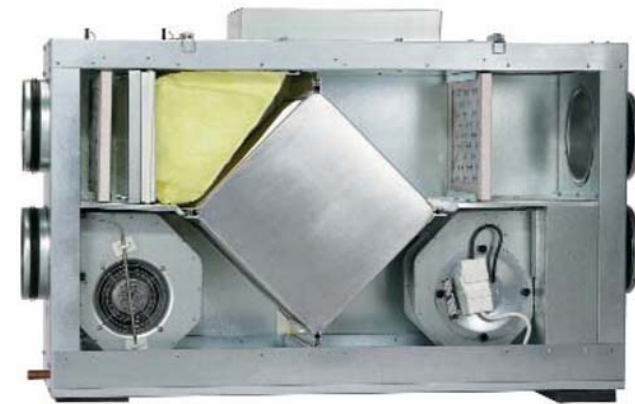


Doc. Ing. Zuzana Vranayová, PhD.

VETRANIE A KLIMATIZÁCIA

(12. prednáška)



Obsah

Fyzikálne vlastnosti vzduchu. Vlhký vzduch.

Stanovenie tepelných ziskov budov. Výpočet potrebného prietoku vzduchu vetranou a klimatizovanou miestnosťou.

Moliérov diagram. Základné stavové zmeny vlhkého vzduchu.

Systemy vetrania. Prirodzené vetranie a nútené vetranie.

Systemy klimatizácie. Nízkotlaková klimatizácia.

Vodné a kombinované systémy klimatizácie.

Úvod

- umelo uzatvorené priestory - požiadavka na vetranie = **náhrada znehodnoteného vzduchu vonkajším.**
- starovek - Kórea, Čína - teplovzdušné vykurovacie, resp. vetracie zariadenia
- Malá Ázia, Mezopotámia - chladiace zariadenia
- Prudký rozvoj v XIX., XX. st. pre priemysel



- požiadavky na vnútorné prostredie -
tepelná pohoda.
- zložky vnútorného prostredia
- Agensy (plyny, pary, ódery, aerosóly, mikróby..)
- Intenzita výmeny vzduchu s trvalým pobytom osôb (min 0,5xh)
- Rýchlosť prúdenia vzduchu - kde sa nevykonáva fyz. činnosť: 0,15 m/s leto, 0,20 zima

Vzduch vo vnútornom prostredí

- Zmes plynov a nečistôt
- Suchý vzduch - zmes plynov, najviac N_2, O_2, O_3
- Hustota (hmotnosť) $1,2 \text{ kg/m}^3$
- Tlak $101\,326 \text{ Pa}$ (10^5 Pa)

Relatívna vlhkosť vzduchu φ (%)

- množstvo vodnej pary obsiahnutej vo vzduchu:

$$\varphi = 100 \cdot (p_d / p_{d''}) = 100 \cdot (\rho_d / \rho_{d''}) \quad (\%)$$

p_d - parciálny tlak vodných pár vo vzduchu

$p_{d''}$ - parciálny tlak nenasýteného vzduchu

ρ_d - hustota vodných pár vo vzduchu

$\rho_{d''}$ - hustota nenasýteného vzduchu.

Špecifická vlhkosť vzduchu x

- množstvo vodnej pary obsiahnutej v 1 kg suchého vzduchu:

$$x = M_d / M_v \quad (\text{kg})$$

M_d - hmotnosť vodnej pary

M_v - hmotnosť vzduchu

Úloha systémov **vetrania** budov - dopraviť čerstvý vzduch do vnútorného obývaného priestoru namiesto znehodnoteného.

Delenie vzduchotechnických zariadení (podľa funkcií termodynamickej úpravy vzduchu):

- ✓ Vetracie zariadenia (jednoduchého typu);
- ✓ Vetracie zariadenia s prídavnou úpravou vzduchu (čiastočne klimatizačné);
- ✓ Klimatizačné zariadenia.

Ak má systém okrem zásobovania potrebným množstvom čerstvého vzduchu prídavnú funkciu - **klimatizácia**.

Prídavné funkcie:

- ✓ Chladenie vzduchu
- ✓ Ohrievanie vzduchu
- ✓ Zvlhčovanie
- ✓ Odvlhčovanie

Do oblasti vzduchotechnických zariadení ešte patria špeciálne zariadenia:

- ✓ Priemyselné odsávanie;
- ✓ Vzduchové vrátové clony;
- ✓ Zariadenia na čistý vzduch (pre čisté priestory);
- ✓ Zariadenia pre skúšobné klimatizačné komory;
- ✓ Odhmlievacie zariadenia.

Vzduchotechnické zariadenia podľa formy privádzanej energie:

- ✓ Čisté vzduchové systémy;
- ✓ Kombinované systémy vzduch - voda;
- ✓ Vodné systémy;
- ✓ Systémy chladiacich stropov.

Vetracie systémy I

Poslanie - odvádzať škodliviny

Základný parameter - objemový prietok vetracieho vzduchu miestnosťou.

Určuje sa :

- ✓ Z toku škodlivín $M_{\check{s}}$ (g/s) do vnútorného prostredia

$$V = \frac{M_{\check{s}}}{k_o - k_p}$$

- V (m^3/s)

- k_o, k_p - koncentrácia škodlivín v odvádzanom/privádzanom vzduchu (g/m^3)

Vetracie systémy II

- ✓ Z toku vodnej pary do vnútorného prostredia

$$V = \frac{M_d}{x_o - x_p}$$

- V (m^3/s)

- x_o, x_p - merná vlhkosť odvádzaného/privádzaného vzduchu (g/kg)

- M_d - tok vodných pár do vnútorného prostredia (g/s)

Vetracie systémy III

- ✓ Z dávky čerstvého vzduchu na osobu

$$V = D \cdot i$$

- V (m^3/h)
- i - počet osôb v miestnosti
- D - dávka čerstvého vzduchu na osobu ($\text{m}^3/\text{h.o}$)

Dávky čerstvého vzduchu:

- divadlá, koncertné sály, kiná, čítárne, veľtržné haly, predajne, múzeá, telocvične - 20 m³/h na osobu,
- samostatné kancelárie, jedálne, konferenčné miestnosti, triedy, posluchárne - 30 m³/h na osobu,
- reštaurácie - 40 m³/h na osobu,
- veľkopriestorové kancelárie - 50 m³/h na osobu.

Pri vonkajšej teplote pod 0 °C alebo nad + 26 °C ich možno znižovať na 50 % (úspora),

Napr. pri cigaretovom dyme zvýšiť o 20 m³/h na osobu.

Vetracie systémy IV

- ✓ Z intenzity výmeny vzduchu v miestnosti

$$V = n \cdot V_m$$

- V (m^3/h)
- n - intenzita výmeny vzduchu v miestnosti (x/h)
- V_m - vnútorný objem miestnosti (m^3)

Výmena vzduchu

- privádzané množstvo vzduchu za hodinu v dôsledku kompenzácie tepelnej zát'aže,
- nevyhnutné množstvo vzduchu na dosiahnutie hygienických pomerov v miestnosti,
- množstvo privádzaného vzduchu na základe technologických dôvodov.

Príklady:

jedálne 6≈8x; kancelárie 3≈6x; kúpeľne, obchodné domy 4≈6x; práčovne 10≈15x; šatne 3≈6x.

Tepelná zát'až

- ✓ Tepelné zisky z vonkajšieho prostredia:
 - prechod tepla konvekciou,
 - prechod tepla cez priesvitné kcie slnečným sálaním,
 - cez nepriesvitné kcie,
 - vetraním.

Tepelná zát'až

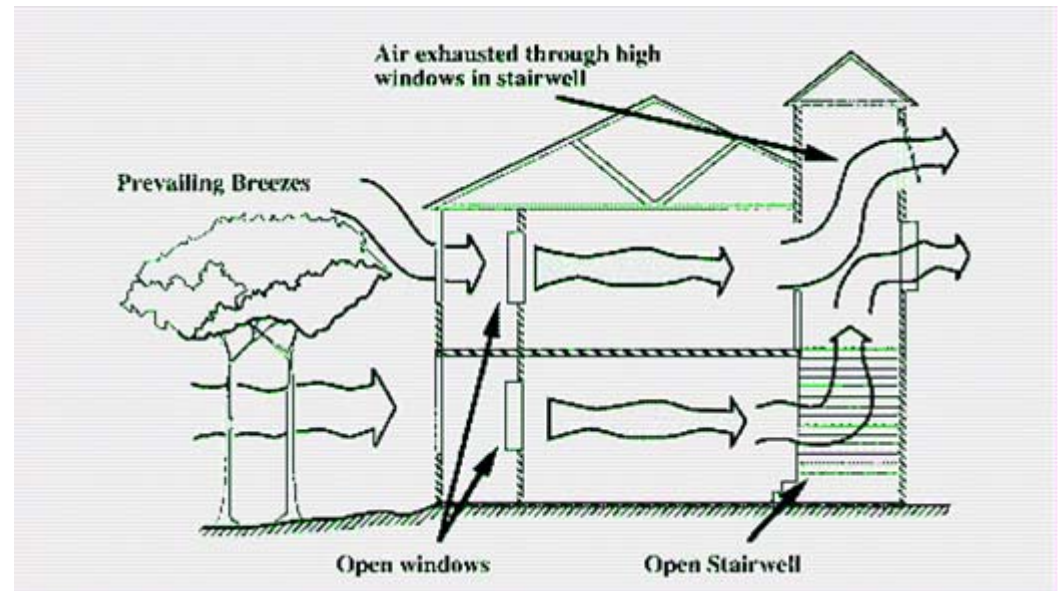
✓ Tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla od:

- ľudí,
- svietidiel,
- elektromotorov,
- elektronických zariadení,
- ventilátorov,
- teplých jedál,
- teplých povrchov,
- prepravovaného materiálu.

Vetranie

podľa pôvodu síl, resp. tlakového rozdielu, kt. spôsobujú prúdenie vzduchu, môže byť:

- PRIRODZENÉ
- NÚTENÉ.



Prirodzené vetranie

- tlakový rozdiel nutný k zabezpečeniu obehu vzniká vo vertikálnej rovine - vplyvom rozdielnych hustôt vzduchu pri rozdielnych teplotách vnútorného a vonkajšieho vzduchu a vplyvom dynamických účinkov vetra.

$$\Delta p = \Delta p_{\Theta} + \Delta p_v$$

- Δp_{Θ} - tlakový rozdiel vplyvom rozdielnych teplôt θ_{ai} a θ_{ae} (Pa)
- Δp_v - tlakový rozdiel vplyvom dynamických účinkov vetra v_a (Pa)

Prirodzené vetranie

$$\Delta p_{\ominus} = h \cdot g (\rho_{ae} - \rho_{ai})$$

- h - výškový rozdiel (m)
- g - gravitačné zrýchlenie (m/s^2)
- ρ_{ae}, ρ_{ai} - hustota interiérového/exteriérového vzduchu (kg/m^3)

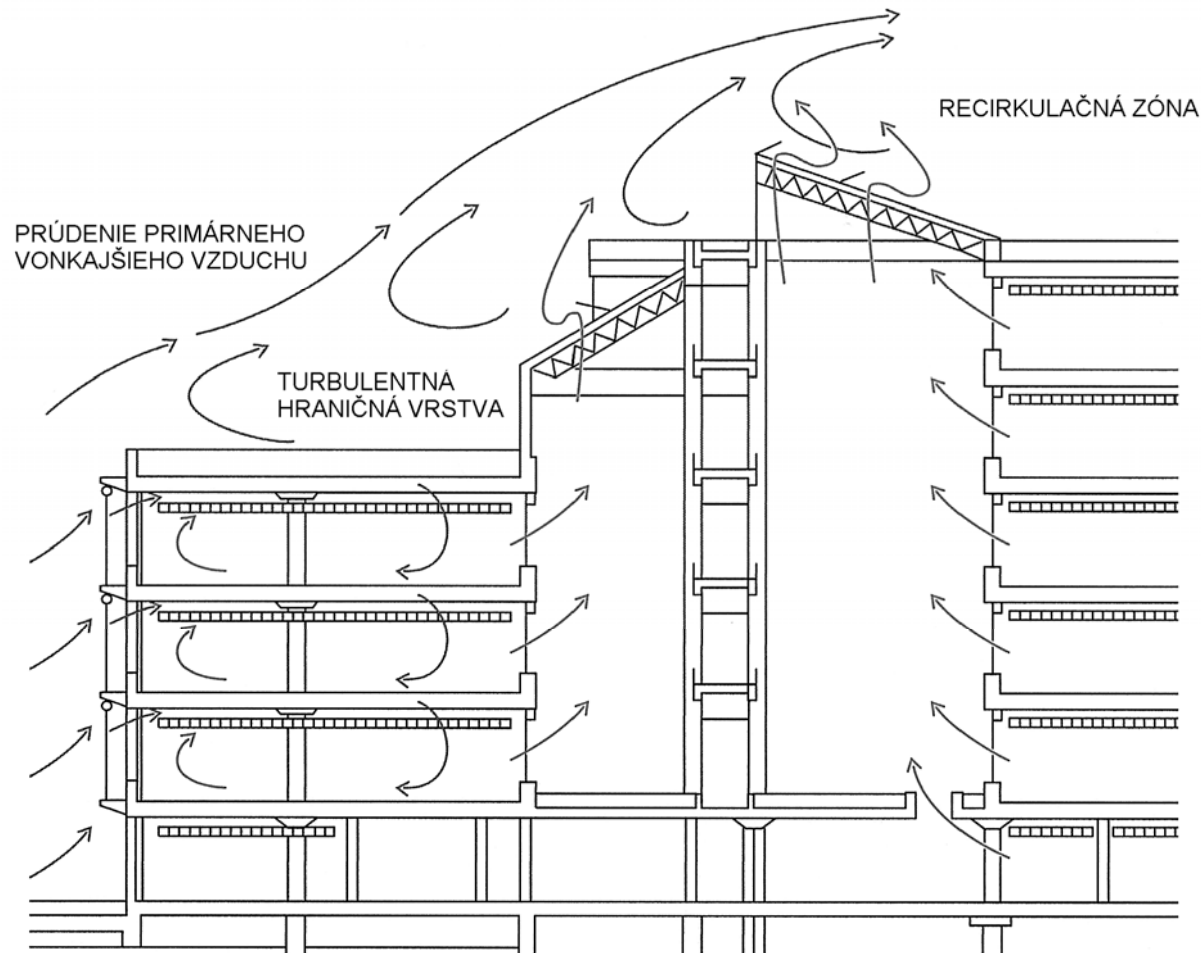
$$\Delta p_v = A_v \cdot \frac{\rho_{ae} \cdot v_a^2}{2}$$

- A_v - tlakový súčiniteľ vetra (-)
- v_a - rýchlosť vetra (m/s)

Prirodzené vetranie

- samovoľné náhodilé prúdenie vzduchu cez netesné škáry (**infiltrácia a exfiltrácia**)
- cez regulovateľné otvory (**aerácia**)
- a šachty (**šachtové vetranie**).
- pri neštandardnom použití miestnosti sa hygienicky nutná výmena vzduchu zabezpečuje otváraním okien.

Prirodzené vetranie budovy - pomery pri prúdení vzduchu budovou



Prirodzené vetranie - obmedzenia

- max hĺbka priestoru,
- rýchlosť, smer a nárazy vetra v okolí budovy,
- početnosť stavov bezvetria,
- emisie,
- tepelné správanie priestoru.

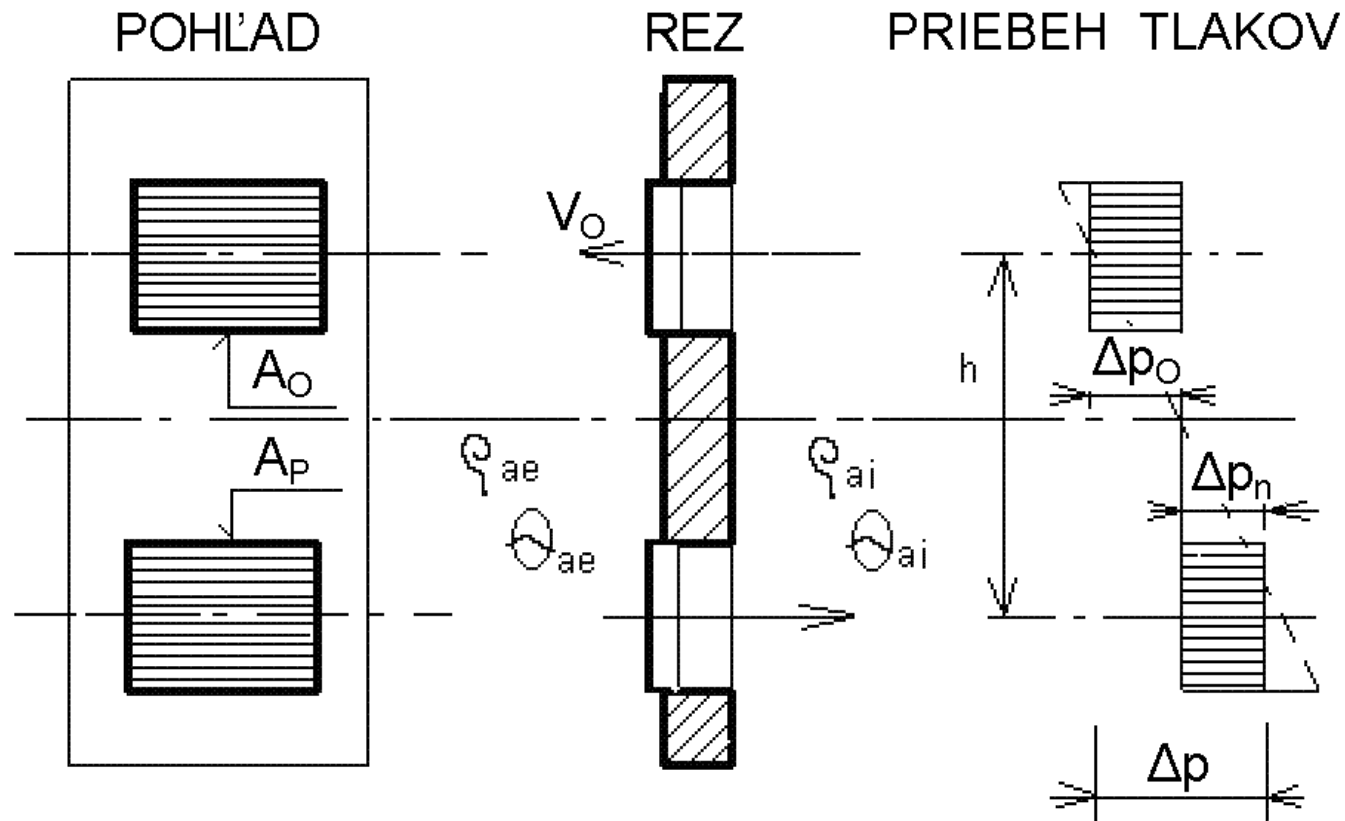
Infiltrácia a exfiltrácia

- náhodilá samovoľná výmena vzduchu bez možnosti regulácie netesnosťami stavby
- intenzita výmeny vzduchu je funkciou vonkajších klimatických činiteľov (max pri intenzívnych vetroch a extrémne nízkych teplotách)
- nie je to vetranie, ale zvyšovanie energetických strát budov.

Aerácia

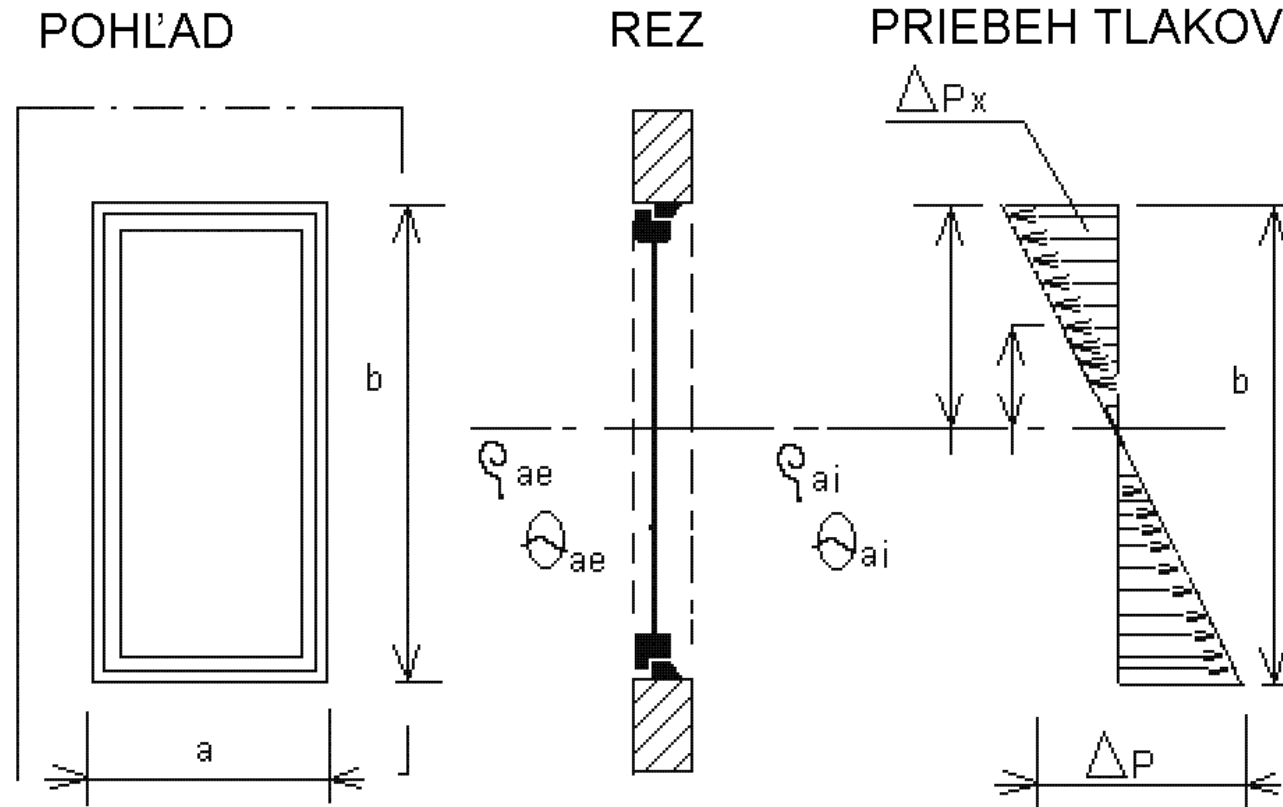
- prúdenie vzduchu do miestnosti min 2 regulovateľnými otvormi v rôznych výškach s výškovým rozdielom h .
- zvláštny spôsob aerácie je vetranie oknami - tlakový rozdiel na vonkajšej a vnútornej strane, pri teplote $\theta_{ai} > \theta_{ae}$ vonkajší vzduch prúdi do miestnosti spodnou časťou krídla a vrchnou odchádza z miestnosti.

Aerácia



- schéma prirodzeného vetrania aerácie

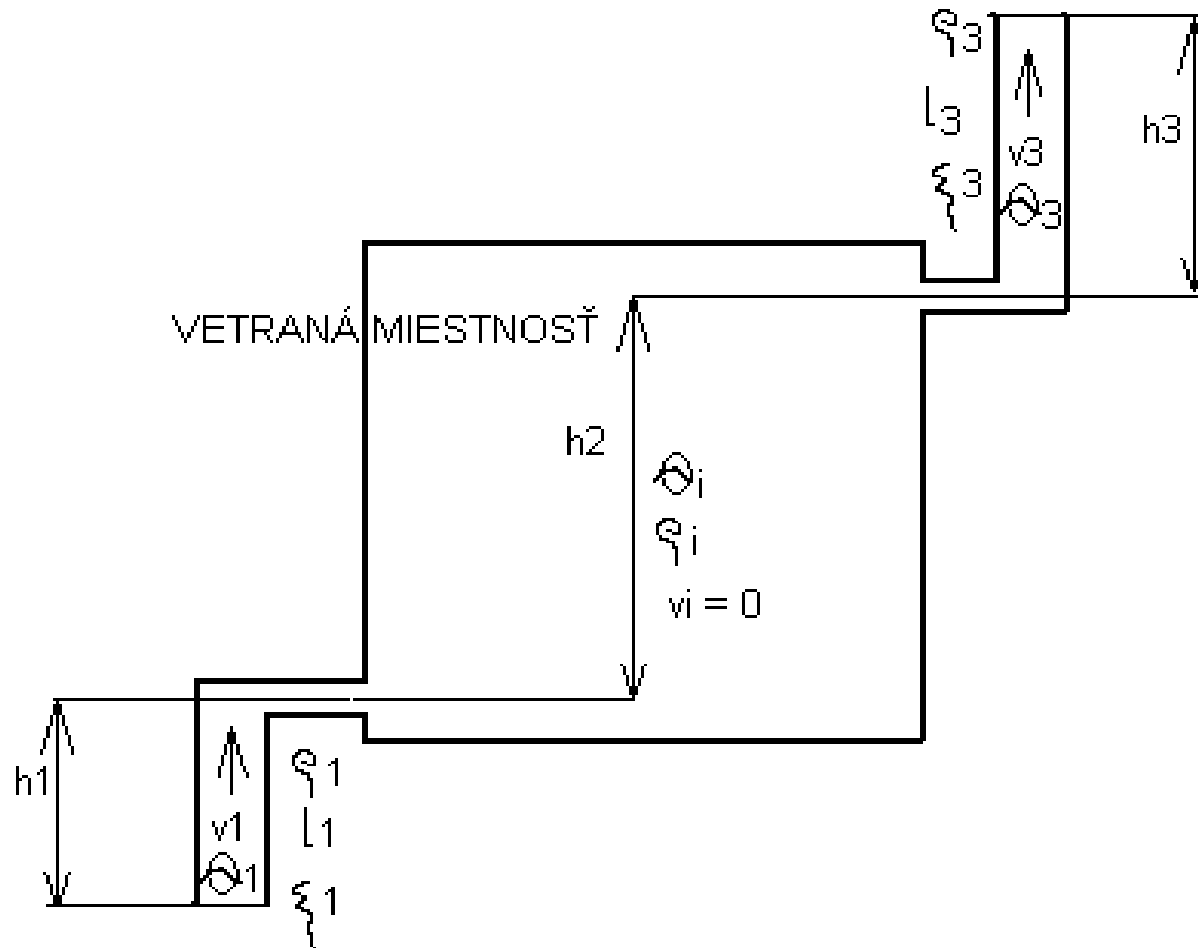
Schéma prirodzeného vetrania otvoreným oknom



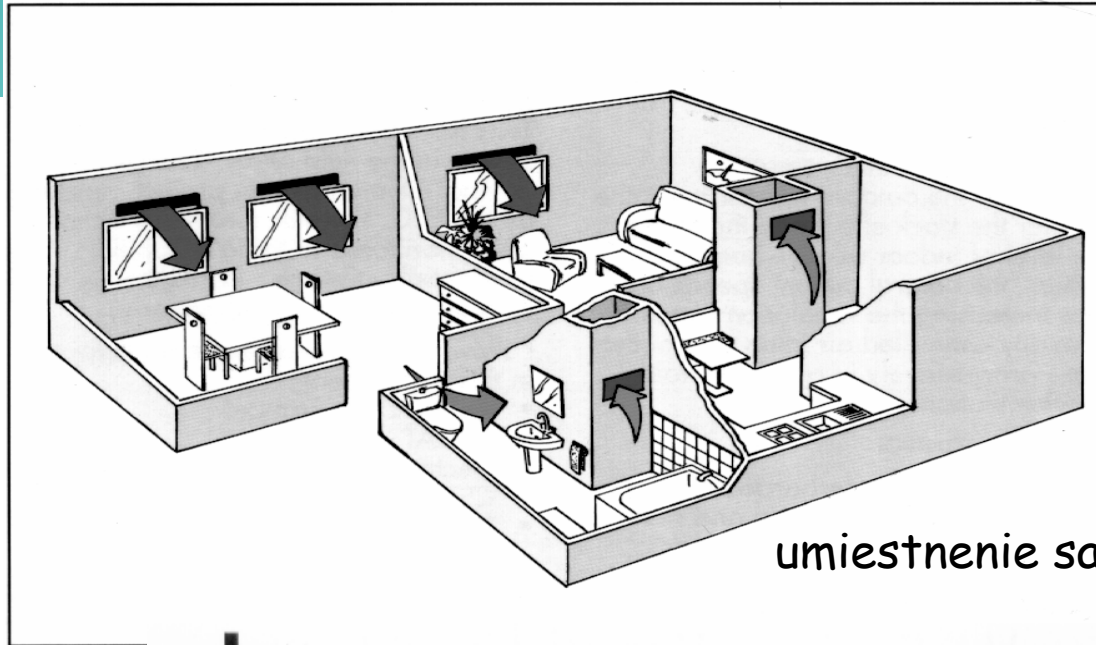
Šachtové vetranie

- doplnkovo - dispozičné riešenie,
- vetracie otvory sú pripojené k zvislej šachte, prieduchu, miestnosti s väčšou výškou,
- tlakový rozdiel : celková výška je súčtom čiastkových,
- na vetranie miestností vo vnútri dispozície bez prísnejších nárokov na vnútornú tepelno-vlhkostnú mikroklímu.

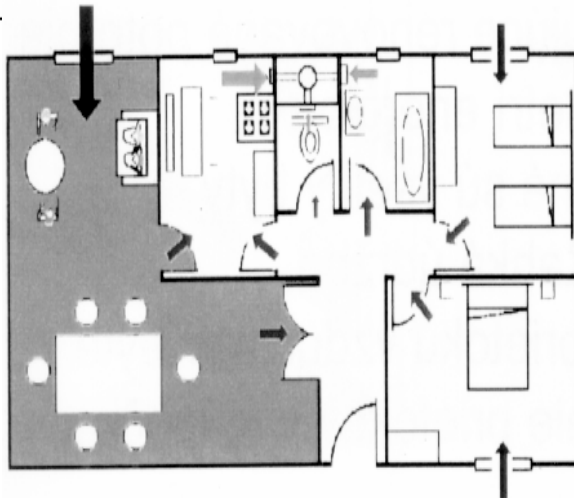
Šachtové vetranie



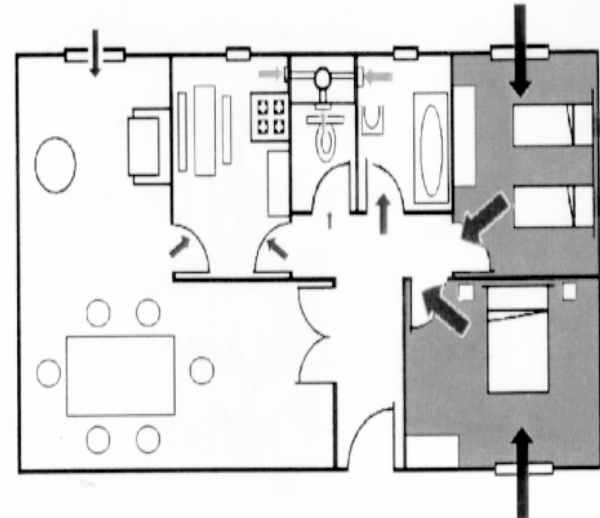
Riadené prirodzené miestností bytov



umiestnenie samoregulačných elementov



vetranie miestností v priebehu dňa



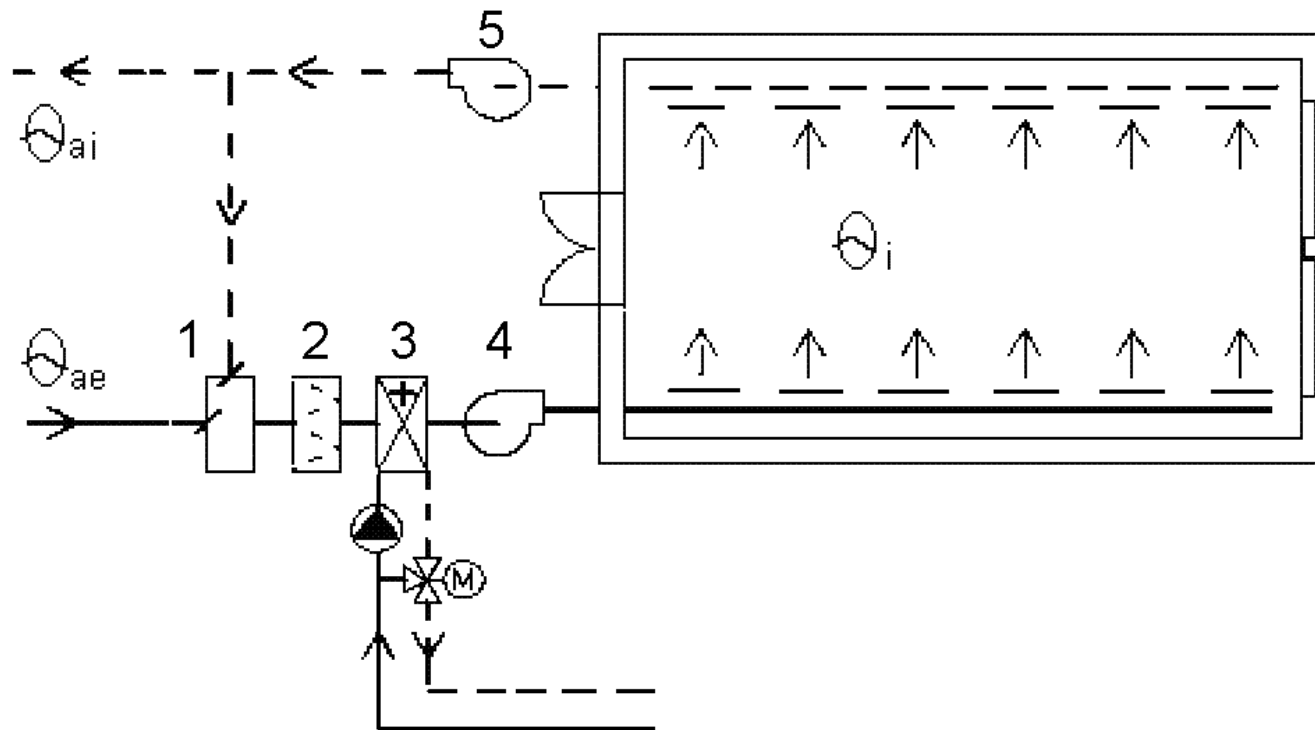
a noci

Nútené vetranie

- zabezpečuje riadenú výmenu vzduchu vo vetranej miestnosti, môže vykonávať aj tepelnú úpravu vzduchu
- max 1 termodynamická úprava
- dopravu vzduchu zabezpečujú zariadenia na zabezpečenie výmeny vzduchu - ventilátory
- rotačný systém s klapkami na prívod čistého vzduchu

Vetracie systémy:

- S úpravou vzduchu
- Bez úpravy vzduchu (filtrami)

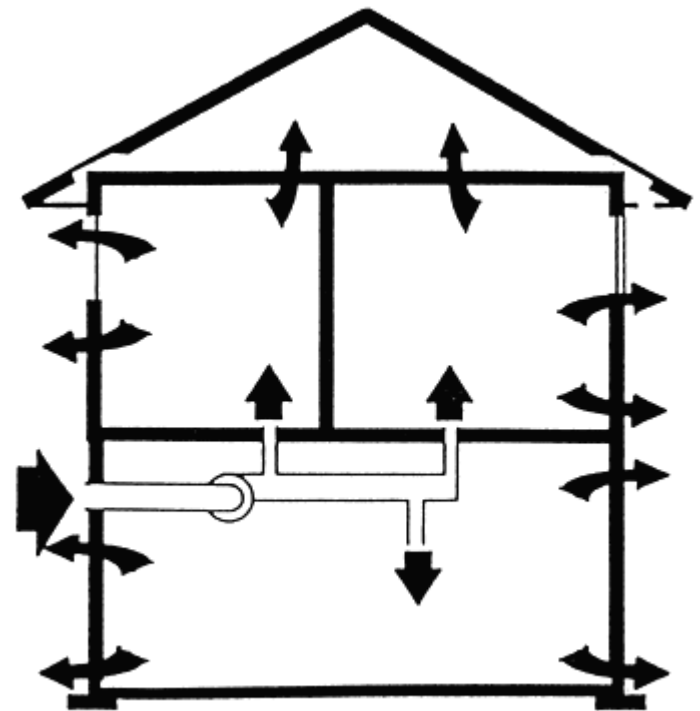


1-zmiešavacia komora, 2-filter, 3-ohrievač, 4-výtlačný ventilátor, 5-sací ventilátor

Delenie vetracieho systému:

- podľa vonkajšieho tlaku medzi vetranou miestnosťou a jej okolím:

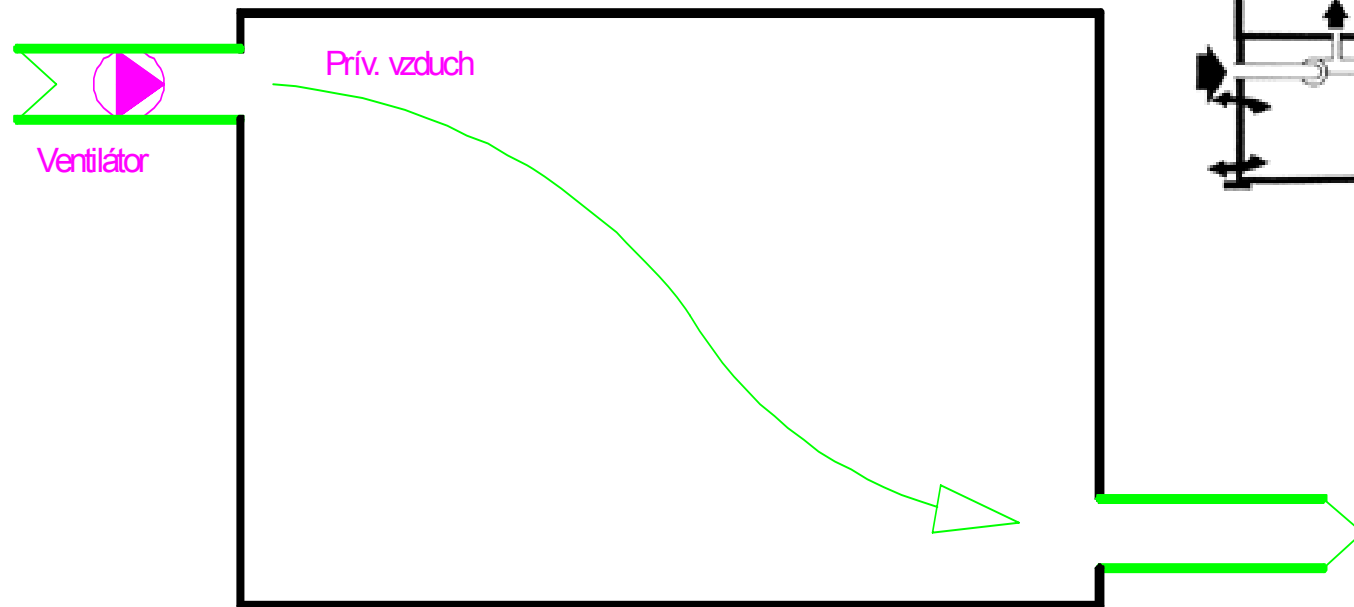
- i. pretlakový;
- ii. podtlakový;
- iii. rovnotlakový.



i) Pretlakové vetranie

- Ak je infiltrácia pre vetraný priestor nežiadúca, tlak vetraného priestoru zvýši o 20-30 Pa.
- Viac privádzaného ako odvádzaného vzduchu, aby do vetranej miestnosti nebol privádzaný vzduch zo susedných,
- $V_p > V_o$
- Použitie v laboratóriách čistých priestorov, farmaceutickej výrobe, divadlách, kotolniciach, v reštauráciách (prevencia pred zápachom).

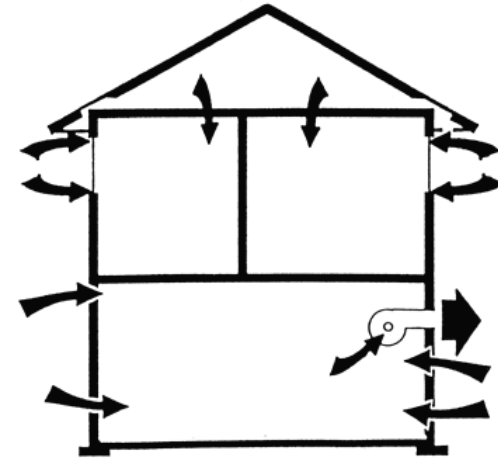
Schéma pretlakového systému vetrania



Ventilátor sa montuje vždy do prívodného vzduchovodu. Vypúšťací vzduchovod sa môže zanedbať, vzduch vychádza cez plášť budovy.

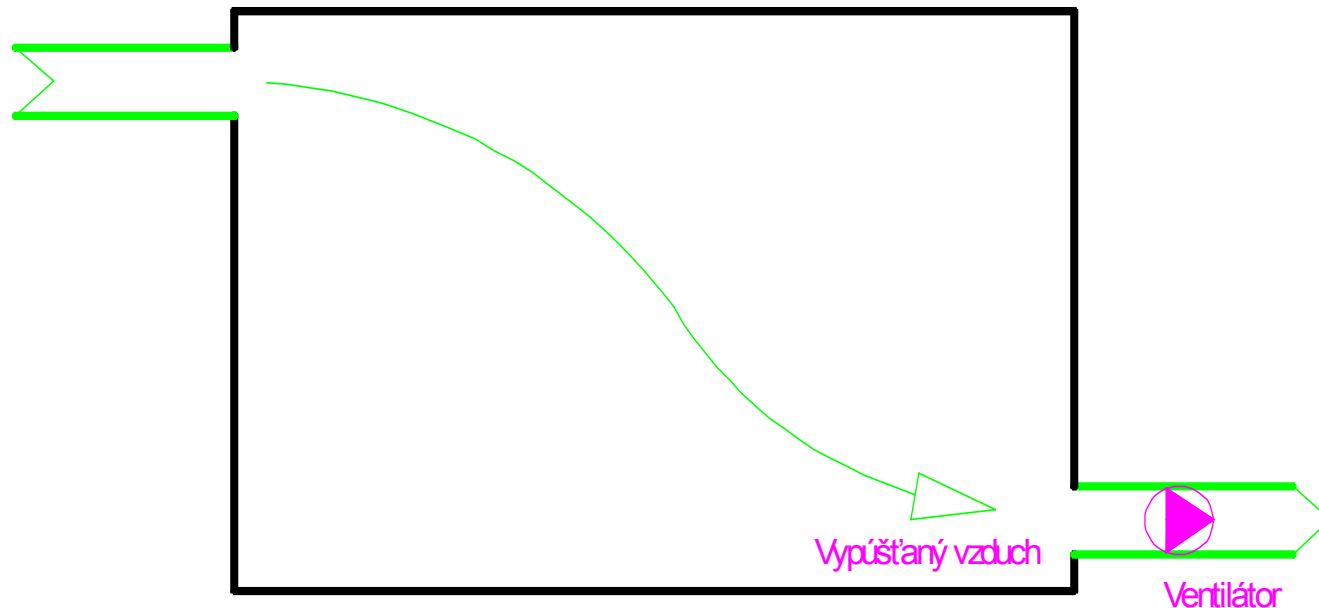
ii. Podtlakové vetranie

- Ak je kvalita vzduchu vetraného miesta škodlivá pre okolie,
- $V_o > V_p$
- Aby nedochádzalo k výmene vzduchu z vetranej miestnosti do susedných



ii) Schéma podtlakového systému vetrania

- Aplikácie: kúpeľne, toalety, plavárne, priemyselné prevádzky, kuchyne, práčovne.
- Podtlak vo vetranom priestore je 20-30 Pa.
- Ak nasávací vzduchovod nie je inštalovaný, systém nazývame *výfukové vetranie*.



iii) Rovnotlaký systém vetrania

- Rovnaké prietoky privádzaného a vypúšťaného vzduchu,
- $V_p = V_o$
- Žiaden tlakový rozdiel medzi vetraným priestorom a jeho okolím.
- S malou zmenou rozdielu vzduchu sa dá dosiahnuť premenlivý tlakový rozdiel,
- aby nedochádzalo k výmene vzduchu ani zo susedných ani do susedných miestností.

iii) Schéma rovnotlakého systému vetrania

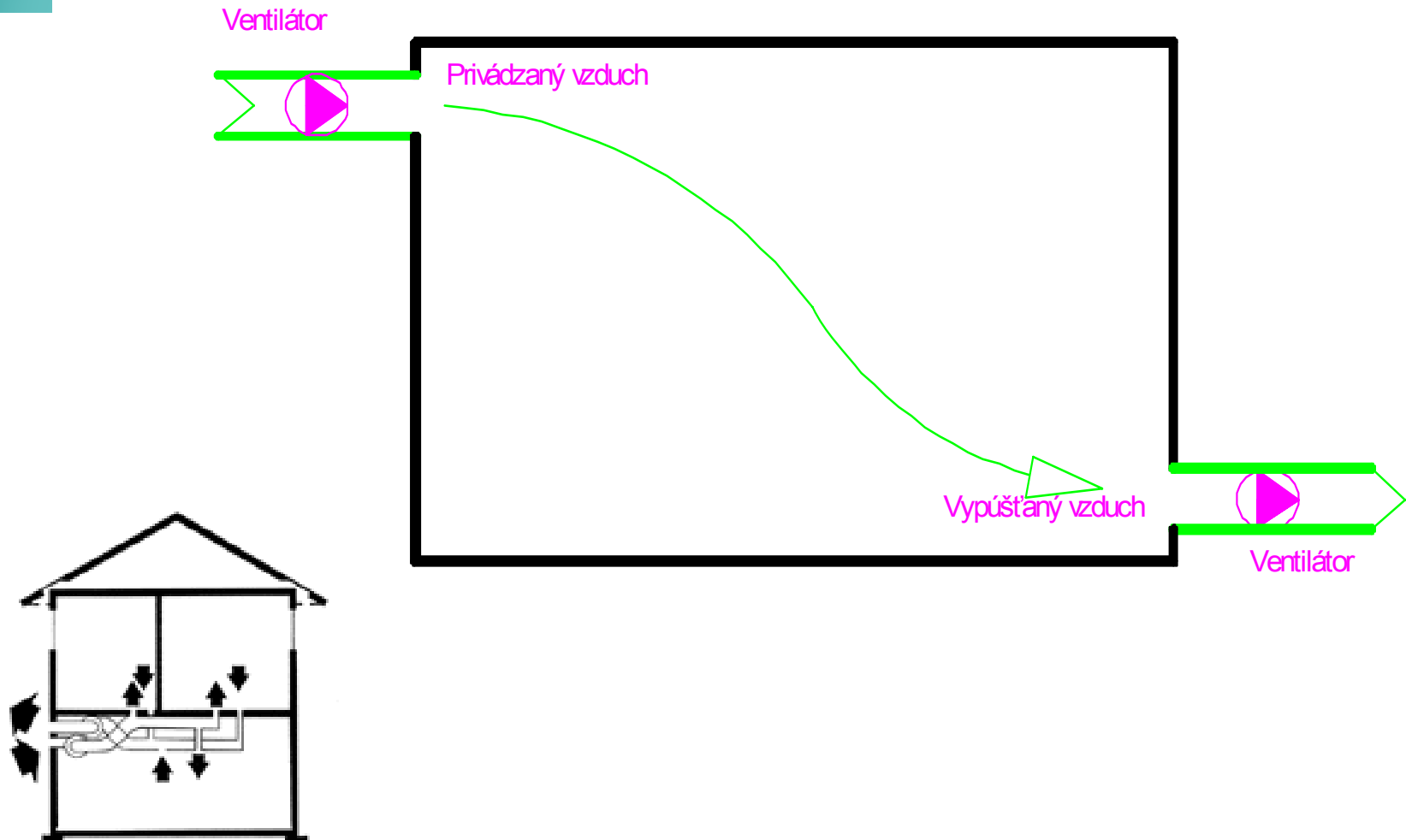
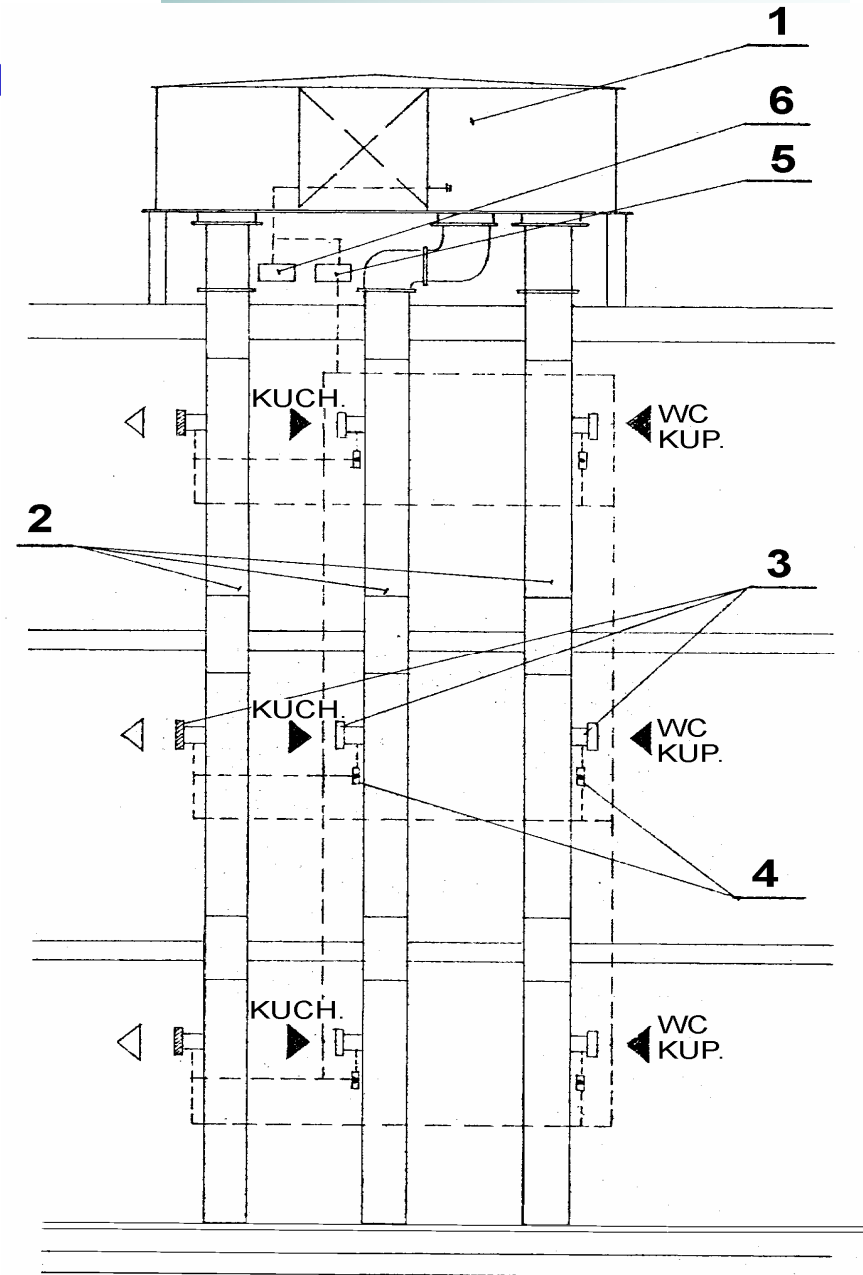
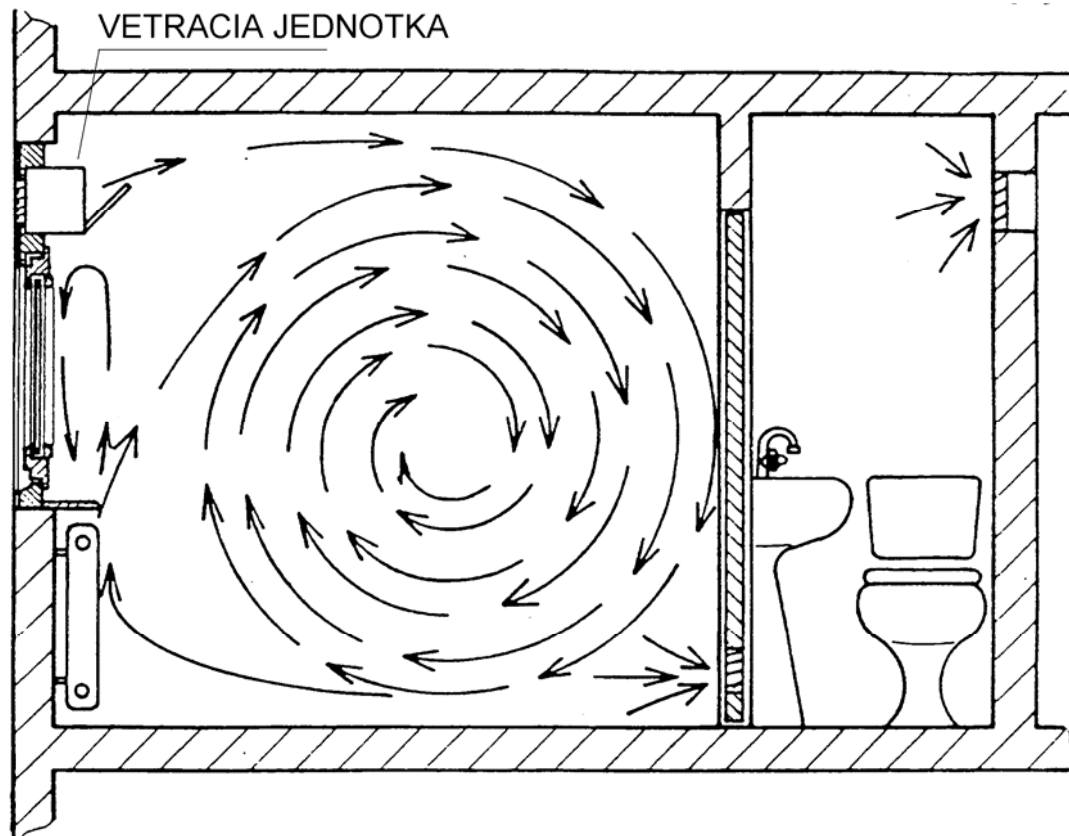


Schéma núteného vetrania s centrálnou strojovňou

- 1- centrálna vetracia
jednotka s rekuperáciou
tepla,
- 2-vzduchovody,
- 3-regulovateľné koncové
prvky,
- 4-snímače,
- 5,6-regulátory



Nútené vetranie hotelovej izby



Klimatizačné zariadenia a systémy

- Zabezpečujú **komplexnú úpravu vzduchu**
- Ak hlavnou škodlivinou je letná tepelná zát'áž, objemový prietok vzduchu klimatizovanou miestnosťou (m^3/s):

$$V = \frac{Q_c}{\rho_{ap} \cdot c_{ap} \cdot (\Theta_{ao} - \Theta_{ap})}$$

Q_c - celková tepelná zát'áž klimatizovanej miestnosti
citeľným teplom (W)

$\theta_{ao} / \theta_{ap}$ - teplota privádzaného a odvádzaného vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)

ρ_{ap} - hustota privádzaného vzduchu (kg/m^3)

c_{ap} - merná tepelná kapacita ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

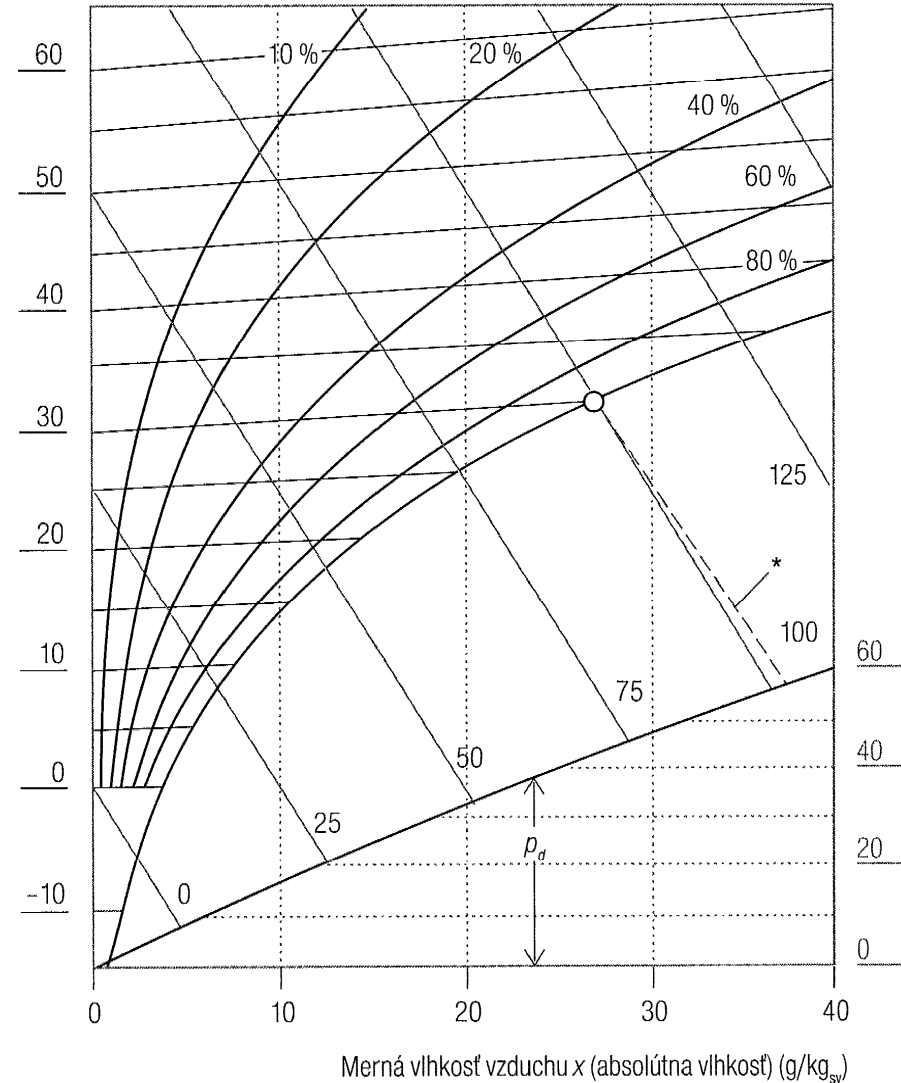
- Celkový tok tepla do klimatizovaného priestoru - kompenzovaný chladiacim výkonom klimatizačného zariadenia.
- Teplo vo vetracom vzduchu, teplo produkované klimatizačným zariadením - časovo premenlivá veličina
- Priebeh úpravy vzduchu v klimatizačnom zariadení a zmena stavu vzduchu v klimatizovanom priestore -
- Mollierov h-x diagram

Mollierov diagram

- zobrazenie stavových zmien vlhkého vzduchu;
- základ výpočtov VaK.

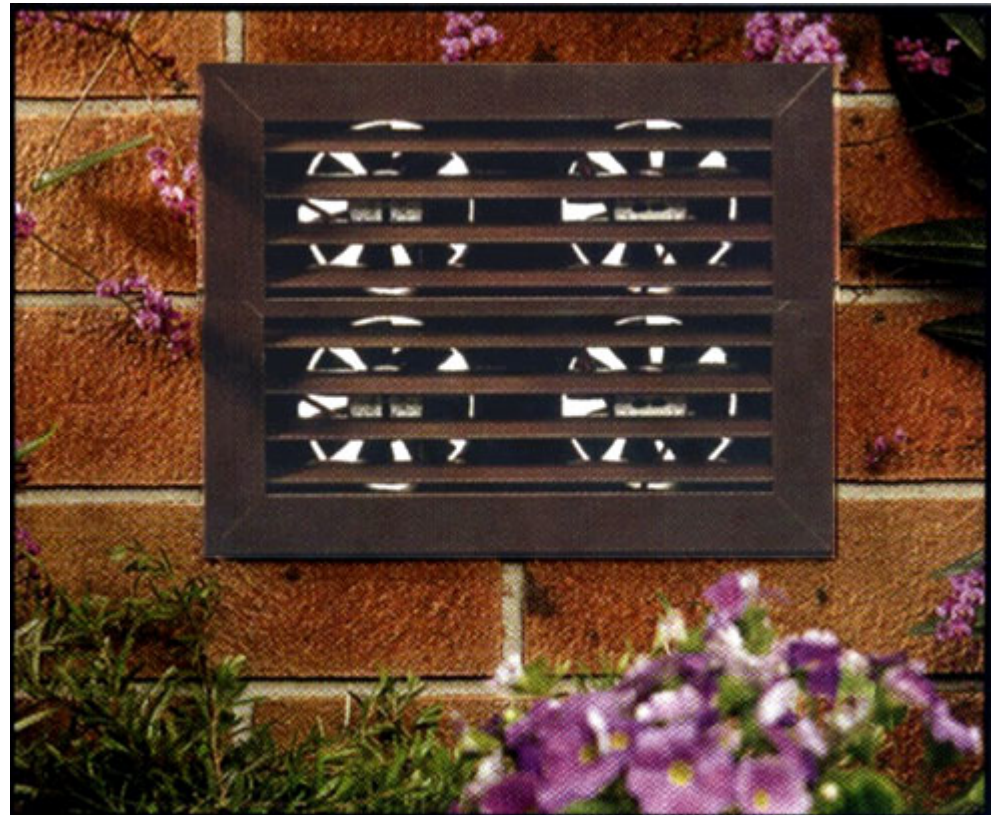
Teplota (°C) a
entalpia (kJ/kg)

Tlak vodnej pary (mbar)



Delenie systémov VaK:

- podľa umiestnenia
 - a. Miestny
 - b. Centrálny.



Klimatizačná jednotka má oddelené vzduchovody:

- o Kanál čerstvého vzduchu, so vstupom nasávaného vzduchu z vonkajšieho priestoru,
- o Výfukový vzduchovod, výstupom vypudzovaného vzduchu do vonkajšieho priestoru,
- o Prívodný vzduchovod do vetraného priestoru,
- o Odvádzajúci vzduchovod z vetraného priestoru.

Miestny systém



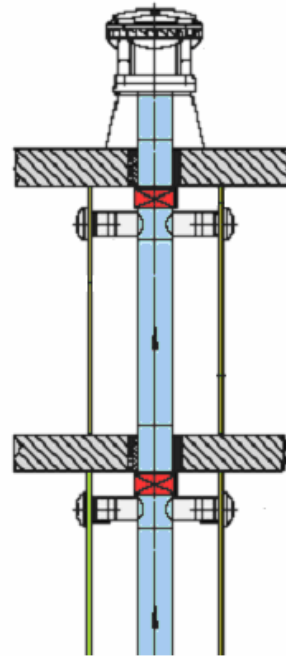
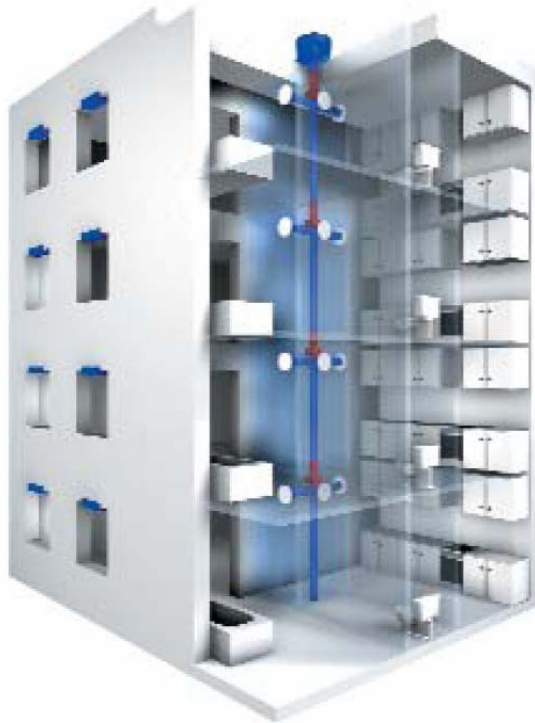
Vstupujúci vzduch prichádza do vetraného priestoru cez plášť budovy, objem závisí na vzduchotesnosti obalu budovy. Vzduch je neupravený. Energetický obsah vypúšťaného vzduchu sa nerecuperuje. Tlak vetraného priestoru je nižší ako tlak okolitého priestoru. Investičné náklady sú nízke.

Miestny systém

Aplikácia výfukového
vetrania s ventilátormi
montovanými na stenu a
inštalovanými vo
vzduchovodoch.



Centrálny systém vetrania



Výfukový systém s centrálnym strešným ventilátorom.



- kde nie sú požiadavky na teplo a vyžaduje sa nepretržitá prevádzka.
- je možné inštalovať motoricky ovládaný uzatvárací ventil, ktorý uzavrie prúd vzduchu tam, kde nie je potreba vetrania.
- elektrický motor ventilátora má frekvenčný menič, takže objemový prietok je nastaviteľný.

ĎAKUJEM ZA POZORNOST!