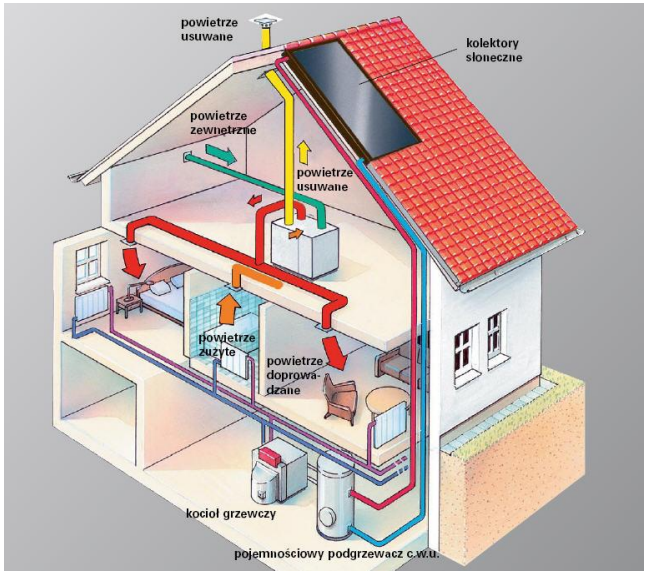
# Instalacje wentylacyjne

## Zasada działania instalacji wentylacyjnej

## Wentylacja naturalna i mechaniczna

## Budowa instalacji wentylacyjnej



# Literatura

1) Hermann Recknagel, Eberhard Sprenger , Ernst Schramek : „Kompendium wiedzy. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda,

2) Ryszard Tytko: „Urządzenia i systemy energetyki odnawialnej”,

3) Albers Joachim „Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji. Poradnik dla projektantów i instalatorów”,

4) Halina Koczyk: „Ogrzewnictwo praktyczne”,

5) www.instsani.pl,

6) www.viessmann.pl,

7) K. Krygier, T. Klinke, J. Sewerynik „ Ogrzewnictwo, wentylacja, klimatyzacja” ,

8) Katarzyna Majewska-Mrówczyńska „Projektowanie instalacji sanitarnych 311[39].Z3.02”

# Definicja wentylacji

**Wentylacja**

jest to wymiana powietrza w pomieszczeniach, polegająca na usuwaniu powietrza zanieczyszczonego lub gorącego i doprowadzeniu powietrza świeżego lub chłodnego.

Zadaniem wentylacji jest usuwanie z pomieszczeń zamkniętych (biurowych, mieszkalnych, produkcyjnych i innych) powietrza zanieczyszczonego,

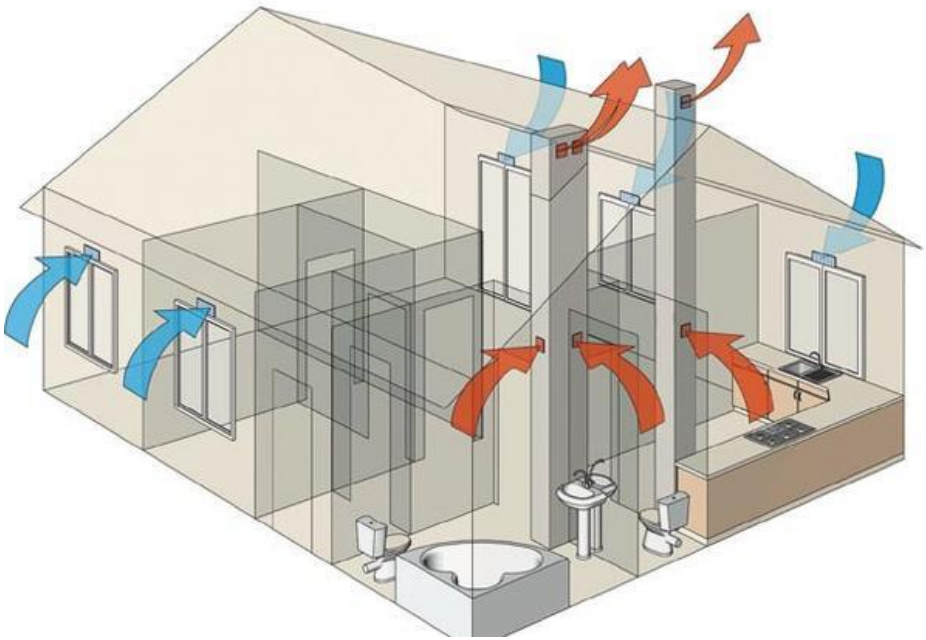
a

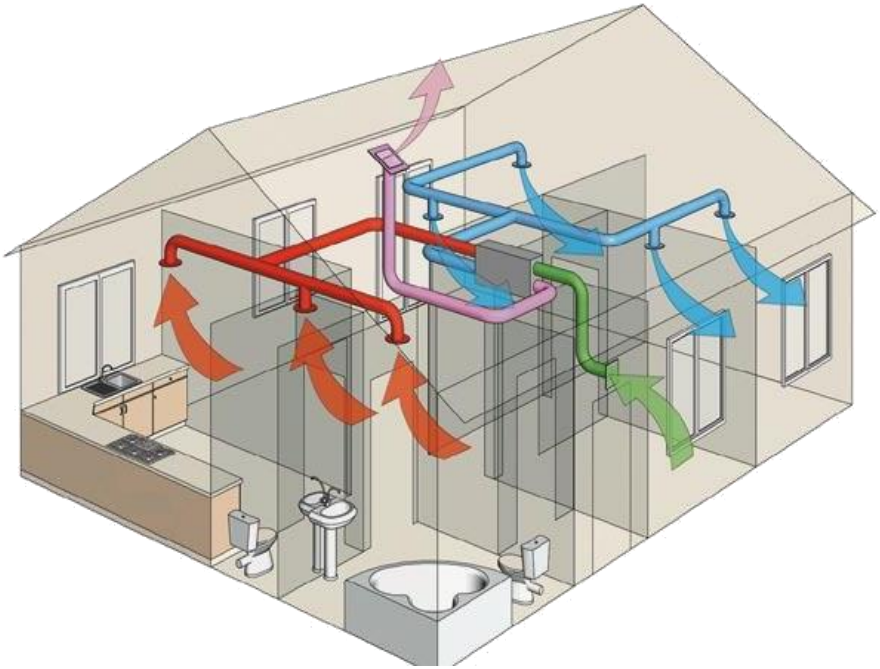
dostarczenie powietrza świeżego, czystego o określonej temperaturze, tzn. jego oczyszczenie i podgrzanie do wymaganej temperatury przed wprowadzeniem do pomieszczeń.

# Wentylacja

Zadanie urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

- utrzymanie odpowiedniego stanu powietrza w pomieszczeniu lub tylko w jego części, poprzez wymianę powietrza.





[www.alfawent.pl]

## Wentylacja

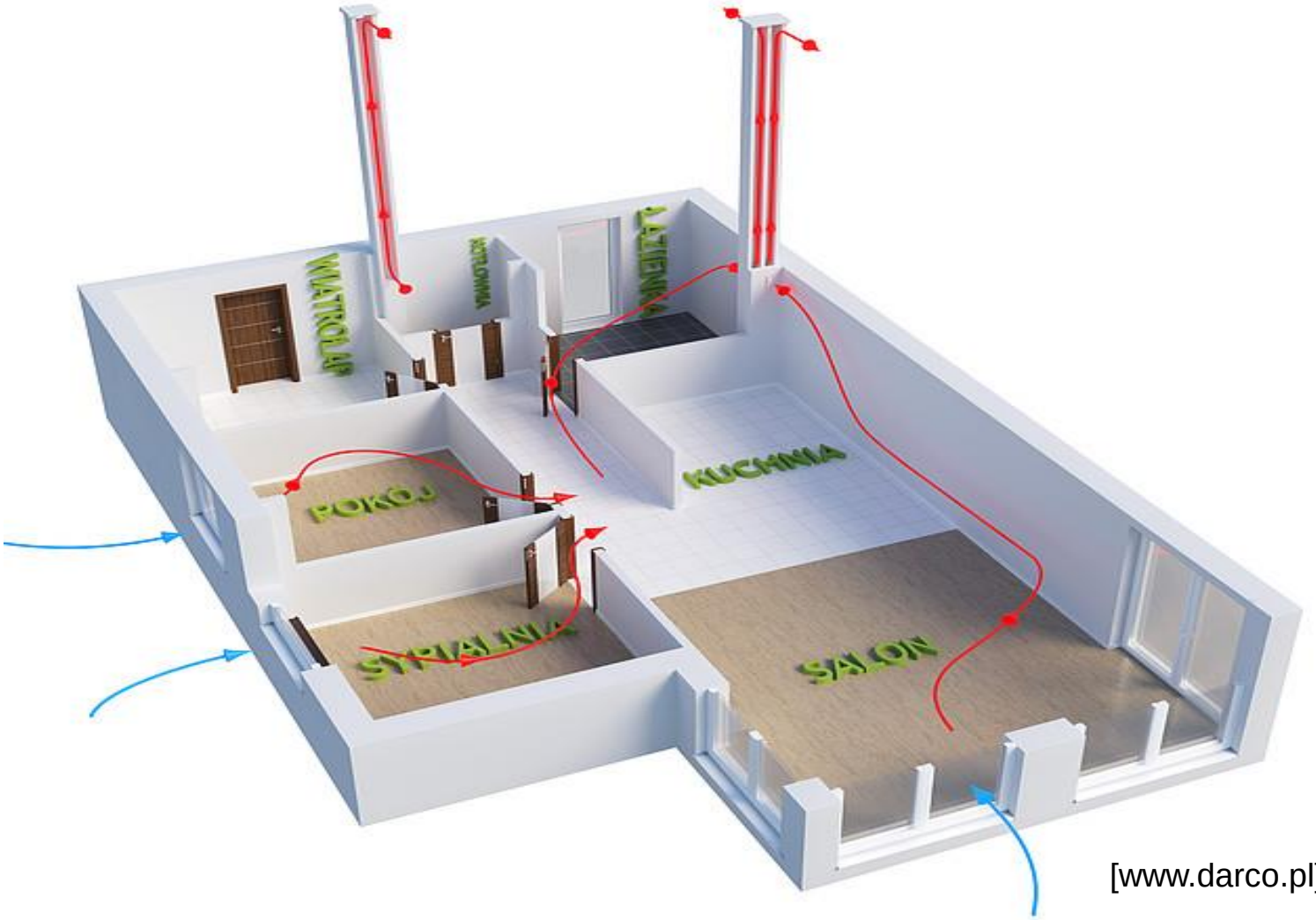
Pomieszczenia w mieszkaniu w zależności od ilości powstających zanieczyszczeń możemy podzielić na „brudne” i „czyste”.
Do pierwszej grupy należą wszystkie pomieszczenia sanitarne:
- kuchnia,
- łazienka,
- toaleta, pralnia, pomieszczenia gospodarcze itp.

Wynika to stąd, że użytkowanie tych pomieszczeń wiąże się z wytwarzaniem dużej ilości zanieczyszczeń (w tym także zapachów), które powinny zostać jak najszybciej usunięte na zewnątrz, aby się nie rozprzestrzeniały po budynku.

W tym celu każde pomieszczenie z tej grupy powinniśmy wyposażyć w wywiew

Nawiew umieszczamy w pomieszczeniach, gdzie tych zanieczyszczeń produkuje się znacznie mniej (pokoje, sypialnie, salon itp.).

# Wentylacja




[www.darco.pl]

# Wentylacja - ruch powietrza w mieszkaniu

Zanieczyszczenia w mieszkaniu mają różną ciężkość względem powietrza. W związku z tym te lżejsze, do których należy np. tlenek węgla (czad) koncentrują się pod sufitem, a te cięższe (np. dwutlenek węgla) gromadzą się bliżej podłogi. Zależy nam na tym aby wentylacja usuwała wszystkie zanieczyszczenia, dlatego ruch powietrza musi odbywać się na różnych wysokościach względem podłogi.

Do tego celu można wykorzystać wpływ temperatury. Powietrze ogrzane gromadzi się u góry, a chłodne na dole pomieszczeń.
Kratki wentylacyjne, poprzez które powietrze usuwamy na zewnątrz są umieszczane pod sufitem. Tam koncentruje się powietrze już ogrzane, a zatem takie, które w swojej drodze przez pomieszczenia zebrało zanieczyszczenia. Naturalnym kierunkiem jego dalszego przepływu będzie przedostanie się poprzez kratkę do przewodu wywiewnego i dalej kominem do góry na zewnątrz.

# Wentylacja

Miejsca gromadzenia się głównych zanieczyszczeń w budynku: tlenek węgla i para wodna w górnych partiach, dwutlenek węgla w dolnych.

[www.darco.pl]

## Wpływ wentylacji

Zmienność obciążeń cieplnych, parametrów powietrza w pomieszczeniu mogą wpłynąć na:

- samopoczucie człowieka,
- wydajność jego pracy,
- możliwość regeneracji organizmu.

# Podział wentylacji

W zależności od okresu wymiany powietrza wyróżniamy:

- wentylację o działaniu ciągłym,
- wentylację okresową.

W zależności od sposobu wymiany powietrza wyróżniamy:

- wentylację naturalną,
- wentylację mechaniczną.

# Wentylacja naturalna

**W wentylacji naturalnej** wymiana powietrza w pomieszczeniu jest powodowana ruchem powietrza wskutek działania wiatru, sił grawitacji lub obu tych zjawisk łącznie.

**Wentylacja naturalna może mieć następujące formy :**

- przewietrzanie,
- infiltracja,
- wentylacja grawitacyjna,
- wentylacja higrosterowana,
- aeracja.

**1. Przewietrzanie**

okresowe odświeżanie powietrza w pomieszczeniach polegające na otwieraniu okien lub innych otworów w przegrodach.

**2. Infiltracja**

jest to przenikanie powietrza przez porowate materiały budowlane , nieszczelności przegród oraz szczeliny wokół okien i drzwi.

**3. Wentylacja grawitacyjna**

gdzie stosuje się pionowe kanały wywiewne do usuwania powietrza dopływającego na wskutek różnicy gęstości powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku.

**4. Wentylacja grawitacyjna higrosterowana**

proces wymiany powietrza uzależniony od poziomu wilgotności względnej wewnętrznej.

**5. Aeracja**

zorganizowana wymiana powietrza, które dopływa przez odpowiednie otwory rozmieszczone w zewnętrznych przegrodach budowlanych, uzyskiwana dzięki różnicy ciśnienia powietrza na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia.

Intensywność aeracji zależy od różnicy temperatury i siły wiatru.

**W wentylacji mechanicznej**

przewietrzanie pomieszczeń jest niezależne od jakichkolwiek wpływów atmosferycznych.

Wymuszony przepływ powietrza uzyskuje się dzięki zastosowaniu wentylatora.

**Rozróżnia się wentylację:**

- **ogólną** - równomierna wymiana powietrza w całym pomieszczeniu,
- **miejscową** - przeciwdziała zanieczyszczeniu powietrza w pomieszczeniu i usuwa zanieczyszczenia z miejsca ich wydzielania.

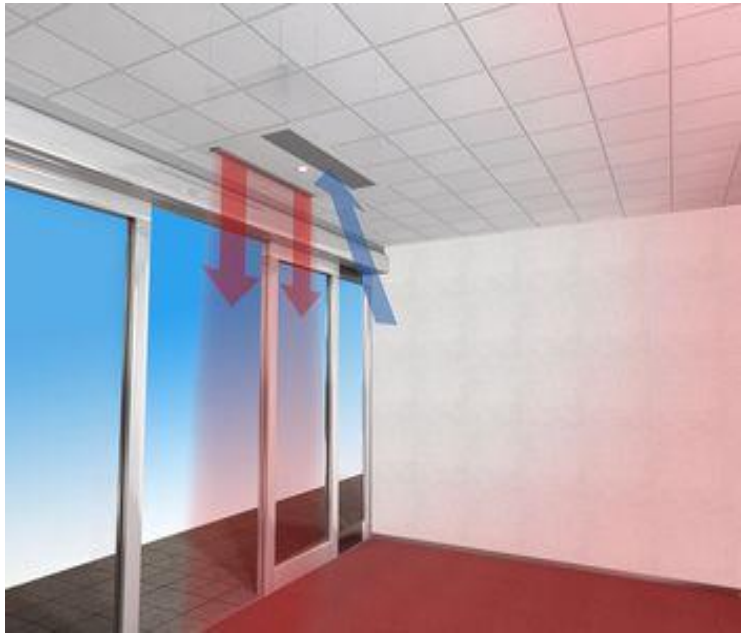
**Do wentylacji miejscowej zalicza się :**

- urządzenia odciągów miejscowych,
- nawiewy miejscowe stosowane do wytwarzania na określonych stanowiskach pracy warunków odmiennych od tych, które panują w całym pomieszczeniu,
- kurtyny powietrzne.

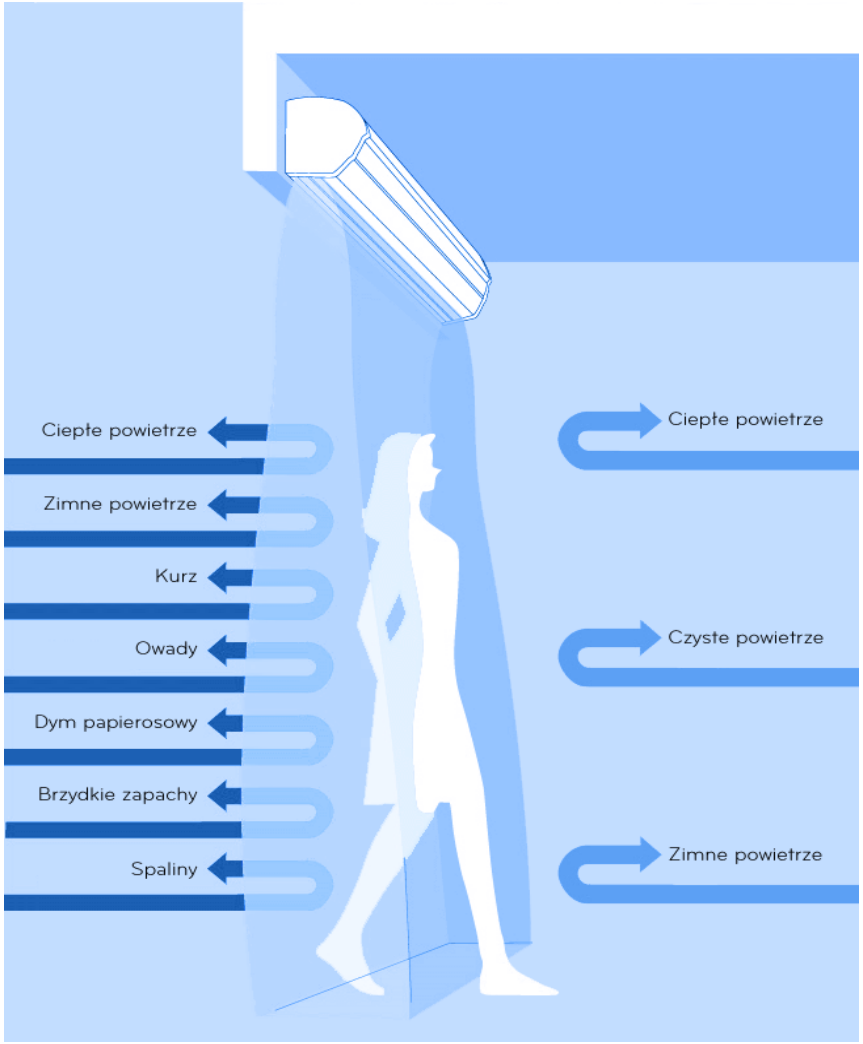
## Urządzenia odciągów miejscowych

[www.inzynierbudownictwa.pl]

## Kurtyny powietrzne



[www.termex.net.pl]



# Wentylacja mechaniczna

W zależności od kierunku ruchu powietrza w stosunku do wentylowanego pomieszczenia rozróżnia się wentylację mechaniczną:

**Nawiewną** – powietrze dostarcza się do pomieszczenia za pomocą wentylatora, a usuwa w sposób naturalny,

**Wywiewną** - powietrze usuwa się z pomieszczenia za pomocą wentylatora, a dostarcza w sposób naturalny,

**Nawiewno-wywiewną** – gdzie do dostarczania i usuwania powietrza używa się co najmniej dwóch wentylatorów.

# Wentylacja mechaniczna

Podział wentylacji ze względu na różnicę ciśnienia wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia:

**Nadciśnieniowa** – gdzie strumień objętości powietrza nawiewanego jest większy od strumienia powietrza wywiewanego,

**Podciśnieniowa** – gdzie strumień objętości powietrza nawiewanego jest mniejszy od strumienia objętości powietrza wywiewanego.

## Wentylacja mechaniczna

Uwzględniając możliwość uzyskania określonych warunków w pomieszczeniach rozróżnia się:

- **wentylację zwykłą** zapewniającą wymaganą temperaturę w pomieszczeniu tylko zimą,
- **wentylację z chłodzeniem**, gdzie utrzymywanie wymaganej temperatury jest możliwe zimą i latem,
- **wentylację z dowilżaniem** - wyposażoną w urządzenia zwiększające wilgotność powietrza w pomieszczeniach,
- **wentylację z osuszaniem** - powodującą zmniejszenie wilgotności powietrza w pomieszczeniu,
- **urządzenia klimatyzacyjne**, za pomocą których temperaturę i wilgotność względną powietrza w pomieszczeniu można utrzymać z odpowiednią dokładnością w ciągu całego roku.

# Parametry powietrza wentylacyjnego

Najważniejsze parametry powietrza, które powinny być utrzymane w pomieszczeniu to:

- temperatura,

- wilgotność,

- prędkość oraz stężenia zanieczyszczeń.

# FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI POWIETRZA

Powietrze atmosferyczne to mieszanina dwóch składników:

- **powietrza suchego**
- **pary wodnej**

**Skład dolnej warstwy atmosfery**

| Składnik | Procentowy udział składnika w powietrzu | |
|---|---|---|
| | masowy | objętościowy |
| Azot ($N_2$) | 75,51 | 78,09 |
| Tlen ($O_2$) | 23,10 | 20,93 |
| Argon (Ar) | 1,286 | 0,933 |
| Dwutlenek węgla ($CO_2$) | 0,04 | 0,03 |
| Wodór ($H_2$) | 0,001 | 0,01 |
| Neon (Ne) | 0,0012 | 0,0018 |
| Hel (He) | 0,00007 | 0,0005 |
| Krypton (Kr) | 0,0003 | 0,0001 |
| Ksenon (Xe) | 0,00004 | 0.00009 |

## Fizyczne właściwości powietrza suchego

**Powietrze suche** w zakresie temperatury i ciśnienia występujących w technice wentylacyjnej, traktuje się jako **gaz doskonały.**

Powietrze suche, tak jak wszystkie gazy doskonałe, w tych samych warunkach temp. ***T*** i ciśnienia ***p*** oraz tej samej objętości ***V*** zawiera taką samą liczbę cząstek **n** (moli).

Objętość jednego mola przy danym ciśnieniu i temperaturze jest wielkością stałą.

## Fizyczne właściwości powietrza wilgotnego

**Powietrze wilgotne** – mieszanina gazów o właściwościach podobnych do właściwości gazów doskonałych.

Powietrze wilgotne podlega tym samym prawom co wszystkie gazy doskonałe. Zgodnie z prawem ***Daltona*** ciśnienie powietrza wilgotnego ***p*** składa się z ciśnienia cząstkowego powietrza suchego $p_p$ i ciśnienia cząstkowego pary wodnej $p_w$

$$p = p_p + p_w$$

## Właściwości powietrza

Podstawowa wielkość charakteryzująca stan powietrza wilgotnego to:

- zawartość wilgoci (**wilgotność właściwa**) **- *x***

$$x = \frac{m_w}{m_p} \quad [kg/kg]$$

$m_w$ - masa wody [kg],

$m_p$ - masa powietrza suchego [kg].

Wielkość ta oznacza masę wilgoci przypadającą na 1 kg powietrza suchego.

## Właściwości powietrza

Zależność między zawartością wilgoci i ciśnieniem cząstkowym można wyrazić za pomocą wzoru

$$x = 0{,}622 \frac{p_w}{p - p_w} \text{ [kg/kg]}$$

**Zawartość wilgoci w powietrzu w stanie nasycenia** - x" określa się wg zależności:

$$x'' = 0{,}622 \frac{p_w''}{p - p_w''} \quad [kg/kg]$$

## Właściwości powietrza

Zawilżenie powietrza określić można również za pomocą

**wilgotności bezwzględnej** - masa wilgoci zawartej w $1m^3$ powietrza wilgotnego, oznacza się przez $\rho_w$ i oblicza wg wzoru

$$\rho_w = \frac{m_w}{V} \quad [kg/m^3]$$

$m_w$ - masa wilgoci zawartej w powietrzu [kg],

V - objętość wilgotnego powietrza [$m^3$].

**Wilgotność względną powietrza** $\varphi$ -stosunek wilgotności bezwzględnej $\rho_w$ do wilgotności nasycenia $\rho''_w$ w warunkach tej samej temperatury.

$$\varphi = \frac{\rho_w}{\rho''_w}$$

$$\varphi = \frac{p_w}{p''_w}$$

# Entalpia

Entalpię właściwą powietrza wilgotnego odnosi się do 1 kg powietrza suchego, czyli do (1 + *x)* kg powietrza wilgotnego.

Entalpia właściwa powietrza wilgotnego o wilgotności właściwej *x* i temperaturze *t* jest równa:

$$h = h_p + x\, h_w \quad [kJ/kg]$$

## Właściwości powietrza

Po rozwinięciu składników tego równania można zapisać, że

$$h = c_{pp}\, t + x\,(r_o + c_{pw}\, t) \quad [kJ/kg]$$

$h_p$ - entalpia właściwa powietrza suchego [kJ/kg],

$h_w$ - entalpia właściwa pary przegrzanej i nasyconej suchej [kJ/kg].

$c_{pp}$ = 1 kJ/(kgK)- średnia wartość ciepła właściwego powietrza przy stałym ciśnieniu w zakresie temperatury $0 \div t$ °C

$t$ - temperatura wilgotnego powietrza [°C],

$x$ - zawartość wilgoci – wilgotność właściwa [kg/kg],

$r_0$ = 2500 k J/kg - ciepło parowania wody w temperaturze 0°C i ciśnieniu 0,1MPa,

$c_{pw}$ = 1,96 kJ/(kg-K) - średnie ciepło właściwe pary wodnej w przedziale temp. $0 \div t$°C.

# Właściwości powietrza

Po rozwinięciu składników tego równania można zapisać, że

$$h = c_{pp}\, t + x\,(r_o + c_{pw}\, t) \quad [kJ/kg]$$

$h_p$ - entalpia właściwa powietrza suchego [kJ/kg],

$h_w$ - entalpia właściwa pary przegrzanej i nasyconej suchej [kJ/kg].

$c_{pp}$ = 1 kJ/(kgK)- średnia wartość ciepła właściwego powietrza przy stałym ciśnieniu w zakresie temperatury $0 \div t$ °C

$t$ - temperatura wilgotnego powietrza [°C],

$x$ - zawartość wilgoci – wilgotność właściwa [kg/kg],

$r_0$ = 2500 k J/kg - ciepło parowania wody w temperaturze 0°C i ciśnieniu 0,1MPa,

$c_{pw}$ = 1,96 kJ/(kg-K) - średnie ciepło właściwe pary wodnej w przedziale temp. $0 \div t$°C.

## Właściwości powietrza

Po rozwinięciu składników tego równania można zapisać, że

$$h = c_{pp}\, t + x\,(r_o + c_{pw}\, t) \quad [kJ/kg]$$

$h_p$ - entalpia właściwa powietrza suchego [kJ/kg],

$h_w$ - entalpia właściwa pary przegrzanej i nasyconej suchej [kJ/kg].

$c_{pp}$ = 1 kJ/(kgK)- średnia wartość ciepła właściwego powietrza przy stałym ciśnieniu w zakresie temperatury $0 \div t$ °C

$t$ - temperatura wilgotnego powietrza [°C],

$x$ - zawartość wilgoci – wilgotność właściwa [kg/kg],

$r_0$ = 2500 k J/kg - ciepło parowania wody w temperaturze 0°C i ciśnieniu 0,1MPa,

$c_{pw}$ = 1,96 kJ/(kg-K) - średnie ciepło właściwe pary wodnej w przedziale temp. $0 \div t$°C.

## Właściwości powietrza

Po podstawieniu wartości liczbowych wzór na entalpię właściwą powietrza przyjmuje postać:

$$h = t + x ( 2500 + 1,96 t) \ [kJ/kg]$$

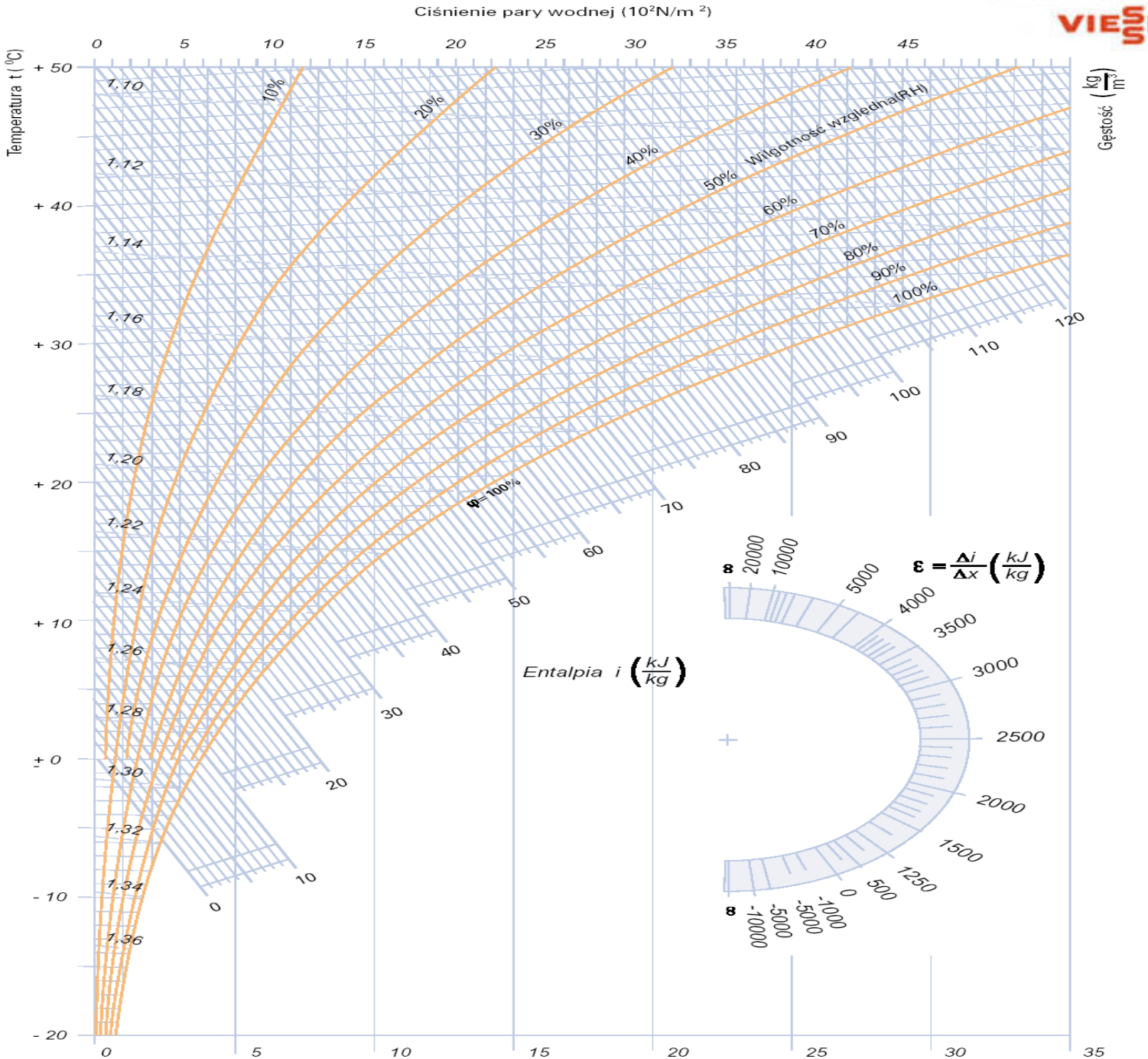
## Wykres Molliera h (i) – x – wykres właściwości powietrza wilgotnego

Wykres sporządzono w układzie ukośnokątnym linie stałej entalpii właściwej h – **izeltalpy** – są skierowane pod kątem 135 do osi rzędnych.

Krzywa wilgotności względnej **φ = 1** - krzywa nasycenia- dzieli płaszczyznę wykresu na dwa obszary:

- powietrza nienasyconego, w którym para wodna jest parą przegrzaną w powietrzu wilgotnym,

- powietrza zamglonego, w którym wilgoć zawarta w powietrzu występuje w postaci mieszaniny nasyconej i mgły wodnej lub lodowej.


Ciśnienie pary wodnej ($10^2$N/m $^2$)
Temperatura t (°C)
Gęstość $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
Wilgotność względna(RH)
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
Φ=100%
Entalpia $i$ $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$
$\varepsilon = \frac{\Delta i}{\Delta x}\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

## Wykres Molliera h – x – wykres właściwości powietrza wilgotnego

W obszarze powietrza nienasyconego proste stałej temperatury $t_i$ - **izotermy**

W przypadku mgły wodnej ($t > 0\ ^oC$) izotermy przebiegają powyżej izentalp, natomiast w przypadku mgły lodowej ($t < 0\ ^oC$) - poniżej.

W obszarze powietrza nienasyconego, zawartym między osią rzędnych a krzywą $\varphi = 1$, nanosi się **krzywe stałej wilgotności względnej** $\varphi_i$ = const.

Załamują się one na izotermie $\vartheta$ = const. i w obszarze, gdzie temperatura powietrza $t > \vartheta$ stają się równoległe do **prostych odpowiadających stałej zawartości wilgoci** x = const.

Temperatura $\vartheta$ jest temperaturą wrzenia (nasycenia) wody pod ciśnieniem, którego dotyczy wykres *h - x.*

## Wykres Molliera h – x – wykres właściwości powietrza wilgotnego

Używane w praktyce wykresy h (*i*) - *x* są uzupełnione **skalą kierunkową** $\Delta h/\Delta x$

**skalą ciśnienia cząstkowego pary wodnej w powietrzu** $p_w$ ,

oraz

**liniami stałej objętości właściwej wilgotnego powietrza**

v = const lub

**gęstość powietrza** $\rho$ = const .

PODSTAWOWE PRZEMIANY STANU POWIETRZA WILGOTNEGO

**Mieszanie dwóch strumieni powietrza**

Położenie punktu mieszaniny *M* określa się,

korzystając z zależności

$$i_M = \frac{\dot{m}_{p_1} \cdot i_1 + \dot{m}_{p_2} \cdot i_2}{\dot{m}_{p_M}} \qquad x_M = \frac{\dot{m}_{p_1} \cdot x_1 + \dot{m}_{p_2} \cdot x_2}{\dot{m}_{p_M}}$$

# Przemiany stanu powietrza

$$i_M = \frac{\dot{m}_{p_1} \cdot i_1 + \dot{m}_{p_2} \cdot i_2}{\dot{m}_{p_M}} \qquad x_M = \frac{\dot{m}_{p_1} \cdot x_1 + \dot{m}_{p_2} \cdot x_2}{\dot{m}_{p_M}}$$

$m_{p1}$ - strumień masy suchego powietrza w stanie 1. [kg/s],

$m_{p2}$ - strumień masy suchego powietrza w stanie 2. [kg/s],

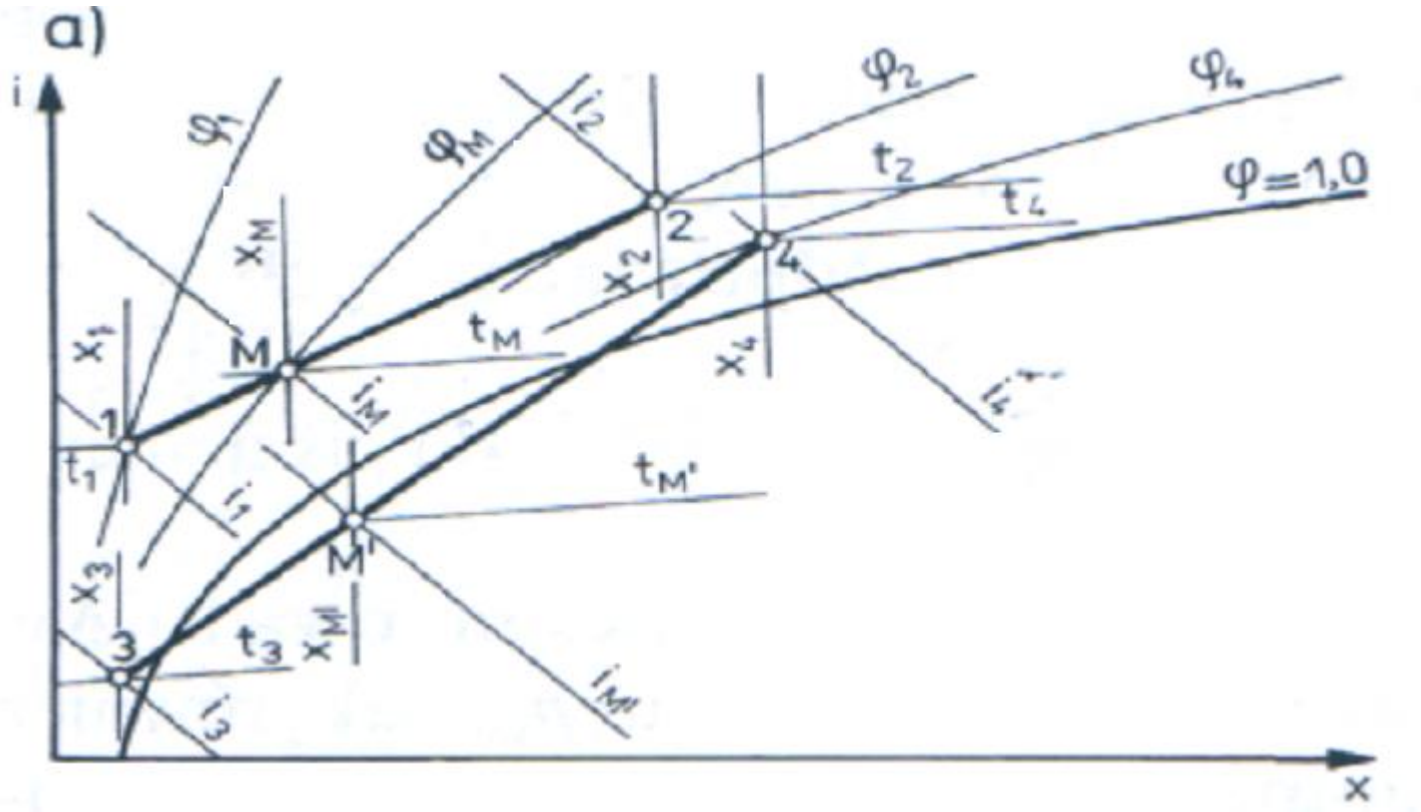
$m_{pM}$ - strumień masy suchego powietrza w stanie *M* [kg/s],

$i_1, i_2, i_M$ - entalpia właściwa w punktach *1, 2, M* [kJ/kg],

$x_1$, $x_2$, $x_M$ - zawartość wilgoci w punktach *1,2, M* [kJ/kg].

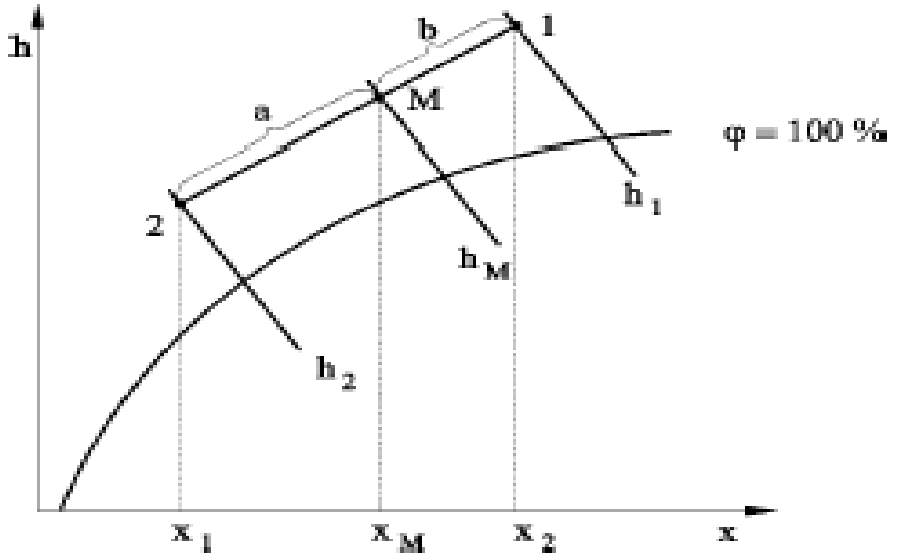
Punkt mieszaniny M leży na prostej łączącej dwa punkty odpowiadające parametrom początkowym strumieni powietrza i dzieli odcinek łączący te punkty w stosunku odwrotnym do mas mieszającego się powietrza.

Podstawowe przemiany stanu powietrza wilgotnego




**Mieszanie dwóch strumieni powietrza**

## Mieszanie dwóch strumieni powietrza



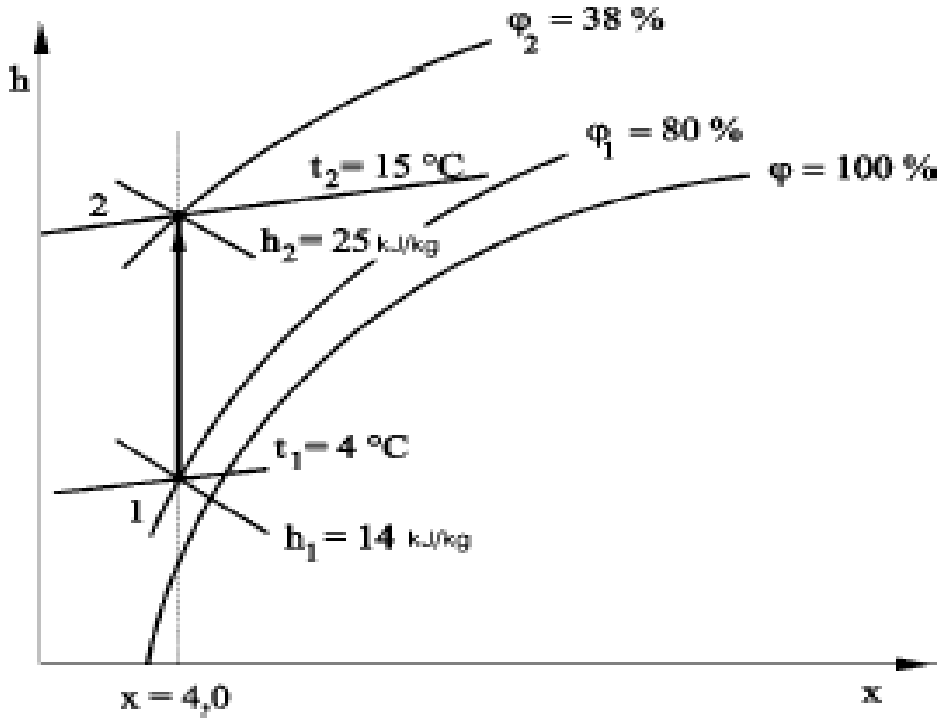

Rys.1

Zasada mieszania strumieni polega na znalezieniu na odcinku łączącym oba punkty, punktu **M** - punktu zmieszania poprzez podzielenie odcinka w proporcji odwrotnej do udziału strumieni składowych.

Wspomnianą zależność można również przedstawić za pomocą zapisu matematycznego w postaci:

$$\frac{a}{b} = \frac{x_2 - x_m}{x_m - x_1} = \frac{h_2 - h_m}{h_m - h_1}$$

Podstawowe przemiany stanu powietrza wilgotnego




Rys.2

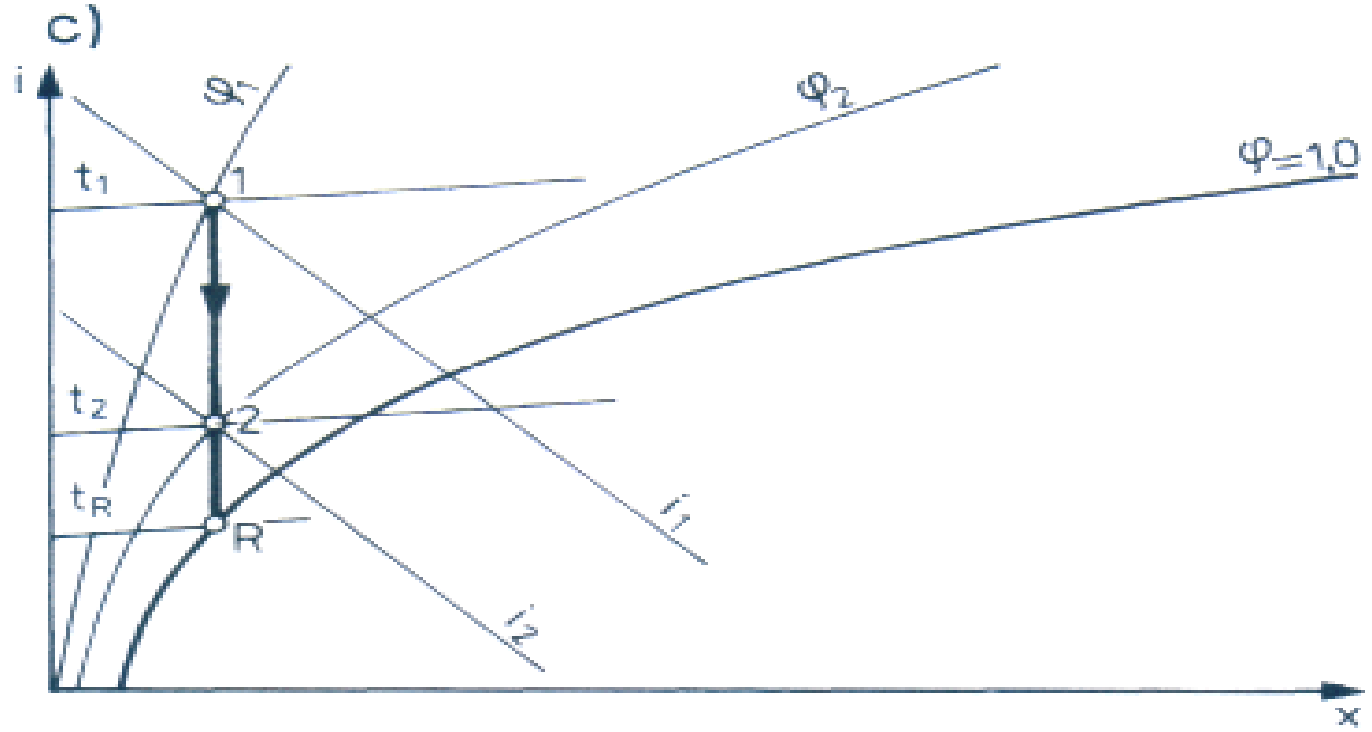
**Ogrzewanie powietrza**

**Ogrzewanie powietrza** odbywa się w warunkach stałej zawartości wilgoci, np. w grzejnikach c.o. lub w nagrzewnicach.

Na wykresie *h-x* zjawisku temu odpowiada linia *x* = const z punktu stanu początkowego *1* do punktu stanu końcowego *2.*

W wyniku podgrzewania powietrza jego temperatura i entalpia właściwa zwiększają się, przy jednoczesnym zmniejszeniu wilgotności względnej.

Podstawowe przemiany stanu powietrza wilgotnego




**Ochładzanie powietrza**

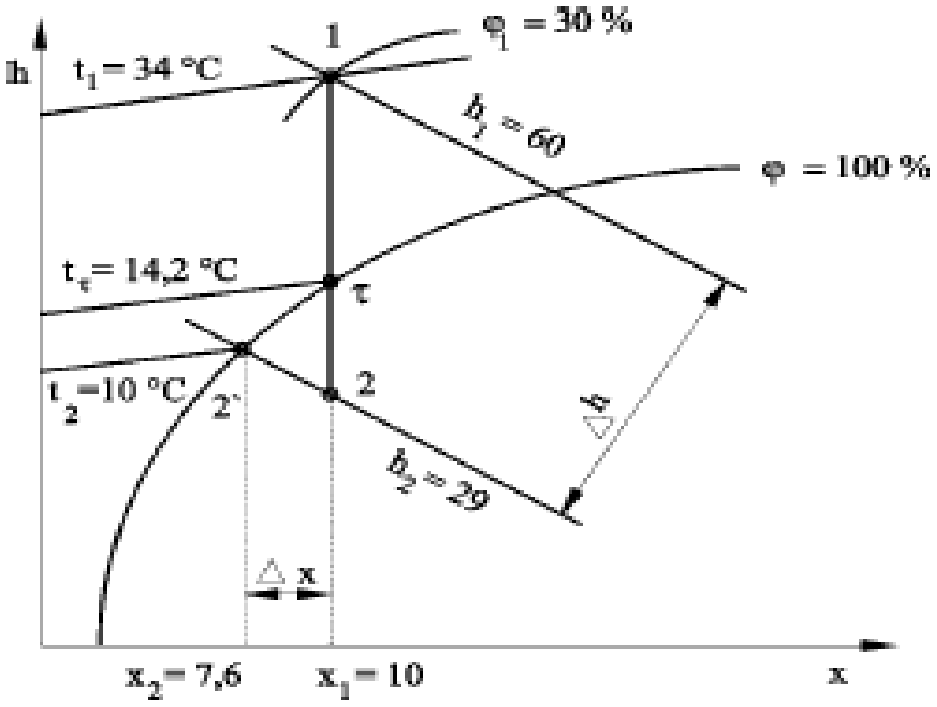
## Przemiany stanu powietrza

Podczas **chłodzenia powietrza**
(np. w chłodnicach powierzchniowych) jego temperatura i entalpia właściwa maleją, a wilgotność względna zwiększa się.

Powietrze może wówczas osiągnąć stan nasycenia - punkt *R*

Punkt ten ma nazwę **punkt rosy,** a odpowiadająca mu temperatura to temperatura punktu rosy.

Chłodzenie i osuszanie powietrza




Rys.3

Chłodzenia i osuszanie powietrza

Schładzanie przebiega początkowo wzdłuż linii x=const. pionowo do dołu, aż do przecięcia z krzywą nasycenia (φ=100%).
Punkt przecięcia τ jest nazywany punktem rosy.

Przy dalszym schładzaniu wykraplająca się para wodna osiada na powierzchni chłodnicy. Pożądany stan 2 leży teoretycznie na linii nasycenia, w rzeczywistości zaś osiągnięcie φ=100% jest trudne.

## Zyski ciepła w pomieszczeniu

Czynniki zmiany stanu powietrza wewnętrznego

- zyski ciepła,
- zyski wilgoci ,
- gazy i pary wydobywającej z różnych źródeł podczas produkcji chemicznej.

**Zyski ciepła**

to wartości wyjściowe do ustalania obciążenia cieplnego pomieszczenia

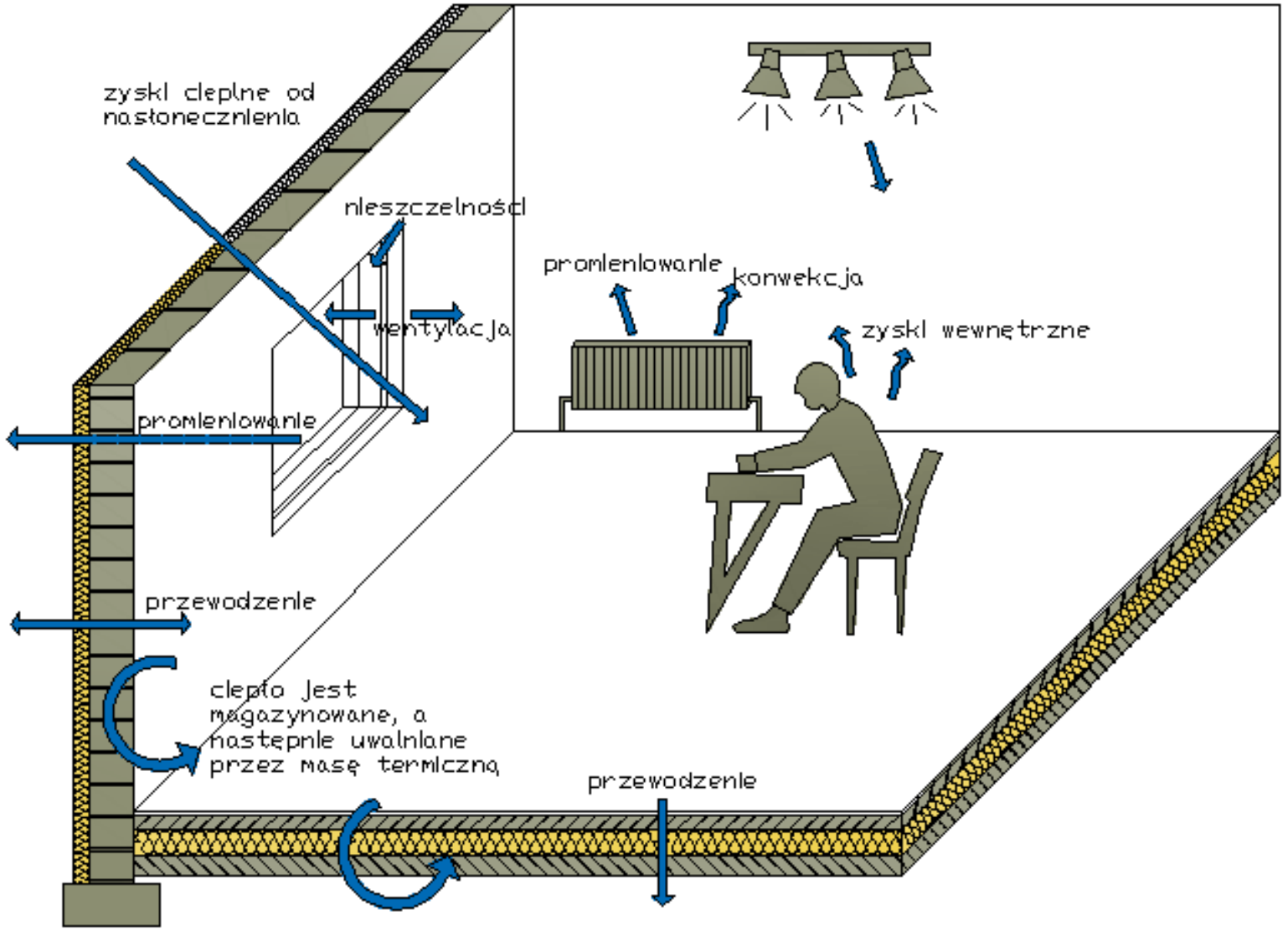
# Zyski ciepła w pomieszczeniu

Obciążenie cieplne rozpatrywanego pomieszczenia składa się z:

- zysków ciepła wewnętrznych,

- zysków ciepła zewnętrznych.

# Zyski ciepła w pomieszczeniu



# Zyski ciepła w pomieszczeniu

**Wewnętrzne zyski ciepła - *Qwew*** *[W]* składają się z ciepła oddawanego :

- przez ludzi - $Q_l$,
- przez silniki i maszyny - $Q_x$,
- przez oświetlenie elektryczne - $Q_a$,
- przez urządzenia i aparaty - $Q_u$.
- z ciepła przenikającego przez przegrody z sąsiednich pomieszczeń - $Q_p$
- infiltracji powietrza - $Q_i$

**Zewnętrzne zyski ciepła - $Q_{zew}$** *[W]* składają się z:

- zysków od nasłonecznienia QN
- zysków lub strat ciepła przenikającego na zewnątrz Qz

## Zyski ciepła i pary wodnej od ludzi

Strumień cieplny (moc cieplna) oddawany przez organizm ludzki składa się z:

- ciepła jawnego - oddawanego w wyniku konwekcji i promieniowania,
- ciepła utajonego - oddawanego na skutek oddychania i parowania ze skóry w postaci pary wodnej.

Temperatura otoczenia wpływa na proporcje ilości ciepła oddawanego jawnie oraz ciepła utajonego.

W obliczeniach zysków ciepła od ludzi bierzemy pod uwagę **ciepło** jawne

## Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego

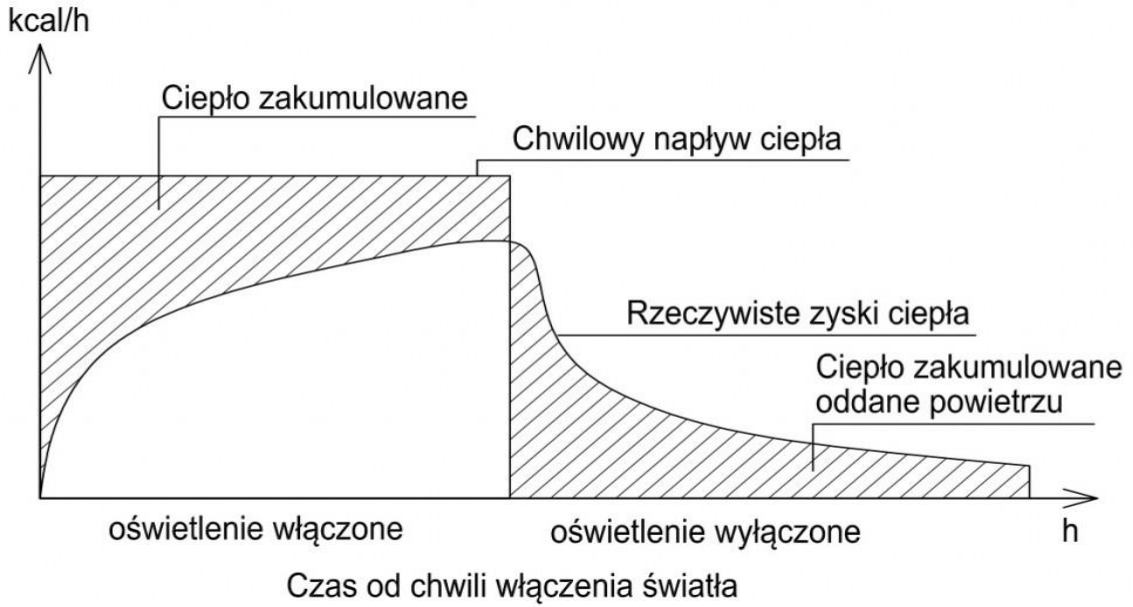
Moc pobierana przez lampy elektryczne jest przekazywana pomieszczeniu w wyniku **konwekcji i promieniowania.**

www.urzadzamy.pl

**Ciepło akumulowane**

to ciepło zgromadzone we wnętrzu przegród ograniczających pomieszczenie i w sprzętach

Przebieg zysków ciepła w pomieszczeniu po włączeniu oświetlenia przy uwzględnieniu akumulacji ciepła.



## Zyski ciepła od ludzi

$$Q_L = \varphi_{jl} \, n \, Q_j \quad [W]$$

$Q_L$ – strumień ciepła jawnego [W]

$\varphi_{jl}$ – współczynnik jednoczesności przebywania ludzi

n – liczba osób przebywających w pomieszczeniu

Qj – strumień cieplny oddawany przez człowieka

| Rodzaj pomieszczenia | $\varphi_{jl}$ |
|---|---|
| Biura | 0,75-0,90 |
| Hotele | 0,40-0,60 |
| Domy towarowe | 0,80-0,90 |
| Przemysłowe | 0,85-0,95 |

## Zyski ciepła w pomieszczeniu

Zyski ciepła od oświetlenia - $Q_o$ obliczymy ze wzoru:

$$Q_o = N[\beta + (1 - \beta)\, k_o]\varphi_{jm}$$

N- zainstalowana moc cieplna [W]

$\beta$- współczynnik określający stosunek ciepła konwekcyjnego przekazywanego powietrzu w pomieszczeniu do całkowitej mocy zainstalowanej,

$k_o$- współczynnik akumulacji,

$\varphi_{jm}$ – współ. jednoczesności korzystania z zainstalowanej mocy.

## Zyski ciepła od nasłonecznienia

Całkowite natężenie promieniowania słonecznego - $q_c$ [W/m$^2$] docierającego do powierzchni przegrody jest sumą:

- promieniowania bezpośredniego - qb

- promieniowania rozproszonego – qr

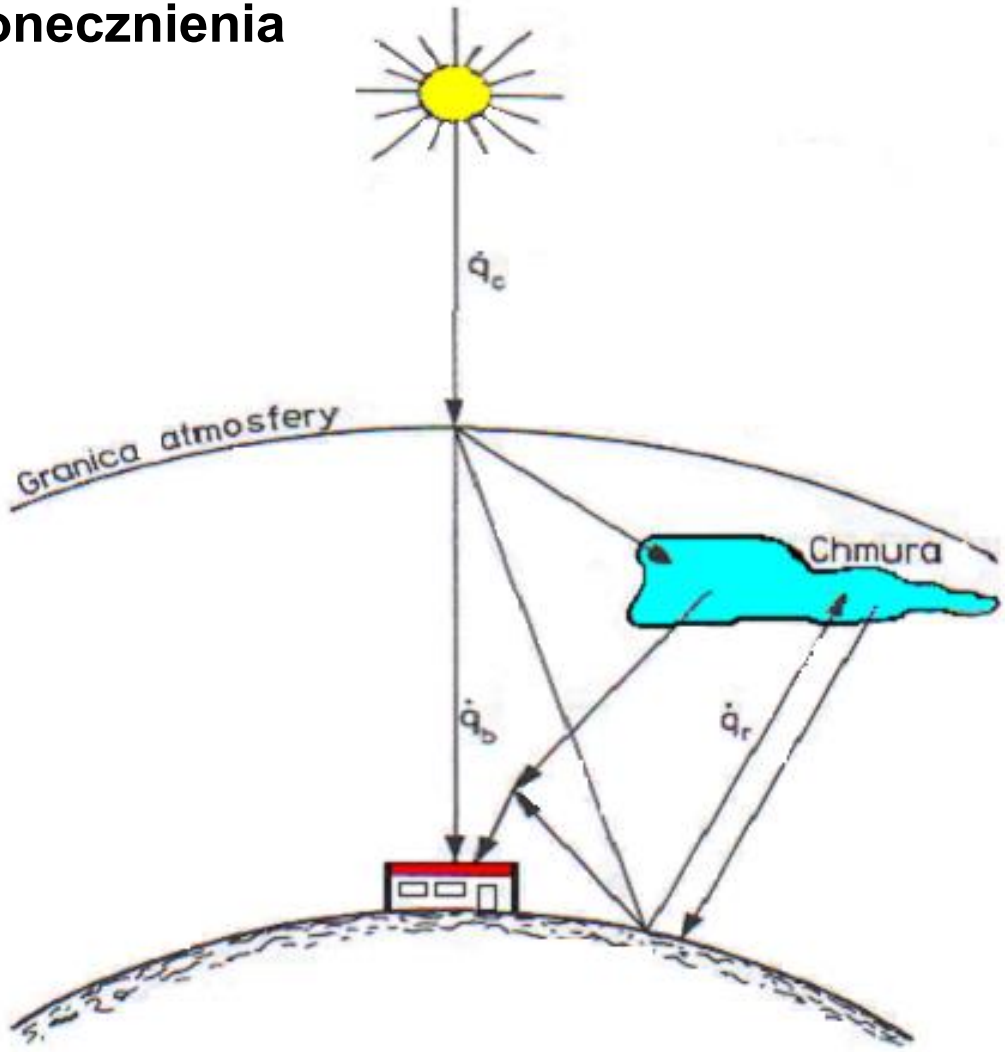
Natężenie promieniowania słonecznego zależy od:

- szerokości geograficznej,

- pory dnia i roku,

- przezroczystości atmosfery.

## Zyski ciepła od nasłonecznienia



## Zyski ciepła od nasłonecznienia

Zyski ciepła przez przegrody nieprzezroczyste w wyniku nasłonecznienia obliczymy ze wzoru:

$$Q_{NN} = A\ q\ [W]$$

A – powierzchnia przegrody bez okien [m2]

Q - gęstość strumienia cieplnego dla danej godziny i przegrody [W/m2]

**Zyski ciepła i pary wodnej w wyniku infiltracji powietrza**

INFILTRACJA - napływ powietrza do pomieszczenia przez nieszczelności przegród budowlanych.

EKSFILTRACJA - odpływ powietrza z pomieszczenia przez nieszczelności przegród budowlanych.

Infiltracja i eksfiltracja zmieniają się pod wpływem :

- różnicy temperatury, a tym samym i gęstości powietrza w pomieszczeniach i powietrza atmosferycznego,

- nadciśnienia wywołanego parciem wiatru na przegrody zewnętrzne.

## Zyski ciepła i pary wodnej w wyniku infiltracji powietrza

Infiltracja to niekontrolowany, przypadkowy przepływ powietrza, przenikanie przez otwory i nieszczelności w przegrodach zewnętrznych budynku - w ścianach, oknach, dachu.

Przegrody budowlane mogą być porowate, mogą w nich występować pęknięcia lub nieszczelności na połączeniach. Ilość powietrza dostającego się w ten sposób do budynku trudno jest kontrolować, co niekorzystnie wpływa na jakość wentylacji.

Nadmierna infiltracja powoduje zaburzenia procesu wentylacji - może zmienić oczekiwany przepływ powietrza i zwiększa straty ciepła zimą.

SZKOŁY PARTNERSKIE VIESMANN

## KOMFORT CIEPLNY

Parametry powietrza:
- temperatura **t**
- wilgotność względna **φ**
- jego prędkość **w**

powinny być tak dobrane, aby zapewnić poczucie komfortu, tzn. aby człowiekowi przebywającemu w pomieszczeniu wyposażonym w instalację wentylacyjną nie było zbyt ciepło i aby nie odczuwał chłodu, inaczej mówiąc – aby odczucie człowieka względem temperatury, wilgotności i prędkości ruchu powietrza było przyjemne.

## KOMFORT CIEPLNY

Wymagania te są spełnione, gdy parametry powietrza w pomieszczeniach przyjmuje się:

latem: **t = 22÷25°C; φ = 30÷60%; w = 0,1÷0,5 m/s**

zimą: **t = 20÷22°C; φ = 40÷70%; w = 0,1÷0,3 m/s**

Wg PN-83/B-03430 (wraz ze zmianą Az3):

latem: **t = 23÷25°C ±1÷1,5°C; φ = 50 ±10%**

zimą: **t = 21÷22°C ±1÷1,5°C; φ = 45 ±10%**

## Komfort cieplny

Gdy wilgotność przekracza 70%, warunki zaczynają sprzyjać powstawaniu grzybów i pleśni, które są szkodliwe dla ludzi i niszczą konstrukcję budynku

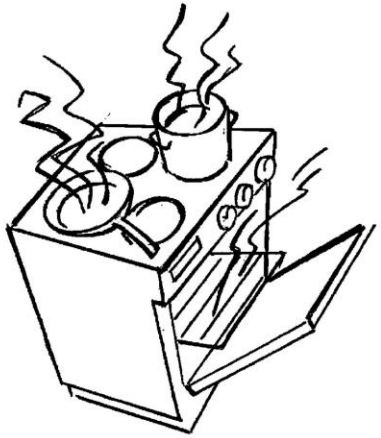
Źródeł wilgoci w mieszkaniu jest bardzo wiele.

Dostaje się ona do pomieszczenia wraz z powietrzem zewnętrznym, powstaje także w wyniku czynności wykonywanych przez domowników. Kąpiele, pranie, gotowanie produkują najwięcej pary wodnej.
Także wszystkie organizmy żywe emitują wilgoć jako produkt metabolizmu.

## Komfort cieplny

Orientacyjna intensywność wydzielania pary wodnej:

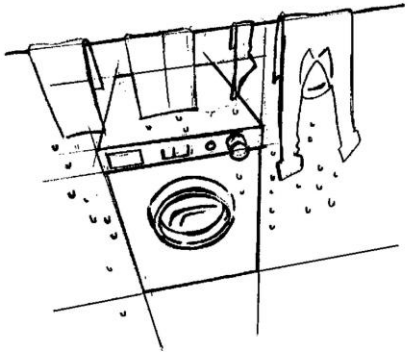
- sen lub odpoczynek 50 g/h
- lekka praca 90 g/h
- ciężka praca 150 g/h
- szybki taniec 340 g/h
- kąpiel w wannie 1000-1100 g/h
- kąpiel pod prysznicem 1500-1700 g/h
- suszenie bielizny (jeden wsad do pralki) 2000 g/h
- gotowanie (jeden posiłek) 1000-2000 g/h



## Komfort cieplny

Zestawienie ilości pary wydzielających się w pomieszczeniu:

- rośliny doniczkowe - ok. 7-15 g/h
- kąpiel w wannie - ok. 1000-1100 g/h
- kąpiel pod prysznicem - ok. 1500-2000 g/h
- gotowanie na jeden posiłek ok. 1000-2000 g/h
- zmywarka naczyń - ok.200 g/zmywanie
- pranie w pralce - ok.200-350 g/pranie
- suszenie bielizny - ok. 2000 g/h
- mieszkańcy - sen - ok. 50 g/h
- prace lekkie - ok. 90 g/h
- prace ciężkie - ok. 340 g/h



# Skutki złej wentylacji

Widoczne skutki złej wentylacji to:

- grzyb i pleśń na nadprożach, ościeżach okiennych, pod parapetem, w narożach pokoi, za meblami,
- zaparowane szyby w oknach,
- skroplona para wodna na chłodnych powierzchniach ścian i przedmiotach,
- nawiew powietrza przez kratki wywiewne w kuchni lub łazience,
- pęcznienie drewnianych mebli i podłóg,

# Skutki złej wentylacji

Niewidoczne skutki złej wentylacji to:

- złe samopoczucie - bóle i zawroty głowy, zmęczenie, podrażnienia błony śluzowej nosa, podrażnienia gardła, podrażnienia skóry, uczulenia, alergie,
- niszczenie konstrukcji budynku - wnikanie wilgoci do ścian i stopniowa ich destrukcja.

Norma PN-83/B-03430

„ Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania”

W dniu 8 lutego 2000 uchwalono zmianę do tej normy

**PN-83/B-03430/Az3:2000.**

Układ wentylacji mieszkań powinien zapewniać co najmniej:

a) doprowadzanie powietrza zewnętrznego do pokojów mieszkalnych oraz kuchni z oknem zewnętrznym;

b) usuwanie zużytego powietrza z kuchni, łazienki, oddzielnego ustępu, ewentualnego pomieszczenia bezokiennego (składzik, garderoba), pokoju oddzielonego od tych pomieszczeń więcej niż dwojgiem drzwi, pokoju znajdującego się na wyższym poziomie w wielopoziomowym budynku jednorodzinnym lub w wielopoziomowym mieszkaniu w budynku wielorodzinnym.

# Wentylacja - przepisy

[www.darco.pl]

## BUDYNKI MIESZKALNE

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego w budynku mieszkalnym powinny wynosić co najmniej :

- w kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchenkę gazową lub węglową - 70 $m^3/h$
- w kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchenkę elektryczną - 30 $m^3/h$ w mieszkaniu do 3 osób, - 50 $m^3/h$ w mieszkaniu dla więcej niż 3 osób
- w kuchni bez okna zewnętrznego wyposażonej w kuchnię elektryczną - 50 $m^3/h$

## BUDYNKI MIESZKALNE

- w łazience ( z WC lub bez) - 50 $m^3/h$
- w wydzielonym WC - 30 $m^3/h$
- w pomocniczym pomieszczeniu bezokiennym - 15 $m^3/h$
- w kuchni bez okna zewnętrznego, wyposażonej w kuchnię gazową, obowiązkowo z mechaniczną wentylacją wywiewną - 70 $m^3/h$
- dla pokoju mieszkalnego oddzielonego od pomieszczeń kuchni, łazienki i WC więcej niż dwojgiem drzwi lub pokoju znajdującego się na wyższym poziomie w wielopoziomowym domu jednorodzinnym lub w wielopoziomowym mieszkaniu domu wielorodzinnego - 30 $m^3/h$

## BUDYNKI MIESZKALNE

W budynku o wysokości do 9 kondygnacji może być stosowana wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna. W budynkach wyższych należy stosować wentylację mechaniczną wywiewną lub nawiewno-wywiewną

## BUDYNKI MIESZKALNE

Dopływ powietrza zewnętrznego do pokojów mieszkalnych oraz kuchni z oknem zewnętrznym powinien być zapewniony w następujący sposób :

a) W przypadku zastosowania okien charakteryzujących się współczynnikiem infiltracji "a" mniejszym niż 0,3 $m^3/(m\ h\ daPa^{2/3})$, przez nawiewniki powietrza o regulowanym stopniu otwarcia usytuowane:
- w górnej części okna (w ościeżnicy, ramie skrzydła, między ramą skrzydła a górną krawędzią szyby zespolonej), lub
- w otworze okiennym (między nadprożem a górną krawędzią ościeżnicy, w obudowie rolety zewnętrznej), albo
- w przegrodzie zewnętrznej ponad oknem.

b) Przez otwory nawiewne wentylacji mechanicznej

## BUDYNKI MIESZKALNE

Łączny strumień objętości powietrza wentylującego w zależności od układu mieszkania może wynosić:

- dla mieszkania typu A - 120m$^3$/h
- dla mieszkania typu B - 150m$^3$/h
- dla mieszkania typu C - 165m$^3$/h

mieszkanie typu A - lokal, gdzie łazienka i WC to jedno pomieszczenie,
mieszkanie typu B - łazienka oraz WC to oddzielne pomieszczenia,
mieszkanie typu C - łazienka i WC jako oddzielne pomieszczenia oraz dodatkowo w tym mieszkaniu znajduje się pomieszczenie gospodarcze.

## BUDYNKI ZAMIESZKANIA ZBIOROWEGO

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego powinien wynosić:

- dla pokojów mieszkalnych - 20 $m^3$/h dla każdego mieszkańca lecz nie mniej niż 1 wymiana na godzinę,
- dla pokojów zbiorowego przebywania ludzi (świetlice, pokoje nauki, jadalnie) - 20 $m^3$/h dla każdej przebywającej osoby,
- dla pokojów klimatyzowanych oraz wentylowanych o nieotwieranych oknach - 30 m3 /h dla każdej osób.

## BUDYNKI UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Strumień objętości powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniach przeznaczonych na stały i czasowy pobyt ludzi powinien wynosić

- 20 $m^3$/h dla każdej przebywającej osoby,
- 30 $m^3$/h dla każdej przebywającej osoby jeżeli dopuszcza się palenie tytoniu,
- 15 $m^3$/h dla każdego dziecka (żłobki i przedszkola).

# WENTYLACJA NATURALNA

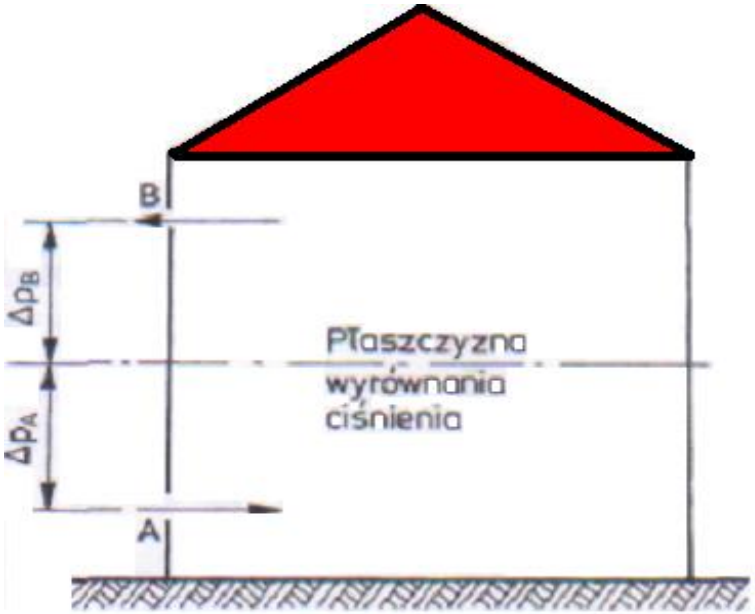
**W wentylacji naturalnej** wymiana powietrza w pomieszczeniu jest powodowana ruchem powietrza wskutek działania wiatru, sił grawitacji lub obu tych zjawisk łącznie.

Zasada dobrej wentylacji budynku zakłada napływ powietrza do pomieszczeń najmniej zanieczyszczonych, do pokoi, a następnie przepływ do kratek wywiewnych w pomieszczeniach o większym stężeniu zanieczyszczeń - kuchni, łazienek, toalet i pomieszczeń bezokiennych.

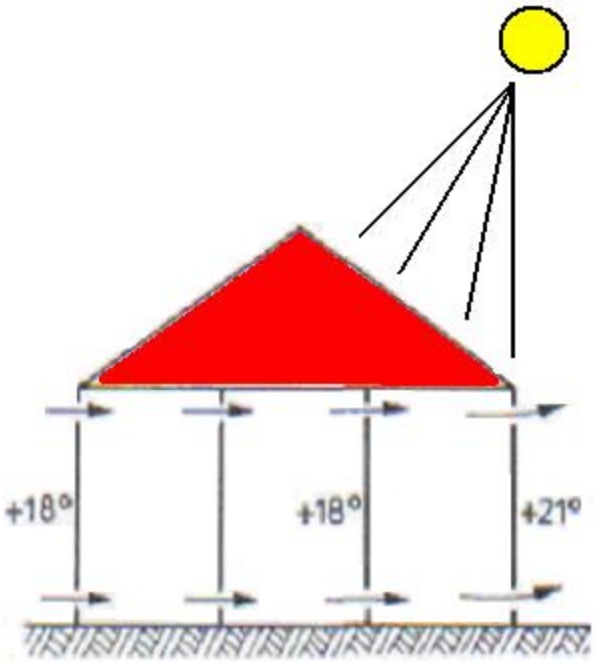
# Wentylacja naturalna

Podstawowym zadaniem systemu wentylacji jest wymiana powietrza w budynku. Jej skuteczność zależy od:

- właściwego doprowadzenia świeżego powietrza do budynku z zewnątrz,
- zapewnienia odpowiedniego przepływu pomiędzy pomieszczeniami,
- sprawnego usunięcia powietrza zanieczyszczonego.

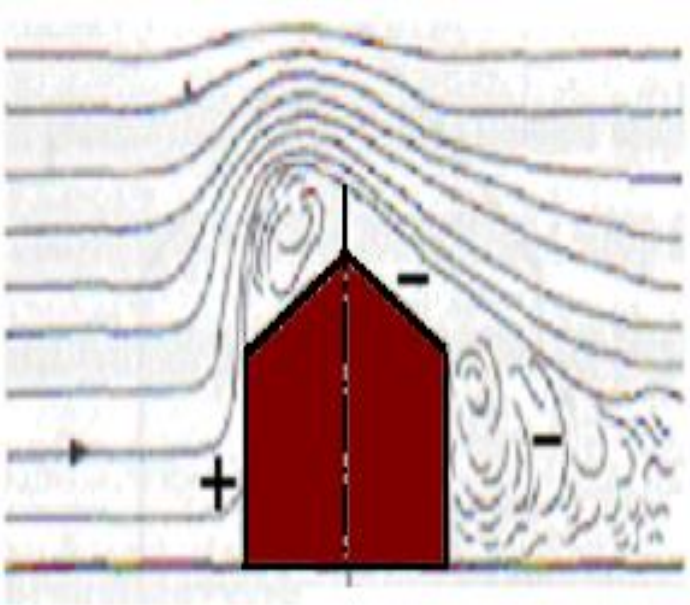


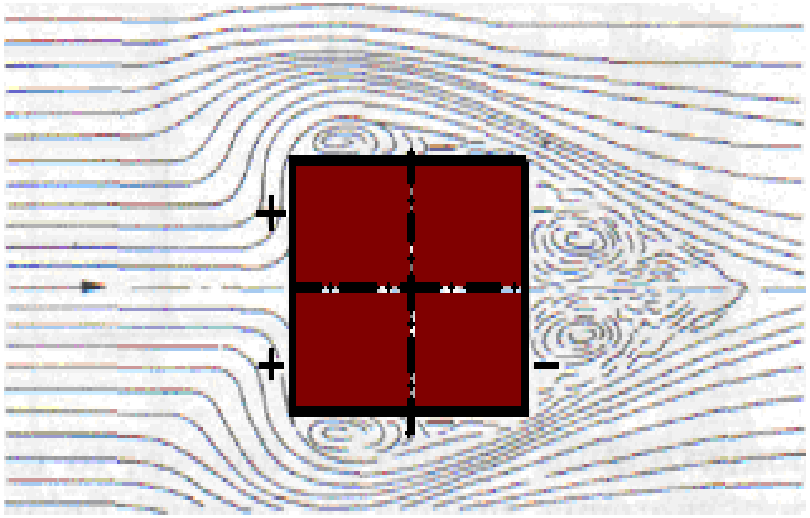

Schemat naturalnego ruchu powietrza w pomieszczeniu wywołanego różnicą temperatury powietrza wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia




Schemat naturalnego przepływu powietrza przez budynek w wyniku różnicy temperatury powietrza przy przeciwległych ścianach

Wpływ wiatru na rozkład ciśnienia przy ścianach budynku




+ nadciśnienie - podciśnienie

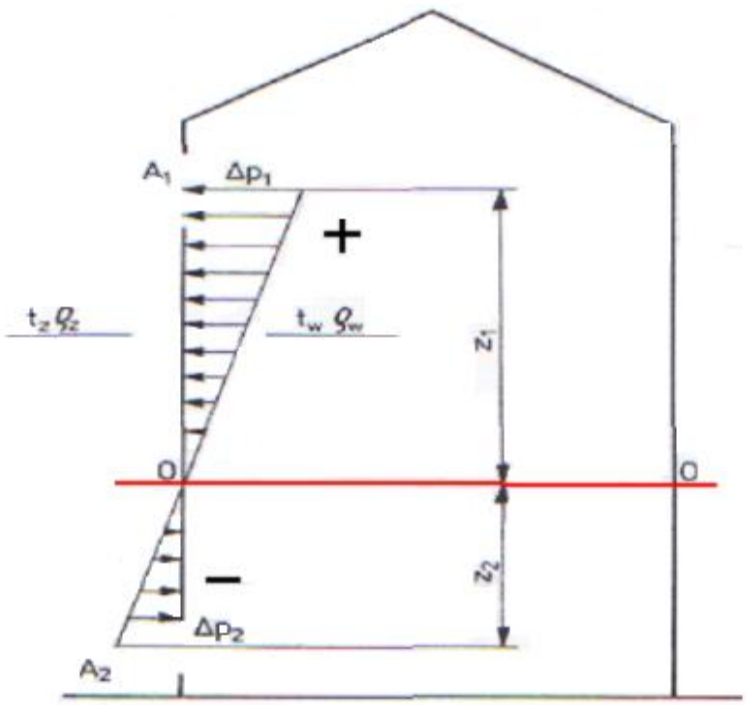
W wyniku działania wiatru powstają strefy nadciśnienia i podciśnienia przy ścianach zewnętrznych budynku.

Przy powierzchni ściany nawietrznej, po stronie napływu wiatru powstaje nadciśnienie. Następuje tam zmiana energii kinetycznej wiatru na energię ciśnienia statycznego, co powoduje ruch powietrza do wnętrza budynku. Wytworzone przy innych ścianach budynku podciśnienie sprzyja wysysaniu powietrza z jego wnętrza.

Działanie wiatru na budynek powodujące nawiewanie do kanałów wentylacyjnych i odwracanie ciągu.

Należy wykorzystać siłę wiatru poprzez zamocowanie wywietrznika grawitacyjnego. Urządzenie to, dzięki swej budowie wytwarza podciśnienie wspomagające ciąg grawitacyjny w kanale wentylacyjnym. W przypadku naporu wiatru, żaluzje wywietrznika wykorzystują jego siłę do wytworzenia jeszcze bardziej skutecznego podciśnienia.

Rozkład ciśnienia wywołany różnicą temperatury




w górnej części pomieszczenia wytworzy się nadciśnienie (powietrze będzie uchodziło z pomieszczenia),

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \frac{\rho_z}{\rho_w}$$

w dolnej – podciśnienie - powietrze będzie napływało do pomieszczenia z zewnątrz

Na pomieszczenie to nie działa wiatr, a temperatura powietrza wewnętrznego jest wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego *($t_w > t_z$).*

W płaszczyźnie poziomej 0-0 położonej między otworami występuje równowaga ciśnienia panującego po obu stronach ściany - płaszczyzna neutralna – płaszczyzna wyrównania ciśnienia

Przyrost ciśnienia na dowolnej wysokości od płaszczyzny neutralnej można określić zgodnie z zależnością

$$p = h\,(\rho_z - \rho_w)\,g \quad [Pa]$$

$h$ - odległość od płaszczyzny neutralnej [m],

$\rho_z$ - gęstość powietrza zewnętrznego [kg/m$^3$],

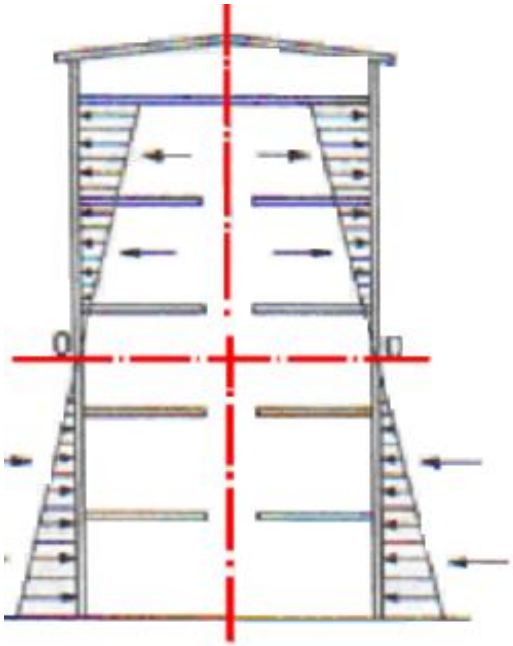
$\rho_w$ - gęstość powietrza wewnętrznego [kg/m$^3$],

$g$ - przyspieszenie ziemskie [m/s$^2$].

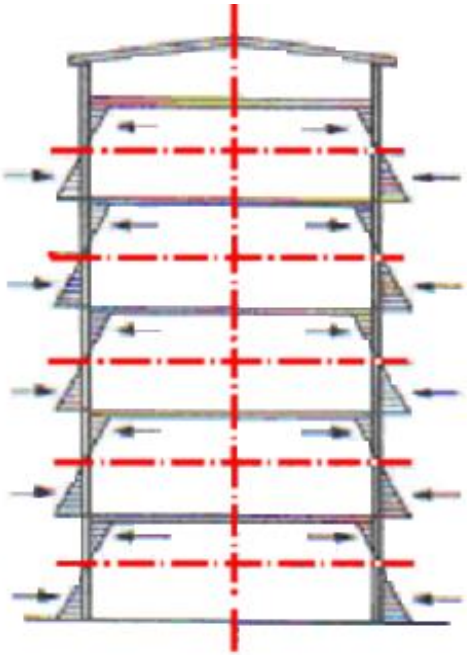
W budynkach 1-kondygnacyjnych płaszczyzna wyrównania ciśnienia ustala się zazwyczaj w połowie wysokości budynku, gdy drzwi zewnętrzne i strop są szczelne.

Nieszczelność drzwi zewnętrznych jest przyczyną obniżenia tej płaszczyzny.

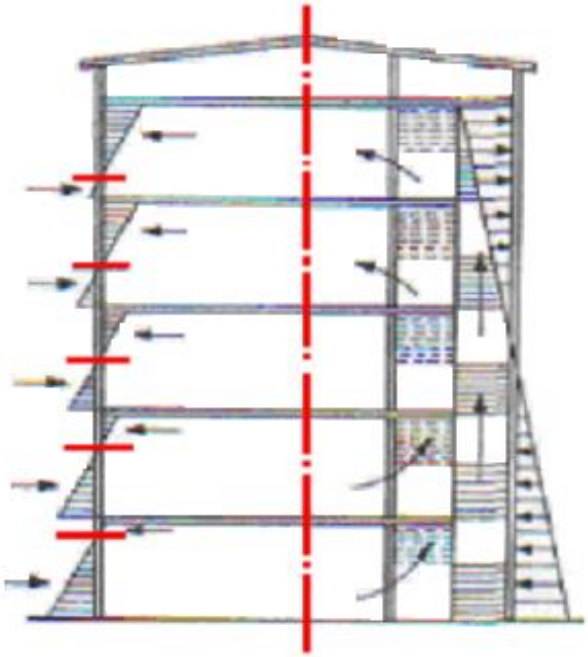
# Rozkład ciśnienia wzdłuż ścian zewnętrznych budynków wielopiętrowych



przy swobodnym przenikaniu powietrza z piętra na piętro



przy stropach nieprzepuszczalnych

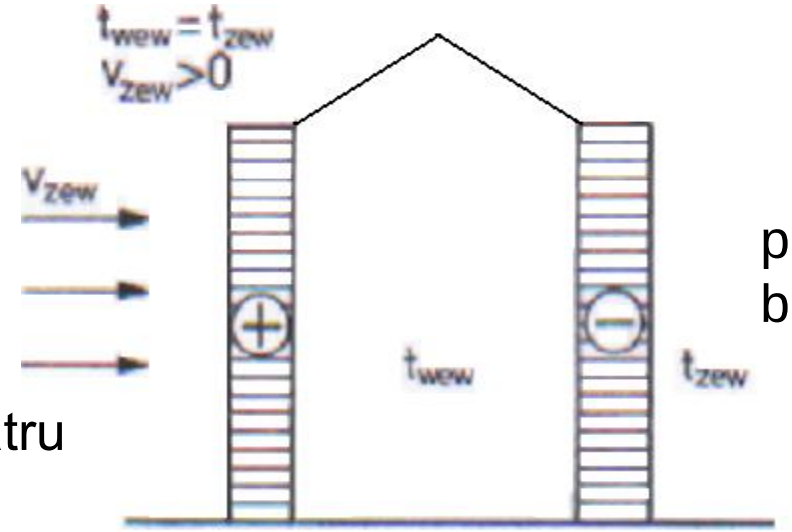


przy występujących nieszczelnościach

## Rozkład ciśnienia wywołany działaniem wiatru

Wartość ciśnienia działającego na przegrody budowlane zależy od:
- prędkości wiatru,
- jego kierunku,
- geometrii zewnętrznej budynku,
- porowatość przegród, wielkość szczelin i otworów.

Budynek wolnostojący poziomy ruch wiatru, $t_i = t_e$

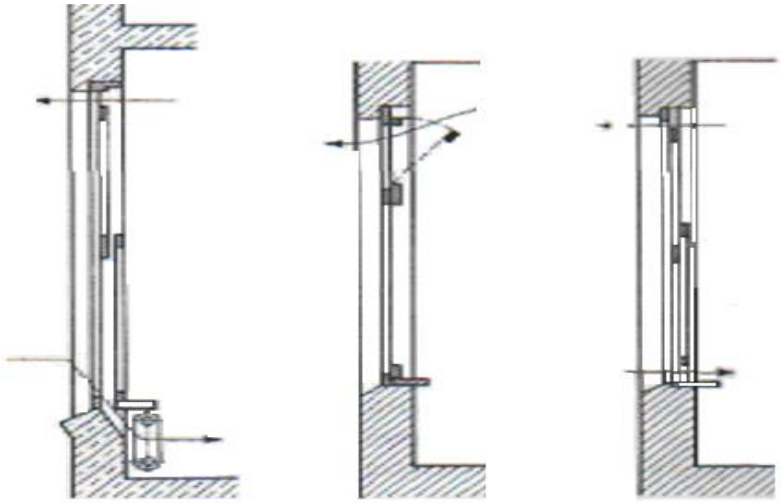



po stronie przeciwnej budynku - podciśnienie

po stronie napływu wiatru powstaje nadciśnienie

## PRZEWIETRZANIE

Przewietrzanie polega na wymianie powietrza wywołanej okresowym otwieraniem okien lub innych otworów w przegrodach pomieszczeń. Jeżeli temperatura powietrza zewnętrznego jest niższa od temperatury powietrza wewnątrz pomieszczenia, nawet podczas bezwietrznej pogody - powietrze zewnętrzne dopływa przez dolną część otworu, a powietrze wewnętrzne odpływa na zewnątrz górą.



## AERACJA

**Aeracja** jest to zorganizowana wymiana powietrza w pomieszczeniu uzyskana dzięki różnicy ciśnienia powietrza na zewnątrz i wewnątrz, powstającej w wyniku różnicy temperatury i działania wiatru. Aerację najczęściej stosuje się w zakładach przemysłowych do odprowadzania nadmiernych zysków ciepła jawnego oraz części gazów i pyłów.

Otwory doprowadzające powietrze sytuuje się w 2 poziomach:

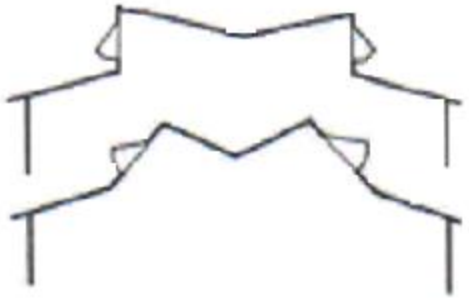
- używane w lecie - na wysokości strefy pracy, poniżej 2 m,
- używane w zimie i w okresie przejściowym – na wysokości 5 - 7 m od podłogi.

Zapewnia się ogrzanie zimnego powietrza zewnętrznego (zmieszanie z powietrzem wewnętrznym) przed jego dopłynięciem do strefy pracy.

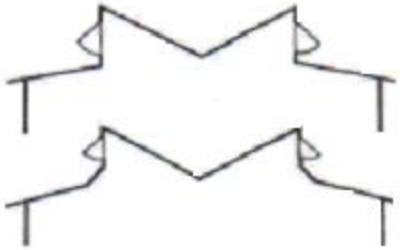
## AERACJA

Otwory wywiewne, umieszcza się w świetlikach o odpowiedniej budowie lub rzadziej stanowią je wywietrzniki dachowe. Otwory wywiewne trzeba zaopatrzyć w przepustnice żaluzjowe do regulacji strumienia objętości usuwanego powietrza.

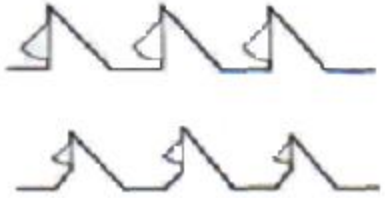
TRAPEZOWY



W KSZTAŁCIE A



TYPU BUALE



PILASTY

## AERACJA

Na poprawność działania aeracji mają wpływ:

- rozmieszczenie, wymiary i konstrukcja otworów nawiewnych i wywiewnych,

- usytuowanie poszczególnych urządzeń będących źródłem ciepła właściwie skoordynowane z konstrukcją i ukształtowaniem budynku (liczba naw, forma i profil dachu).

## HIGROSTEROWANIE

**Higrosterowanie** - to uzależnienie przepływu powietrza przez elementy wentylacji od wartości wilgotności względnej wewnątrz pomieszczenia.

Nawiewniki i kratki higrosterowane, bez użycia elektroniki dostosowują ilość przepływającego powietrza do rzeczywistych potrzeb.

Czujnik higroskopijny zamontowany w elementach systemu mierzy nieprzerwanie poziom wilgotności względnej w pomieszczeniach i steruje ilościami przepływającego powietrza.

Dokonuje się to samoczynnie, niezawodnie, z oszczędnością energii, bez hałasu i bez ingerencji użytkowników oraz z gwarancją optymalnych warunków higienicznych.

## WENTYLACJA GRAWITACYJNA

Wentylacja grawitacyjna  wywiewna realizowana jest za pomocą kanału wyprowadzonego ponad poziom dachu.

Przewody kominowe do wentylacji grawitacyjnej powinny mieć powierzchnię przekroju co najmniej 0,016 $m^2$ oraz najmniejszy wymiar przekroju co najmniej 0,1 m.

Przewody kominowe powinny być wyprowadzone ponad dach na wysokość zabezpieczającą przed niedopuszczalnym zakłóceniem ciągu.

## WENTYLACJA GRAWITACYJNA

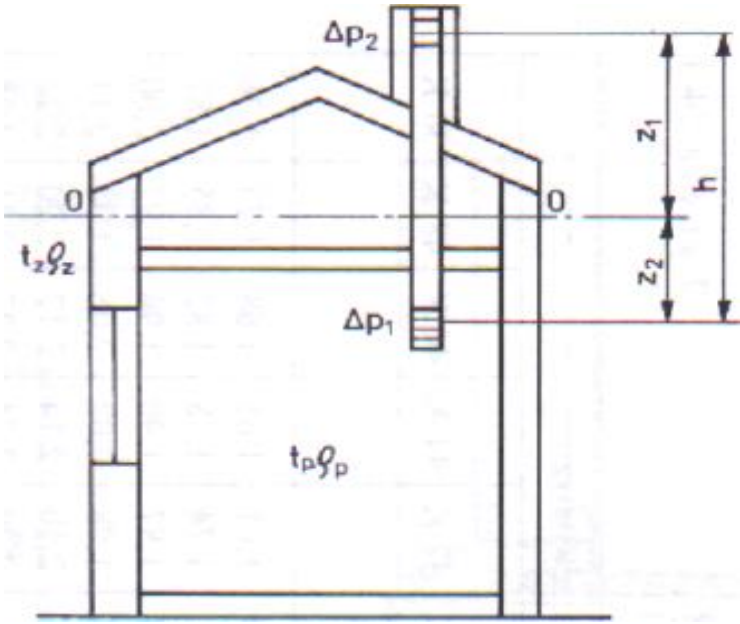
Całkowita różnica ciśnienia panująca u wlotu i wylotu kanału wywiewnego

$\Delta p = \Delta p_1 - (-\Delta p_2) = \Delta p_1 + \Delta p_2$ *[Pa]*

$\Delta p_1 = z_1 (\rho_z - \rho_w) g$ [Pa]

$\Delta p_2 = z_2 (\rho_z - \rho_w) g$ [Pa]

$\Delta p = (z_1 + z_2)(\rho_z - \rho_w) g$ [Pa]




Uwzględniając, że $z_1 + z_2 = h$ [m] otrzymuje się

$$\Delta p = h(\rho_z - \rho_w) g \quad [Pa]$$

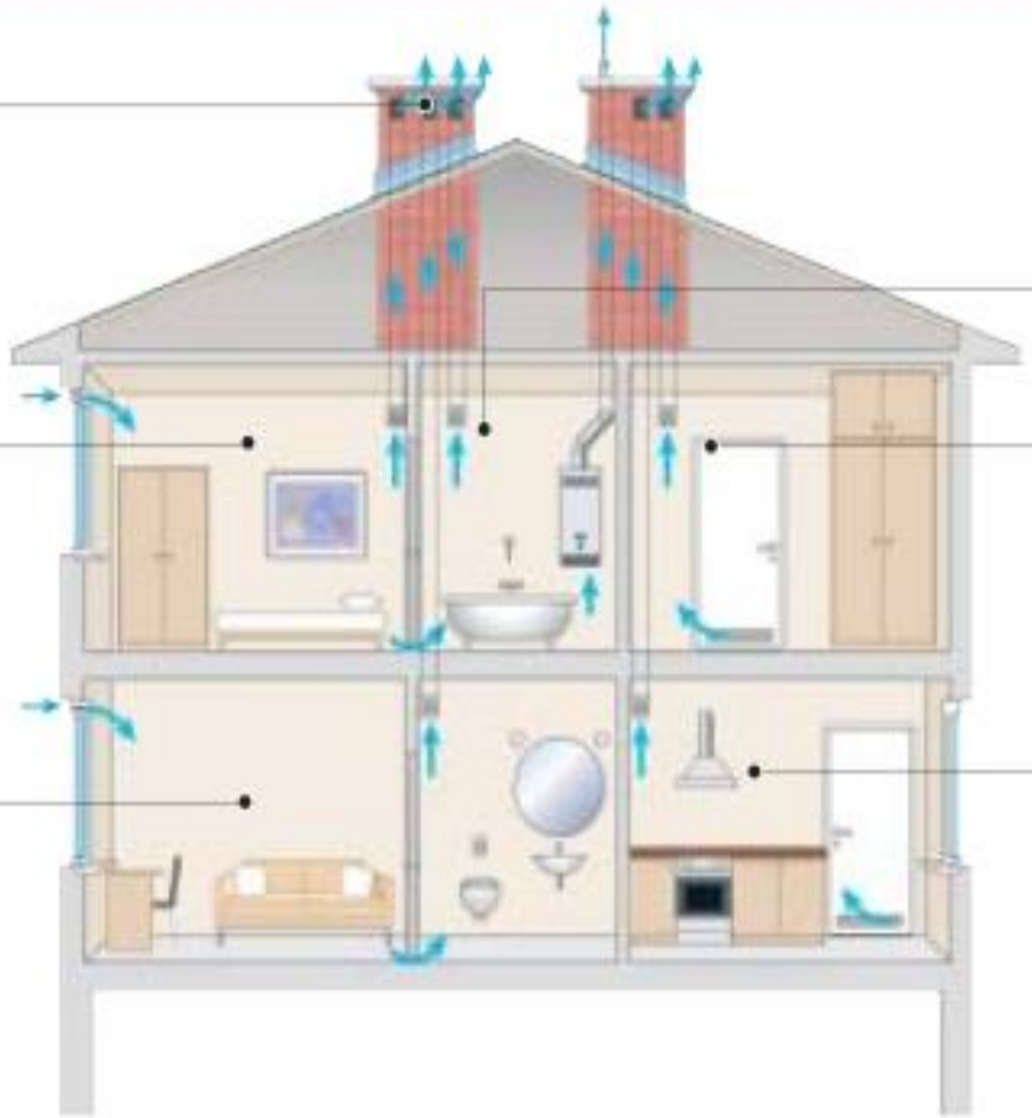
*h* - wysokość kanału wywiewnego [m],

$\rho_z$ - gęstość powietrza zewnętrznego [kg/m$^3$],

$\rho_w$ - gęstość powietrza wewnętrznego [kg/m$^3$],

*g* - przyspieszenie ziemskie [m/s$^2$].

# JAK DZIAŁA WENTYLACJA NATURALNA



**Kanały wentylacyjne**
(zakryte od góry i z otworami „na przestrzał") wyprowadzone wysoko ponad połać dachu

**Pokój**
**Nawiew** przez nawiewnik okienny.
**Wywiew** do kanału wentylacyjnego

**Salon**
**Nawiew** przez nawiewnik okienny.
**Wywiew** przez podcięcie w drzwiach do łazienki

**Łazienka**
**Nawiew** z pokoi, przez kratki lub otwory w drzwiach.
**Wywiew** do kanału wentylacyjnego

**Garderoba (bez okna)**
**Nawiew** z pokoi przez kratki lub otwory w drzwiach.
**Wywiew** do kanału wentylacyjnego

**Kuchnia**
**Nawiew** z pokoi.
**Wywiew** do kanału wentylacyjnego.
**Pochłaniacz** z filtrem zamiast wyciągu kuchennego.

Obieg powietrza w domu z poprawnie działającą wentylacją naturalną

# WENTYLACJA MECHANICZNA

Podział wentylacji mechanicznej ze względu na sposób dostarczania i odbierania powietrza do pomieszczenia:

- nawiewna
- wywiewna
- nawiewno - wywiewna

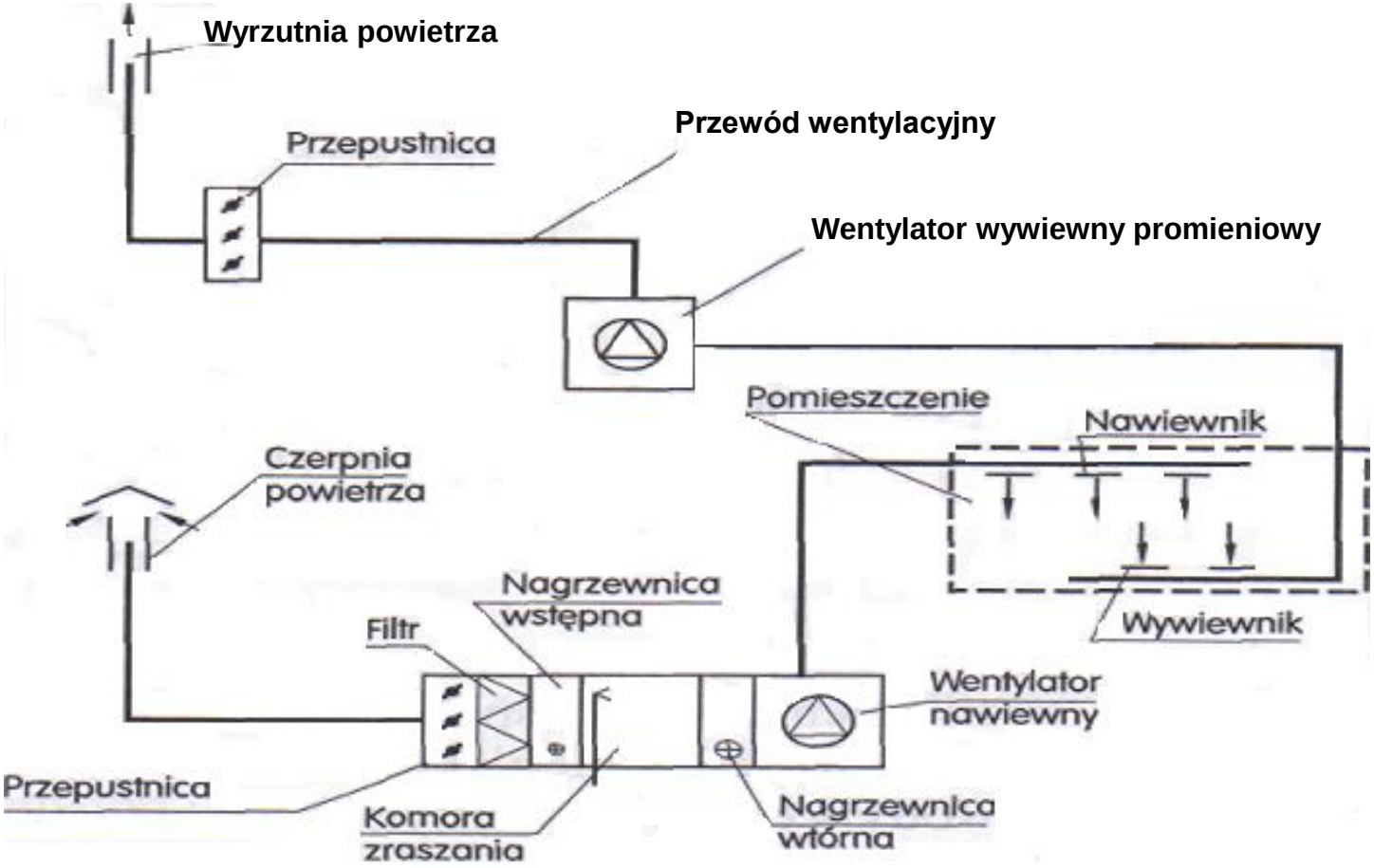
WENTYLACJA MECHANICZNA

W wentylacji nawiewno – wywiewnej:

- zespół elementów zamontowanych w części nawiewnej to **zespół nawiewny**,

- zespół urządzeń zamontowanych w części wywiewnej to **zespół wywiewny**.

# WENTYLACJA MECHANICZNA



## WENTYLACJA MECHANICZNA

**Zespół nawiewny** składa się z:

- czerpni powietrza,
- filtra powietrza,
- nagrzewnicy,
- wentylatora,
- nawiewników,
- przewodów wentylacyjnych,

**Zespół wywiewny** składa się z:

- wywiewników,
- przewodów wentylacyjnych,
- wentylatora,
- wyrzutni powietrza

ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNYCH

Elementy prowadzące powietrze;

- przewody wentylacyjne,
- kształtki.

Elementy kończące układy wentylacyjne;

- czerpnie powietrza,
- wyrzutnie powietrza,
- kratki wentylacyjne: nawiewniki i wywiewniki.

ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNYCH

Urządzenia do oczyszczania powietrza:

- komory kurzowe,
- filtry powietrza,

Urządzenia do podgrzewania lub chłodzenia:

- nagrzewnice,
- chłodnice.

# ELEMENTY INSTALACJI WENTYLACYJNYCH

Urządzenia regulacyjne;

- przepustnice,
- zasuwy,
- kryzy,
- żaluzje.

Dziękuję za uwagę

Zapraszam na kolejny wykład