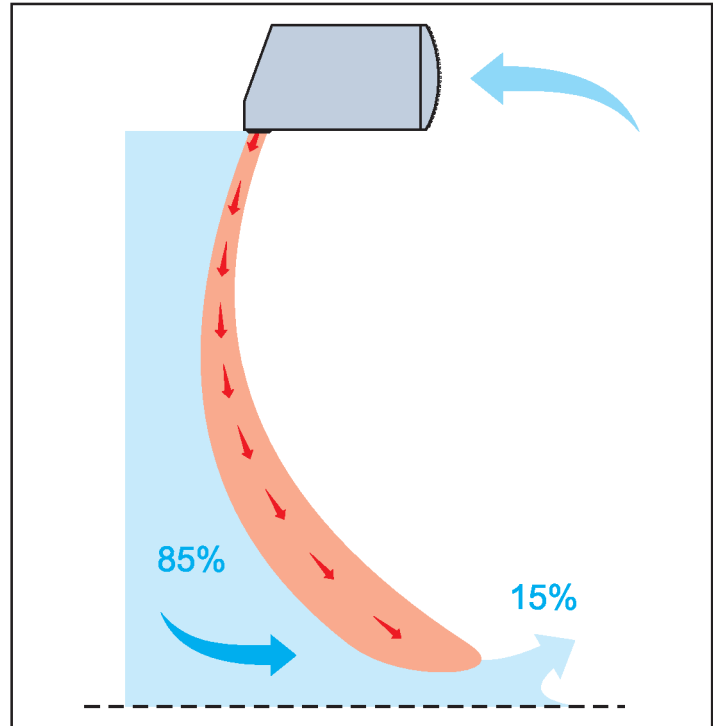
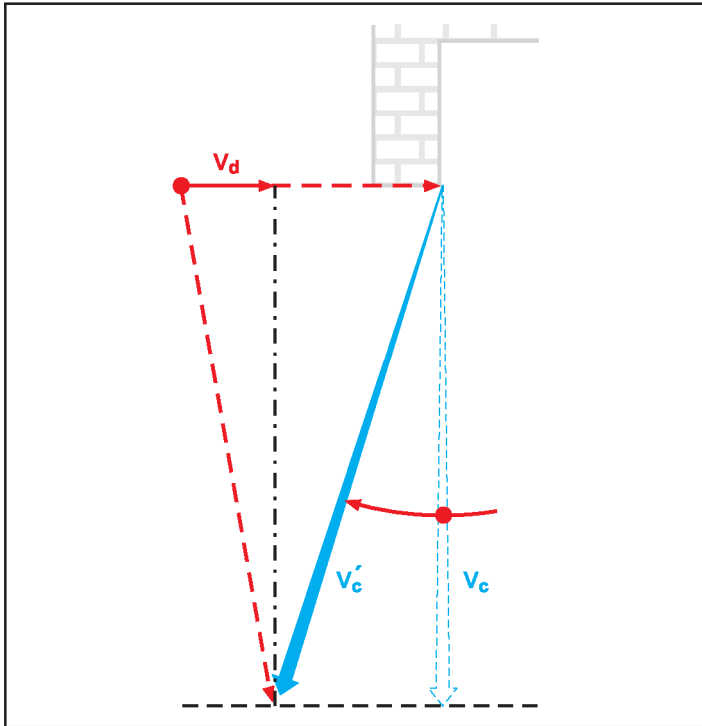
The result of application of both airflows in the doorway and the amount of screened air is graphically shown on the illustration.

By tilting the airflow of the air curtain it is possible to get good results even under more demanding conditions. Not even tilting the airflow of the air curtain can totally screen the protected area from incoming air. A well-designed air curtain can screen up to 85 % of the incoming air if the exhaust is tilted.

1.1.4.2. Conseguente effetto

Il risultato dell'applicazione di entrambi i flussi d'aria nella porta e la quantità di aria è dimostrato in figura.

Inclinando il flusso di aria in uscita dalla barriera, è possibile ottenere ottimi risultati anche nelle condizioni più impegnative. Nemmeno inclinando il flusso di aria della barriera però può schermare totalmente l'area protetta dall'aria in entrata. Ma se ben progettata una barriera d'aria può schermare fino a 85% dell'aria in entrata, se lo scarico è inclinato.



1.2.0. Air mixing

This concerns the second principle on designing and use of air curtains. Because the air cannot be prevented from coming in through the doorway even if it is protected by a air curtain, it is necessary to heat the air, which gets into the protected area. Heating can luckily be accomplished by mixing of the air, which gets in through the door with air from the given aircurtain.

So we can get some idea of the functioning of the mixing process and about which values appear here, we use the following example:

A door with the dimensions **A = 1,0 m** a **B = 2,1 m** is protected by an air curtain, which provides the volume flow **$V_c = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$** at the temperature **$k = +35 \text{ }^\circ\text{C}$** . Speed of airflow in the doorway is **$v_d = 1,0 \text{ m/s}$** . Outside air has a temperature of **$t_e = +5 \text{ }^\circ\text{C}$** . The air curtain is well designed and screens **70 %** of incoming air.

Without the air curtain, the following amount of cold air gets into the area **V_d** :

$$V_d = v_d \cdot (A \cdot B) = 1,0 \cdot (1,0 \cdot 2,2) = 2,2 \text{ m}^3/\text{s} = 7920 \text{ m}^3/\text{h}$$

The aircurtain reduces this amount to **V_{dr}** :

$$V_{dr} = V_d \cdot 30\% = 7920 \cdot 0,3 = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.2.0. Miscela d'aria

Questo riguarda la seconda linea guida di principio della progettazione e l'utilizzo di barriere a lama d'aria. Poiché all'aria non può essere impedito di attraversare la porta, anche se questa è protetta da una barriera, è quindi necessario riscaldare l'aria, che si riceve in area protetta. Il riscaldamento per fortuna può essere realizzato da una miscela di aria, tra quella che si riceve attraverso la porta con quella che viene sprigionata da una data barriera a lama d'aria.

Quindi per avere un'idea del funzionamento del processo di miscelazione e dei valori, usiamo il seguente esempio:

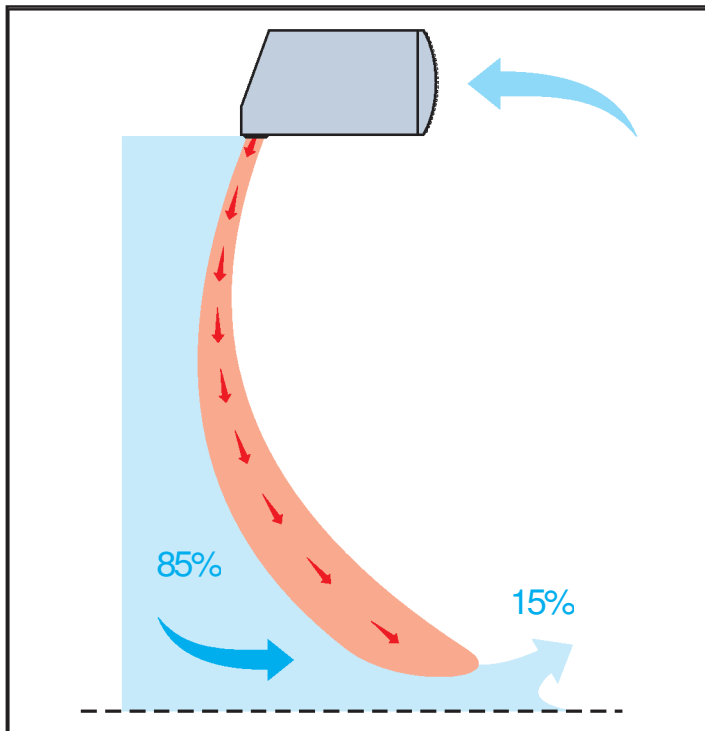
Una porta con le dimensioni **A = 1,0m** e **B = 2,1m** è protetta da una barriera, che fornisce una portata **$V_c = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$** alla temperatura **$k = +35 \text{ }^\circ\text{C}$** . La velocità del flusso d'aria nella porta è **$v_d = 1,0 \text{ m/s}$** . All'esterno l'aria è a una temperatura **$t_e = +5 \text{ }^\circ\text{C}$** . La cortina d'aria è ben progettata se si scherma almeno il **70%** di aria in entrata.

Senza la cortina d'aria, le seguenti quantità di aria fredda che si trova in zona **V_d** risultano:

$$V_d = v_d \cdot (A \cdot B) = 1,0 \cdot (1,0 \cdot 2,2) = 2,2 \text{ m}^3/\text{s} = 7920 \text{ m}^3/\text{h}$$

La barriera d'aria riduce tale valore di **V_d** a:

$$V_{dr} = V_d \cdot 30\% = 7920 \cdot 0,3 = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$$



On the diagram we show, how the mixing of air ends up from a air curtain, which provides the amount $V_c = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$ at a temperature of $k = +35 \text{ }^\circ\text{C}$, with air, which gets into the protected area $V_{dr} = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$ at a temperature of $t_e = +5 \text{ }^\circ\text{C}$.

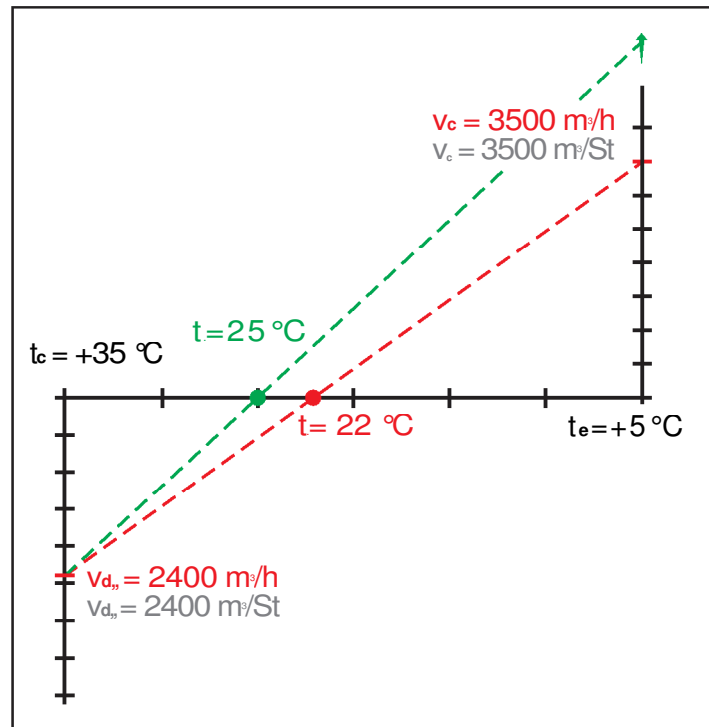
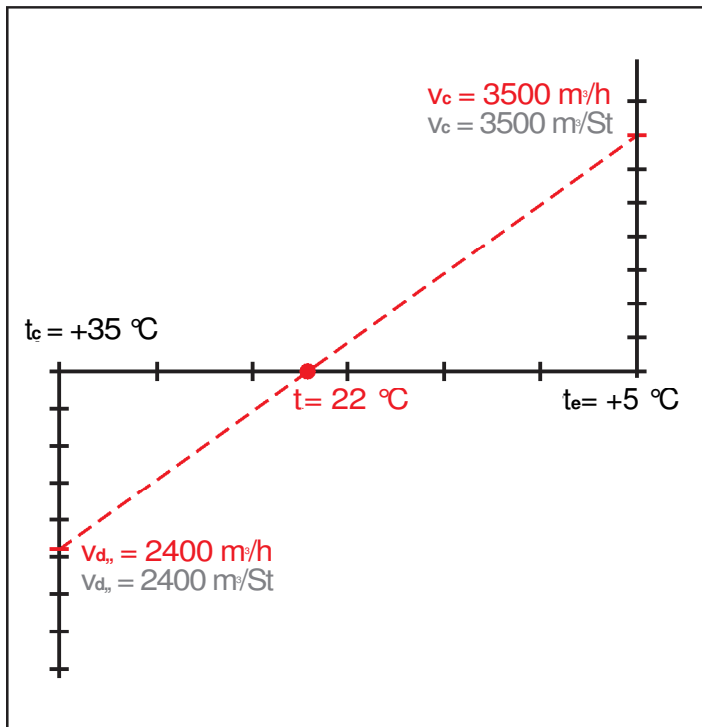
The diagram shows that the more the air curtain provides, the higher the temperature of the mixture. This also applies for the air temperature from the air curtain. This cannot be raised too much, because on entering the door unpleasantly hot air would be blown onto people's heads. This is why it is recommended to work with temperatures of the air curtain around $+35 \text{ }^\circ\text{C}$.

From experience we know that this point of view is often neglected at the design stage. This is a mistake. From what had been mentioned it is evident, that the range of airflow cannot be (and is not) the only criteria for appreciation of suitability of air curtains. Volume of air provided is not only important for reaching the maximum force of flow from the air curtain but also for reaching bearable air temperatures, which get into the protected area.

Il grafico ci mostra la miscelazione prodotta da una barriera a lama d'aria, con una portata $V_c = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$ ad una temperatura di $k = +35 \text{ }^\circ\text{C}$, con aria ricevuta dall'esterno con portata $V_{dr} = 2400 \text{ m}^3/\text{h}$ ad una temperatura di $t_e = +5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Il diagramma ci mostra come tanta più aria viene portata all'interno della barriera, quanto più alta sarà la temperatura della miscela. Ciò vale anche per la temperatura della barriera. Questa, quindi, non può essere troppo elevata, perché all'ingresso della porta, l'aria calda verrebbe spiacevolmente soffiata sulla testa delle persone. Questo è il motivo per cui si consiglia di lavorare con temperature superiori a $+35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Per esperienza sappiamo che questo punto di vista è spesso trascurato in fase di progettazione. Questo è un errore. Da quello che è stato citato è evidente, che la portata d'aria non può essere (e non è) l'unico criterio per la valutazione di idoneità delle barriere a lama d'aria. Il volume d'aria trattato non è importante solo per raggiungere la massima intensità del flusso in uscita dalla barriera, ma anche per il raggiungimento di sopportabili temperature di aria, che si percepiscono ad entrare nell'area protetta.



2.0. Basis for air curtain design

Air curtain design is complicated, above all because it is difficult to set a basis for design in advance. This concerns the fact, that it is not possible to establish the behaviour of the building with a view to the possibility of draughts nor is it possible to determine the behaviour of wind in the place where the building will be situated. **The design will always be on the basis of a qualified estimation.**

At the design stage the biggest problem is determining the speed of the airflow through the doorway. This is assigned especially **by the situation of the building and constructional solution of the protected area.**

2.1. Influence of situation of the building

The building may be situated in a densely built up area on a street, a square or on the corner. But also in a not very built up area in an industrial or business centre or even standing alone, which is usually the case with supermarkets. Further to this it could be situated in countryside with weak or strong wind blowing from various directions or mainly from one direction. All these cases have a significant influence on the speed of airflow in the doorway.

For rough orientation we have provided the following table of typical values of air flow speeds v_a on doorways of buildings situated in various different places:

2.0. Basi per la progettazione delle barriere a lama d'aria

Il design delle barriere a lama d'aria è complicato, soprattutto perché è difficile stabilire una base per la progettazione in anticipo. Questo riguarda il fatto, che non è possibile stabilire il comportamento della struttura in vista della possibilità di correnti d'aria, né è possibile determinare il comportamento del vento nel luogo in cui l'edificio si trova. **Il disegno sarà sempre sulla base di una stima qualificata.**

In fase di progettazione, il più grande problema è determinare la velocità del flusso d'aria attraverso la porta. Ciò è determinato specialmente **dalla posizione dell'edificio e dalla soluzione costruttiva dell'area interessata.**

2.1. Influenza della posizione dell'edificio

L'edificio può essere situato in una zona densamente edificata su una strada, una piazza o su un angolo. Ma anche in una zona non molto costruite, in una zona industriale o in un centro commerciale o addirittura essere un edificio isolato, che è solitamente il caso dei supermercati. Oltre a tutto questo potrebbe essere situato in campagna con debole o forte vento che soffia da varie direzioni o principalmente da una direzione. Tutti questi casi hanno una notevole influenza sulla velocità del flusso d'aria nella porta.

Come orientamento abbiamo fornito la seguente tabella di valori tipici del flusso d'aria a velocità v_a di porte di edifici situati in luoghi diversi:

Table 1- Typical values of speed v_d of airflow in doorways

Description of position Descrizione della posizione	v_d [m/s] v_d [m/s]
place which is very well protected against wind; wind free almost all of the time. Flow in the doorway is caused by the difference in temperature outside and inside the protected area (e.g. entrance to public building from underground garage) luogo che è ben protetto dal vento, assenza di vento costante. Flusso d'aria in porta è causato dalla differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno (ad esempio ingresso edificio pubblico da garage sotterraneo)	0,3 = 0,5
place, where the wind blows along the doorway. This is a typical case in a heavily built up urban street. luogo, dove il vento soffia lungo spesso. Questo è un caso tipico lungo una larga strada urbana.	0,8 = 1,8
place, where there is medium strength airflow and the wind may blow against the doorway. This is a typical case on corners and squares in cities luogo, dove il flusso d'aria è di media intensità e il vento può soffiare contro la porta. Questo è il caso tipico negli angoli e nelle piazze in città	1,2=1,6
place, where strong winds blow against the doorway. This is a typical case in freestanding buildings, which are for example shopping centres on the edge of cities. luogo, dove soffiano venti forti contro la porta. Questo è un tipico caso in edifici isolati, che sono ad esempio i centri commerciali sul bordo della città	1,4 = 3,5

Tabelle 1 - I valori tipici di velocità del flusso d'aria in v_d porte

2.2. Influence of constructional solution for building

We can contemplate three basic types of area, which are given constructional solutions for buildings. Protected area is understood to mean an area, which we want to protect from the effects of outside air coming in through the entrance of gate opening.

1/ area type "A" - is of the type, which is not connected with another floor by an open staircase. All entrances are on only one side of the protected area. Other constructional openings are insignificant from the point of view of draught or chimney effect. This case is optimal for the use of screens.



2/ area type "B" - is of the type, which is part of a multi storey building and is connected with other floors by an open staircase. All entrances are on one side of the protected area. Other constructional openings are insignificant from the point of view of draught creation. In this case special care must be taken when designing the air curtain. Problems may arise.

2.2. Influenza della soluzione costruttiva nell'edificio

Siamo in grado di contemplare tre tipi di soluzioni, dato che queste sono quelle più adottate. L'area protetta è intesa nel senso di uno spazio, che dobbiamo proteggere dagli effetti delle correnti d'aria che passano attraverso l'apertura della porta di ingresso.

1/ area tipo "A" - è del tipo, che non è collegato con un'altra apertura dall'altra parte del piano. Tutti gli ingressi sono solo su un lato della zona protetta. Le altre aperture sono insignificanti, dal punto di vista progettuale o per l'effetto camino. Questo caso è l'ideale per l'uso di barriere a lama d'aria.

2/ area tipo "B" - è del tipo, che è parte di un edificio a più piani ed è collegato con gli altri piani da uno scalone aperto. Tutti gli ingressi sono su un lato della zona protetta. Le altre aperture sono insignificanti dal punto di vista progettuale. In questo caso deve essere posta particolare attenzione in sede di definizione delle barriere a lama d'aria. Potrebbero comunque sorgere problemi.



3/ area type "C" - is of the type, which is not connected to other floors by an open staircase. However the entrances are not only on one side of the protected area, or there are constructional openings on facing walls or sides, which are significant from a point of view of draught creation. In this case, a aircurtain is often notable to fulfil its function properly without suitable constructional measures.

3/ area tipo "C" - è del tipo, che non è collegato ad altri piani da una scalinata aperta. Tuttavia gli ingressi non sono solo su un lato della zona protetta, o ci sono aperture nei muri di fronte o di lato della costruzione, che sono significativi dal punto di vista progettuale. In questo caso, la barriera a lama d'aria svolgerà in pieno la sua funzione in maniera appropriata anche senza misure costruttive appropriate.



Influence of constructional solutions of a building on the speed of airflow in the entrance doorway is expressed by the coefficient k_r , which is multiplied by the air speed v_a shown in **table 1** in chapter **2.1**.

L'influenza delle soluzioni costruttive di un edificio per la velocità del flusso d'aria in ingresso della porta è espressa dal coefficiente k_r , che viene moltiplicato per la velocità dell'aria di ventilazione v_a indicato nella **tabella 1** del **capitolo 2.1**.

Area type Area Tipo	Correction k. Correzione k.
A	1,0
B	1,6
C	2,0

Speed of airflow in a specific area is then calculated as a product
 $v_{dr} = v_d \cdot k_r$

Velocità del flusso d'aria in una zona specifica è quindi calcolato come un prodotto
 $v_{dr} = v_d \cdot k_r$

This is despite the fact that it is easy to prove, that a well-designed air curtain quickly pays for itself thanks to savings on heating. It is worth adding, the pleasanter inside climate, which amongst other things increases the feeling of comfort and lowers illness among workers in these areas. Further to this there is less dust, less insects,...

E ciò nonostante il fatto che è facile da dimostrare, che se una barriera a lama d'aria è ben progettata, in breve tempo il costo speso si paga per sé grazie ai risparmi sui sistemi di riscaldamento. Vale la pena di aggiungere, il clima piacevole all'interno, tra le altre cose, che aumenta la sensazione di comfort e riduce la malattia tra i lavoratori in questi settori. Oltre a tutto questo c'è meno polvere, meno insetti, ...