

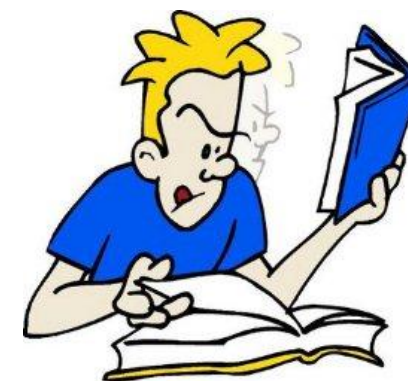
Úvod do problematiky větrání.

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
Katedra technických zařízení budov

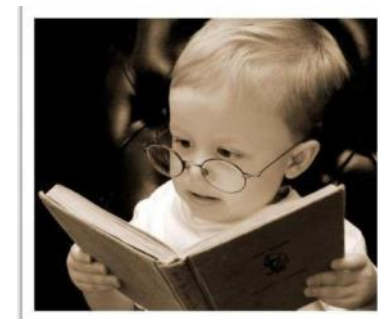
Harmonogram

1	Úvod do problematiky větrání. Kvalita vzduchu. Principy přirozeného větrání.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
2	Princip hybridního větrání. Nucené větrání. Bytové větrání.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
3	Základy distribuce vzduchu. Proudění vzduchu v potrubí. Hluk ve vzduchotechnice.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
4	Tepelná zátěž klimatizovaného prostředí. Úvod do vzduchotechnické klimatizace.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
5	Klimatizační systémy a izobarické úpravy vlhkého vzduchu.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
6	Principy chladících soustav. Teplovzdušné vytápění. Principy požárního větrání.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
7	Části systémů nuceného větrání.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
8	Principy aplikací – kanceláře, shromažďovací prostory, haly.	Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
9	Základy elektrotechniky, energetiky a elektrotechnických rozvodů. Aplikace Maxwellových rovnic v praxi. Typy elektrických sítí – jejich rozbor z hlediska elektrických instalací.	doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc., DBA
10	Elektrická instalace budov, metodika a jejich realizace. Druhy a volba jejich návrhu s ohledem na přechod k jejich inteligenci	doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc., DBA
11	Ochrana před úrazem elektrickým proudem; Bezpečnostní předpisy; Volba vodičů v různých aplikacích elektrické instalace. Návrh projektu elektrické instalace. Rozvaděče, skladba a jejich vybavení s ohledem na návrh vnitřního zapojení ve vazbě na elektrické silové a slaboproudé rozvody. Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů.	doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc., DBA
12	Umělé osvětlení (UO), základní pojmy a návrh UO.	doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc., DBA
13	Hromosvodové systémy, návrh, realizace a podmínky instalace. Aktivní hromosvody.	doc. Ing. Bohumír Garlík, CSc., DBA

- Dva nepovinné testy v semestru
 - Pro jejich uznání je nutné splnit oba
 - Minimálně 2,5 b z každého z nich.
- Zápočet
- Zkouška
 - Test –10 otázek ze vzduchotechniky a z elektroinstalací.
 - Délka písemné zkoušky je 30 minut.
 - Maximum je 10 bodů, minimální počet bodů z testu je 5 bodů.
 - Ústní zkouška
 - Výsledná klasifikace je na základě známek z písemné a ústní části zkoušky.



Study hard!



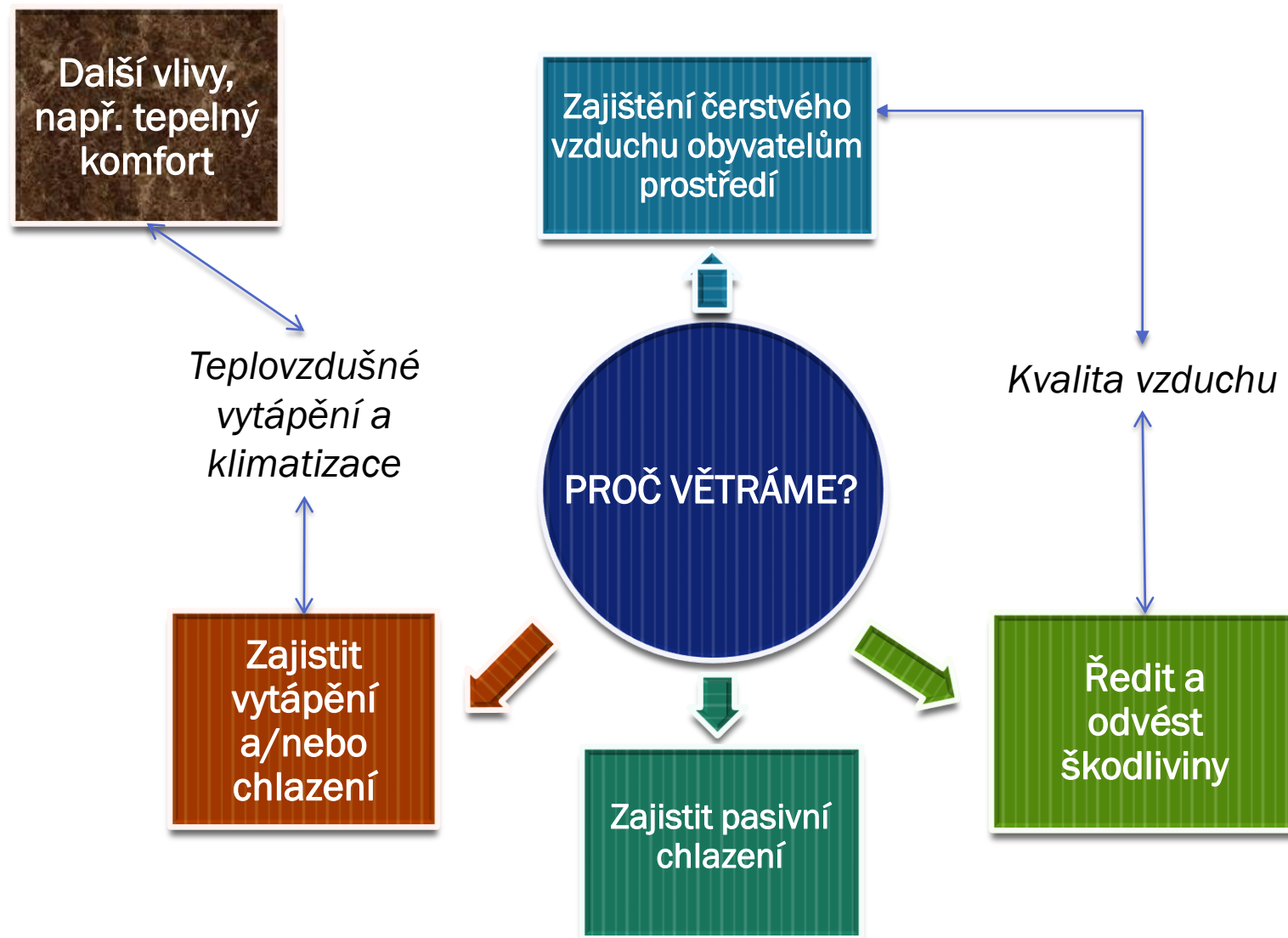
- Pár důvodů, proč je dobré něco vědět o vzduchotechnice.
- Proč větráme?
- Kvalita vzduchu
- Stanovení množství přiváděného vzduchu
- Způsoby větrání – přirozené větrání



Pár důvodů...

- Budovy stavíme pro lidi.
- Chceme, aby prostředí v budovách bylo bezpečné a příjemné.
- Budovy dnes navrhujeme energeticky úsporné.
- ... a chceme, aby při provozu skutečně byly.
- Komplexita systémů TZB v budovách roste, včetně vzájemného provázání a vzájemných požadavků.
 - Požadavky na měření a řízení
 - Požadavky na uvádění do provozu!!!
 - Požadavky na kvalifikaci provozní dohled

Proč větráme?



- **Kvalita vzduchu (IAQ – indoor air quality):** „...ukazatel druhů a množství znečišťujících látek v ovzduší, které by mohly způsobit diskomfort nebo riziko nepříznivých účinků na zdraví lidí (příp. zvířat, nebo poškození vegetace).“

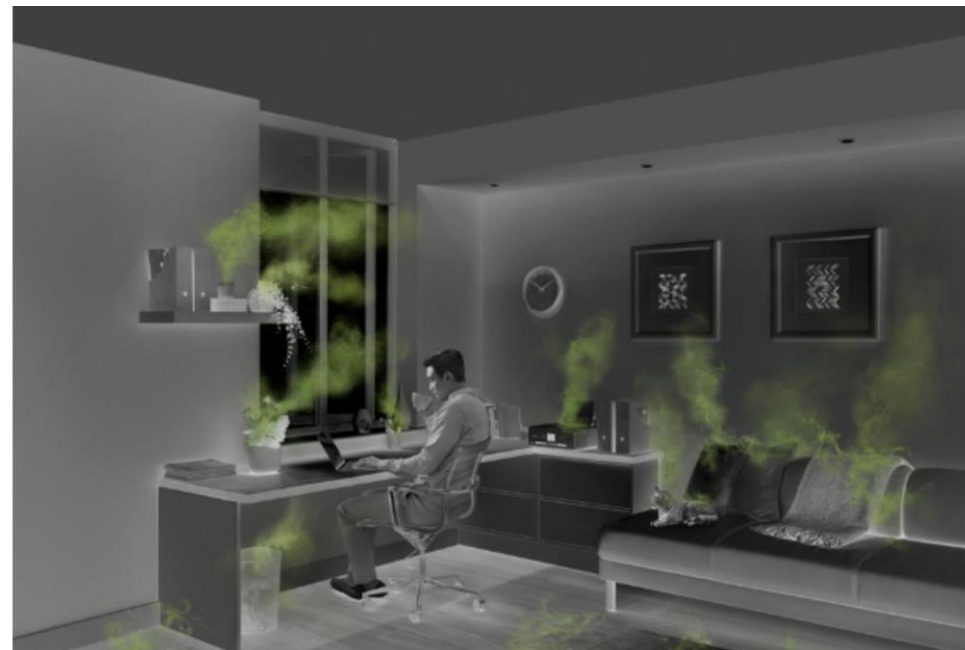
(definice od ISIAQ - International Society of Indoor Air Quality and Climate)



- **Přijatelná kvalita vzduchu:** “ovzduší, v němž nejsou žádné škodlivé koncentrace znečišťujících látek určené odbornými autoritami, a se kterým 80 % nebo více exponovaných uživatelů nevyjadřuje nespokojenost“

(definice ASHRAE - American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers)

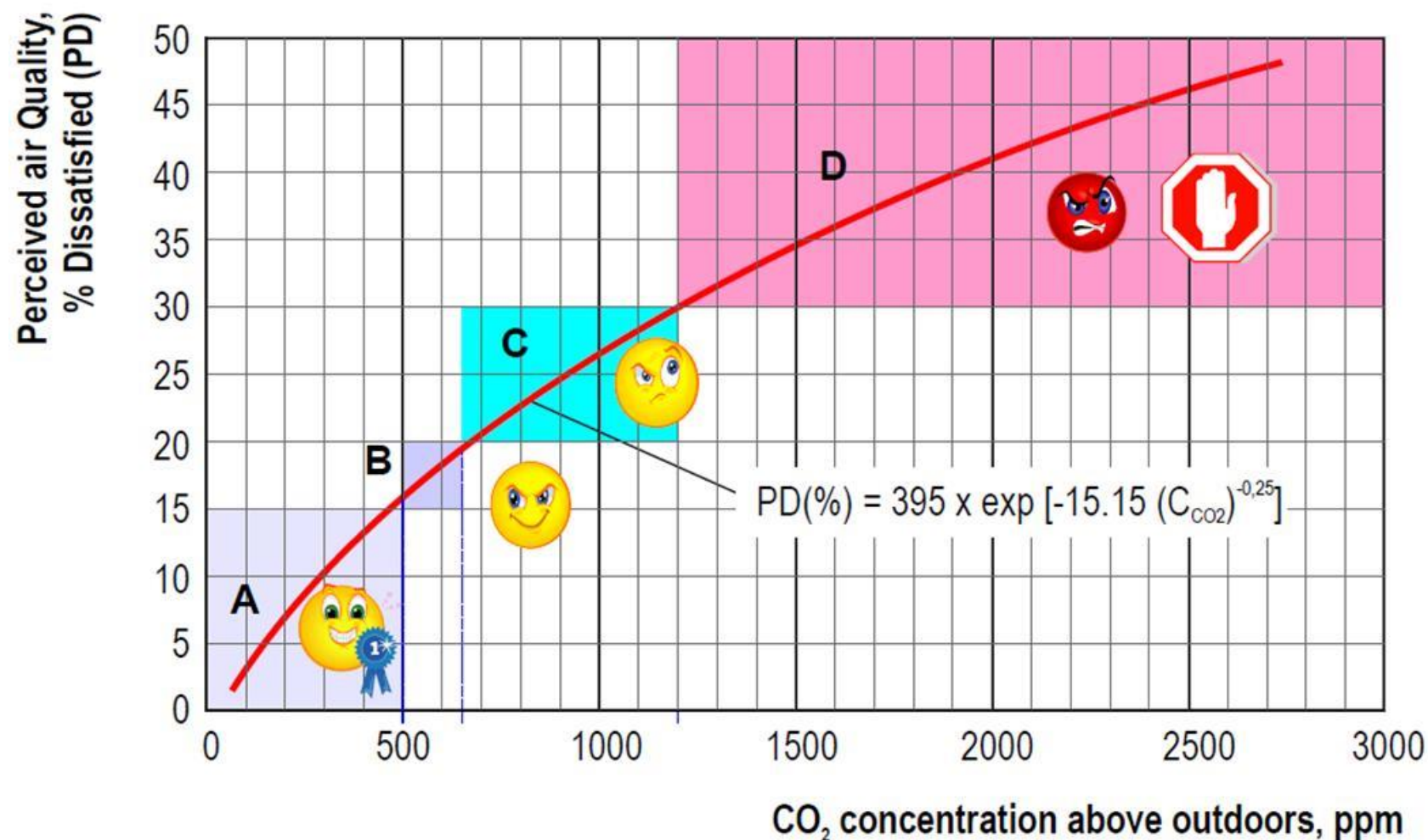
- **Odéry a odérové mikroklima**
- Odéry v ovzduší působí na člověka a spoluvytvářejí tak jeho celkový stav
- Odérové látky (odéry) jsou plynné složky v ovzduší vnímané jako pachy (jednak nepříjemné – zápachy, jednak příjemné – vůně)
- **Faktory ovlivňující vnímanou kvalitu vzduchu**
- Čichový smysl – s vyšším věkem klesá, individuální vnímání
- Vlhkost a teplota – s rostoucí t a rh roste nespokojenost
- Doba expozice – adaptace, vnímaná koncentrace klesá po 5 až 15 min.,



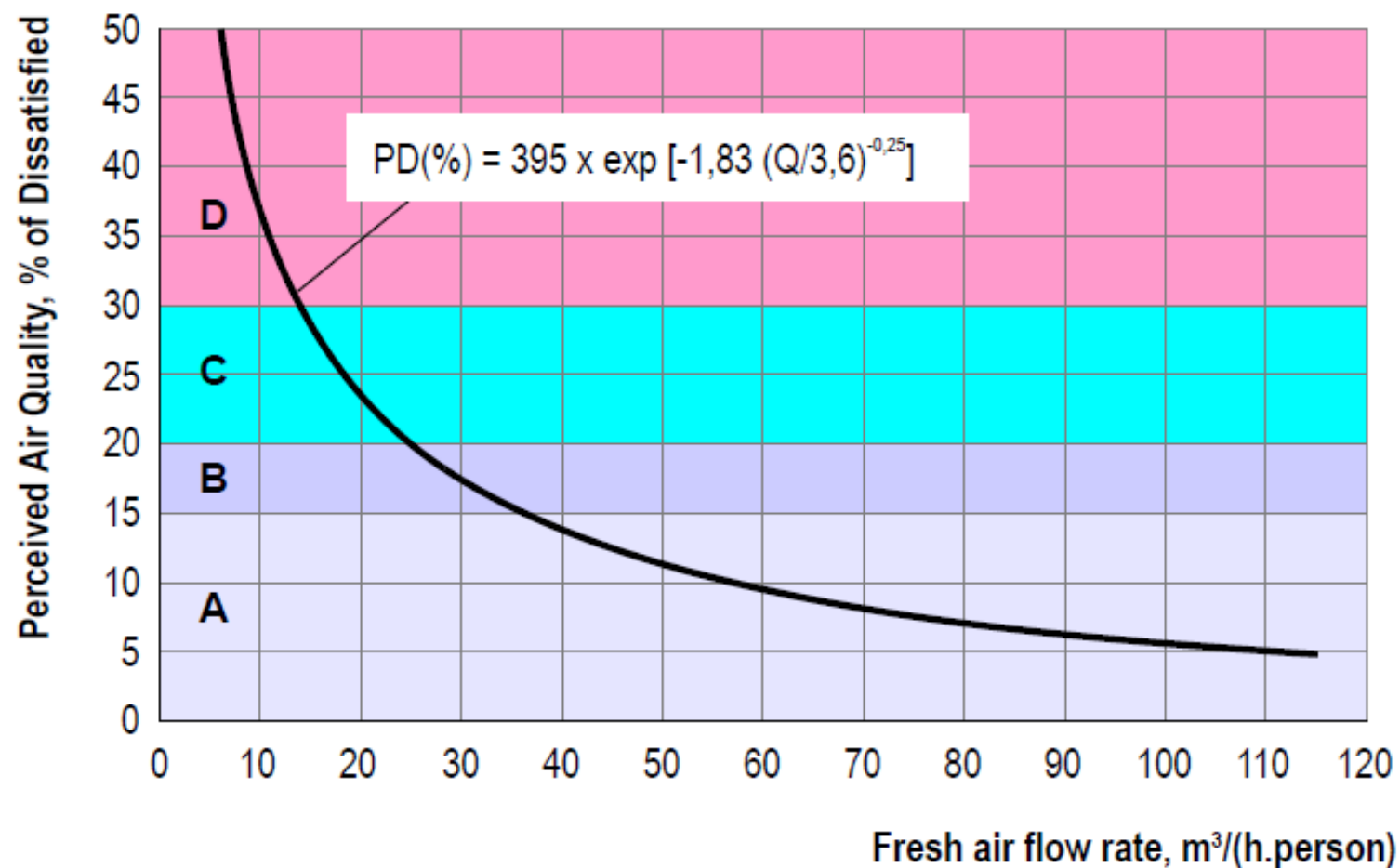
- Potřeba čerstvého vzduchu
- Potřeba pro dýchání
- Dospělý člověk dýchá 16 krát za minutu při nízké fyzické aktivitě – 8 l/min.
- Spotřeba kyslíku je mezi 250 – 350 ml/min
- Produkce škodlivin člověkem
- Rozdíl složení vzduchu při vdechnutí a vydechnutí:
 - Do plic vdechujeme okolní vzduch - 21 % O₂, 78 % N₂, 0,03 % CO₂
 - Z plic vydechujeme - 16 % O₂, 79 % N₂, 4 % CO₂ (plus vodní pára)

133x více CO₂ vydechujeme než vdechujeme!

- Vnímaná kvalita vzduchu a koncentrace CO₂



- Vnímaná kvalita vzduchu a průtok větracího vzduchu



- Limitní koncentrace oxidu uhličitého
 - Pracovní prostředí (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)
 - PEL (přípustný expoziční limit, 8 h) 9000 mg.m^{-3}
 - NPK-P (nejvyšší přípustná koncentrace, 15 minut) 45000 mg.m^{-3}
 - Kvalita vzduchu v obytných prostorech
 - Široce uznávaný limit 1500 ppm (1000 ppm nad koncentrací oxidu uhličitého ve venkovním vzduchu)
 - Ovšem objevují se studie, které zpochybňují tento limit při dlouhodobé expozici a naznačují jeho vhodnější hodnotu do 1000 ppm.

- Vlivy určující kvalitu vzduchu ve vnitřním prostředí

Vnější



Foto: www.ergoatelier.cz

Vnitřní



Foto: www.bajecnazenska.cz



<http://www.ecojoes.com>



Foto: www.zsmalika.cz



foto: Ota Bartovský, MAFRA



- **Škodliviny v interiéru**
- **VOC - Volatile Organic Compounds** (těkavé organické sloučeniny)
- Uhlovodíky: toluen, benzen, formaldehyd, xylén...
- Zdroje: nátěry, rozpouštědla, koberce, lepidla, motorová vozidla, cigaretový kouř, kosmetika, čisticí prostředky
- Účinky:
 - Krátkodobá expozice: dráždění očí, nosu, krku
 - Dlouhodobá expozice: poruchy jater, ledvin a nervové soustavy



- Škodliviny v interiéru
- Oxidy dusíku NO_x
- Především oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO₂)
- Zdroje: procesy spalování – plynové spotřebiče (sporák), tabákový kouř, (spalovací motory).
- Účinky:
 - Krátkodobá expozice: dráždí sliznici, oči, nos, dýchací systém.
 - Dlouhodobá expozice NO₂: plicní otok, rozvoj akutní chronické bronchitidy



- Škodliviny v interiéru
- Ozón O₃
- Zdroje: kopírky, elektrostatické čističe vzduchu, UV germicidní výbojky
- Toxický v oblasti troposféry
 - **Účinky:**
 - Krátkodobá expozice: dráždí sliznici, oči, dýchací systém.
 - Dlouhodobá expozice O₃: zintenzivňuje existující dýchací potíže



funny-
pictures.picphotos.net

- **Škodliviny v interiéru**
- **Pevné částice, prach** (PM - Particulate Matter)
- Směs částic přírodního i umělého původu v pevné či tekuté formě, aerosoly.
 - Pyly, prach, bakterie, viry, houby, plísně
- Velikost – menší než 10 μm jsou dnes považovány za jedny z nejnebezpečnějších škodlivin.
- Biologická reakce s lidským organizmem.
 - **Účinky:**
 - Krátkodobá expozice: dráždí nos, oči, krk.
 - Dlouhodobá expozice: přímý vliv na dýchací systém, srdeční problémy, zhoršení chronických problémů,

THE RELATIVE SIZE OF PARTICLES

From the COVID-19 pandemic to the U.S. West Coast wildfires, some of the biggest threats now are also the most microscopic.

A particle needs to be 10 microns (μm) or less before it can be inhaled into your respiratory tract. But just how small are these specks?

Here's a look at the relative sizes of some familiar particles

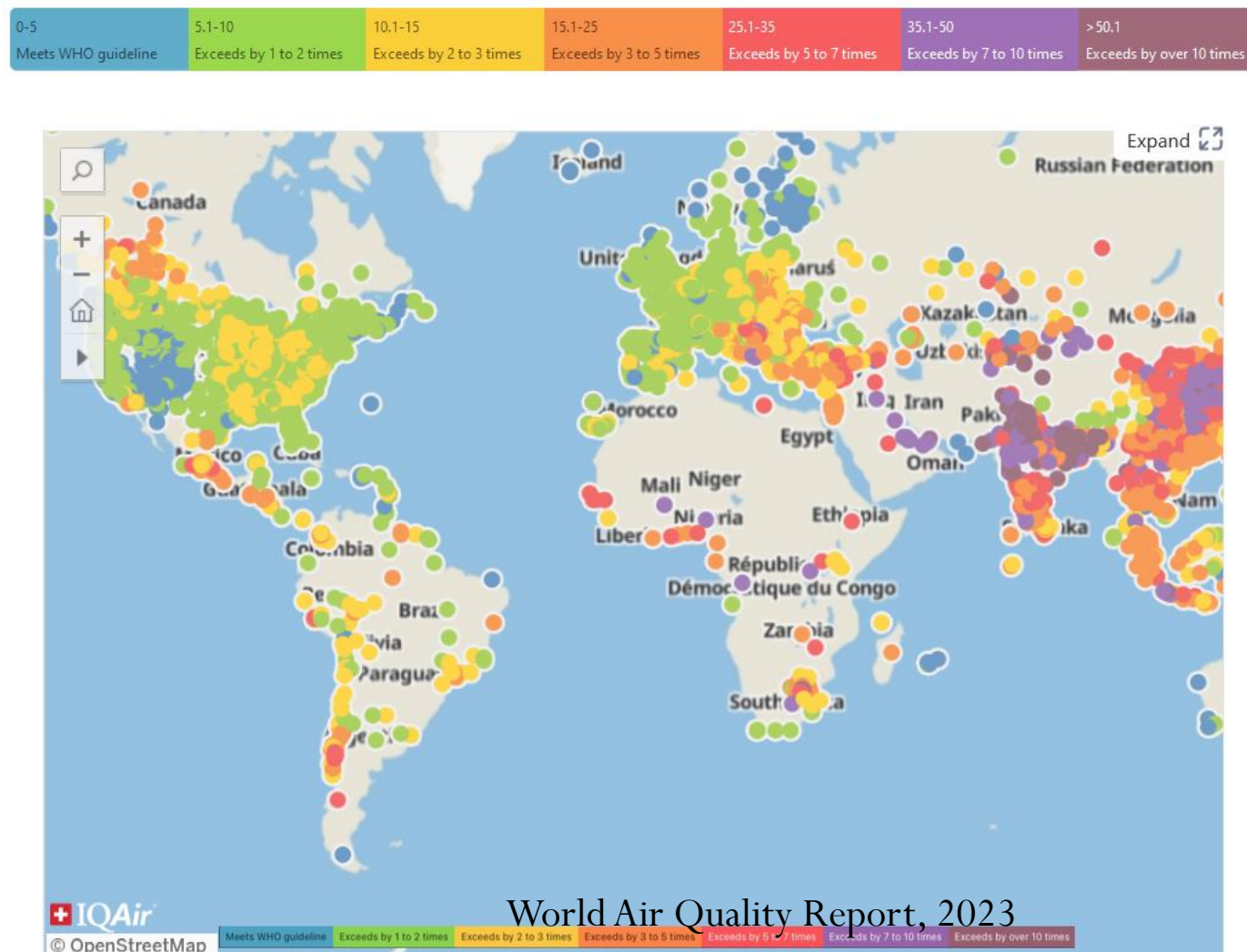


SOURCES: Clearstream, Daniel Loberbey, EPA, Financial Times, News Medical, Science Direct, SCMP, Susan Sokolowski, Petroclear, U.S. Dept. of Energy
COLLABORATORS: RESEARCH + WRITING: Carmen Ang, Iman Ghosh; DESIGN + ART DIRECTION: Harrison Schell

VISUAL
CAPITALIST

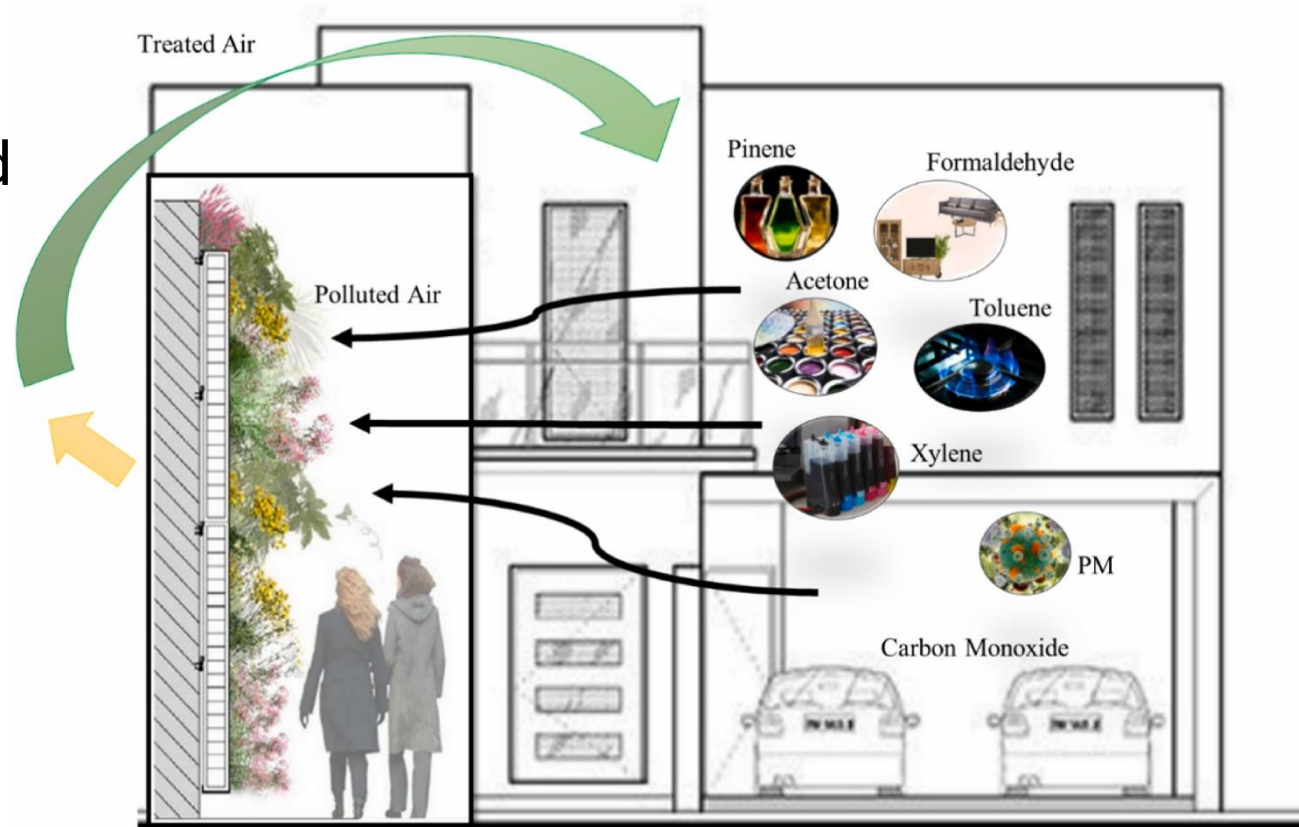
f /visualcapitalist t @visualcap v visualcapitalist.com

- Roční průměrný limit pro $\text{PM}_{2,5}$ $5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ v roce 2023 splnilo 10 zemí.
- Nejhorší města: 1. Dilí (92,7), 2. Dakha (Bangladéš, 80,2), ...18. Peking (34,1) ...83. Praha (9,8)



- **Škodliviny v interiéru**
- **Pachy**
- Produkty lidského těla (zbytky kůže), činnosti v budovách (zpracování potravin).
- Mikroorganismy na našem těle rozkládání biologický materiál → vznik pachů
 - snižování pachů → omývání těla
 - Empirické stanovení pachů člověka
 - jednotka pachu 1 olf – zápach průměrné dospělé osoby při nízké fyzické činnosti (kancelář) setrvávající v tepelné pohodě a průměrné hygieně 0,7 koupele za den.
 - koncentrace pachu 1 decipol ($1\text{olf}/10\text{ls}^{-1}$ větracího vzduchu)
 - **Účinky:**
 - Pachy sami o sobě nemají negativní vliv na lidské zdraví.
 - Nicméně bez vlivu nejsou..., především v oblasti mezilidských vztahů...

- Pro řízení výskytu a šíření škodlivin ve vnitřním prostředí mohou posloužit **rostliny**
- Záchyt přes listy, fotosyntéza
- Absorpce kořeny
- Rozklad látek na méně nebezpečně sloučeniny



<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140483>

- Přípustné limity škodlivin:
- Zákon č. 258/2000 Sb. - o ochraně veřejného zdraví
- Vyhláška č. 6/2003 kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
 - Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu



- Intenzita větrání
- Poměr množství přiváděného čerstvého vzduchu k objemu větrané místnosti

$$n = \frac{V_e}{V_o} \quad [-]$$

V_e	Průtok čerstvého vzduchu z exteriéru	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$
V_o	Objem místnosti	$[\text{m}^3]$
n	Intenzita větrání	$[\text{h}^{-1}]$

- Podle produkce škodliviny
- Výpočet stanoví množství větracího vzduchu jenž zajistí při dané produkci škodliviny udržení koncentrace pod stanovenou mezí.

$$V_e = \frac{m}{\Psi_{\max} - \Psi_e}$$

V_e	Průtok přiváděného vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$
m	Produkce škodliviny	$[\text{g} \cdot \text{h}^{-1}]$
$\Psi_{\max}$	Požadovaná mezní koncentrace v interiéru	$[\text{g} \cdot \text{g}^{-1}]$
Ψ_e	Koncentrace škodliviny ve venkovním prostředí	$[\text{g} \cdot \text{g}^{-1}]$

- Podle produkce škodliviny – oxid uhličitý
- Výpočet stanoví množství větracího vzduchu jenž zajistí při dané produkci škodliviny udržení koncentrace pod stanovenou mezí.

$$V_e = \frac{m_{co2}}{\Psi_{\max} - \Psi_e} = \frac{19 \text{ l} / \text{h}}{(1200 - 350) \text{ ppm} \cdot 10^{-3}} = 22,4 \text{ m}^3 \text{h}^{-1} \text{ na osobu}$$

V_e	Průtok přiváděného vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$
m	Produkce oxidu uhličitého	$[\text{l} \cdot \text{h}^{-1}]$
$\Psi_{\max}$	Požadovaná mezní koncentrace v interiéru	$[\text{ppm}, \text{g} \cdot \text{g}^{-1}]$
Ψ_e	Koncentrace škodliviny ve venkovním prostředí	$[\text{ppm}, \text{g} \cdot \text{g}^{-1}]$

Aktivita	CO ₂ produkce
Klidová aktivita,	13 l . h ⁻¹
Lehká aktivita, kancelář	19 l . h ⁻¹
Střední aktivita, chůze	60 l . h ⁻¹
Těžká práce	77 l . h ⁻¹

- Jaké je pravidlo pro řízení větrání, když se v prostředí budovy vyskytne rizikový faktor (bakterie, viry, aj.)?
 - Utěsnit budovu a hlavně nedýchat.
 - Větrat, co nejvíce.
 - V podstatě se nedá nic dělat, hlavně utéct...

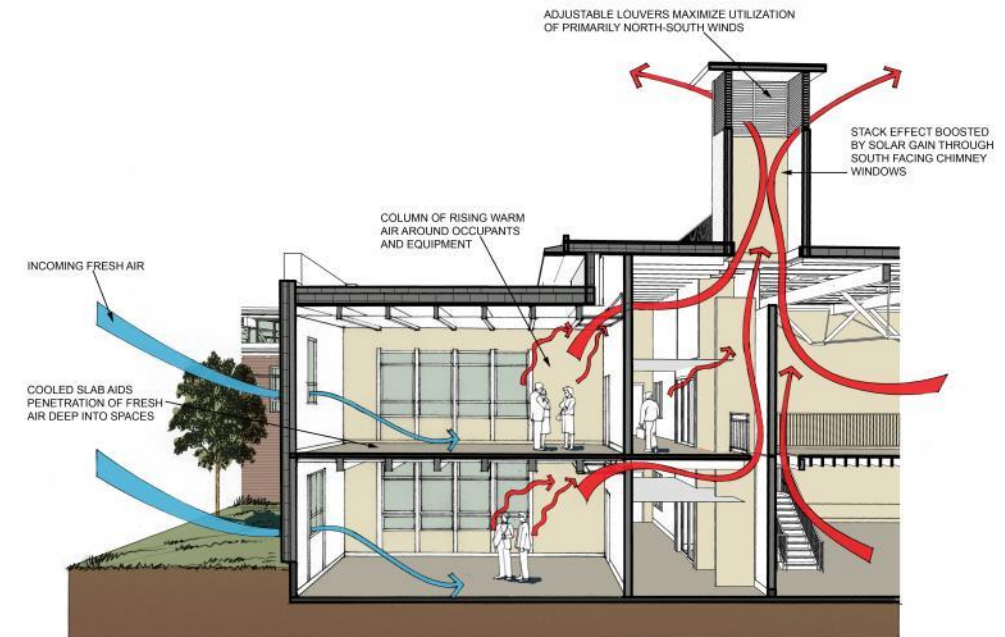
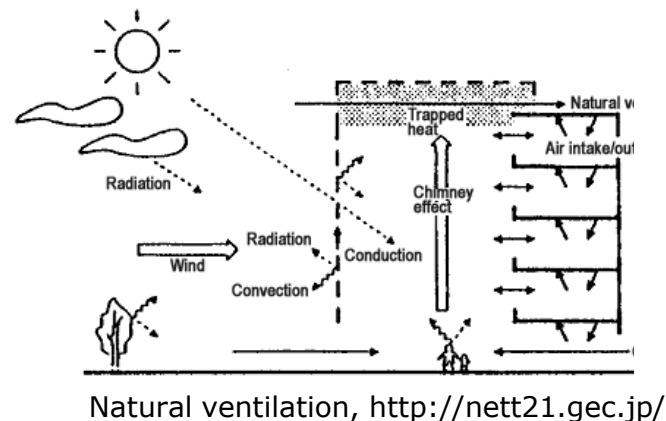
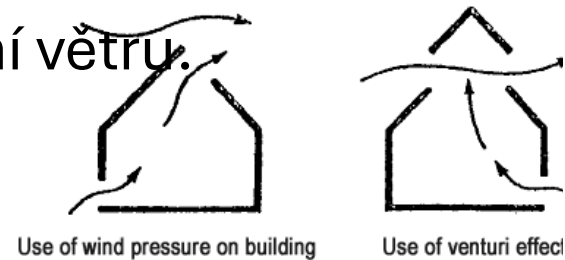
Přirozené větrání

- **Jak dosáhneme účinku větrání?**
- Obecná definice:
- Větrání představuje výměnu znehodnoceného vzduchu v prostoru za venkovní čerstvý vzduch.
- Jak větrání probíhá:
- Pro zajištění větrání musíme uvést vzduch do pohybu - vytvořit vzduchový proud určitého průtoku.
 - Hybným činitelem je rozdíl tlaků vzduchu.

- **Jak dosáhneme účinku větrání?**
- **Přirozené větrání**
 - Principem je účinek vztakového proudění vzduchu o různé teplotě mezi interiérem a exteriérem a působením větru.
- **Nucené větrání**
 - Nucené větrání je založeno výhradně na změně tlaku vynucené prací mechanického zařízení – ventilátoru.
- **Hybridní větrání**
 - Využívá obou principů přirozeného a nuceného větrání v takové kombinaci, při níž je dosaženo cílů větrání při co nejnižší spotřebě energie.

Přirozené větrání

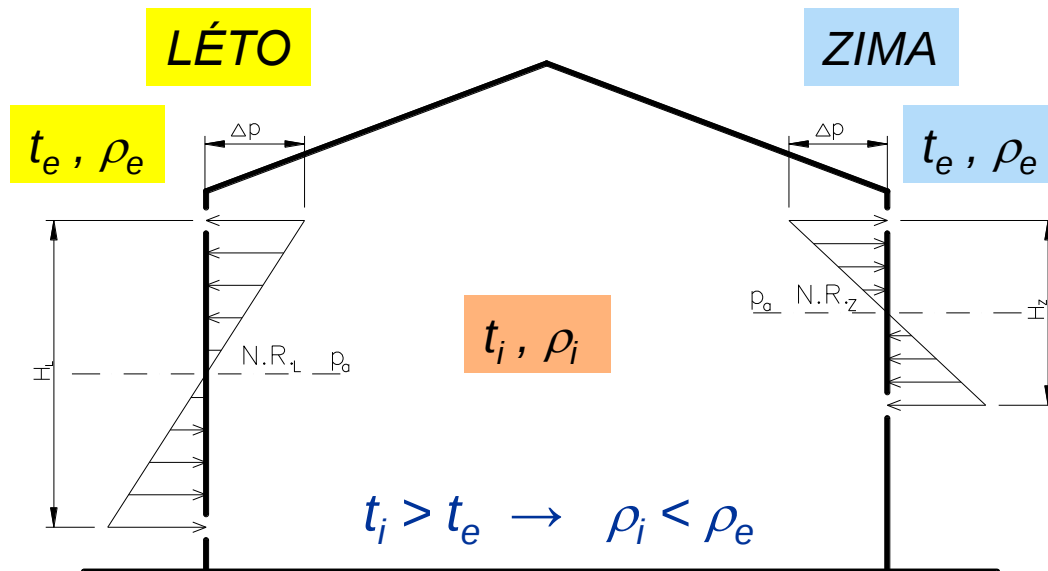
- Princip
- Základní principy podmiňující přirozené větrání:
 - Účinek vztlaku daný rozdílem měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě.
 - Dynamické působení větru.



Okanagan College Centre of Excellence, www.archdaily.com

- Princip
- Účinek vztlaku
 - daný rozdílem měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě

$$\Delta p = p_e - p_i = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [Pa]$$



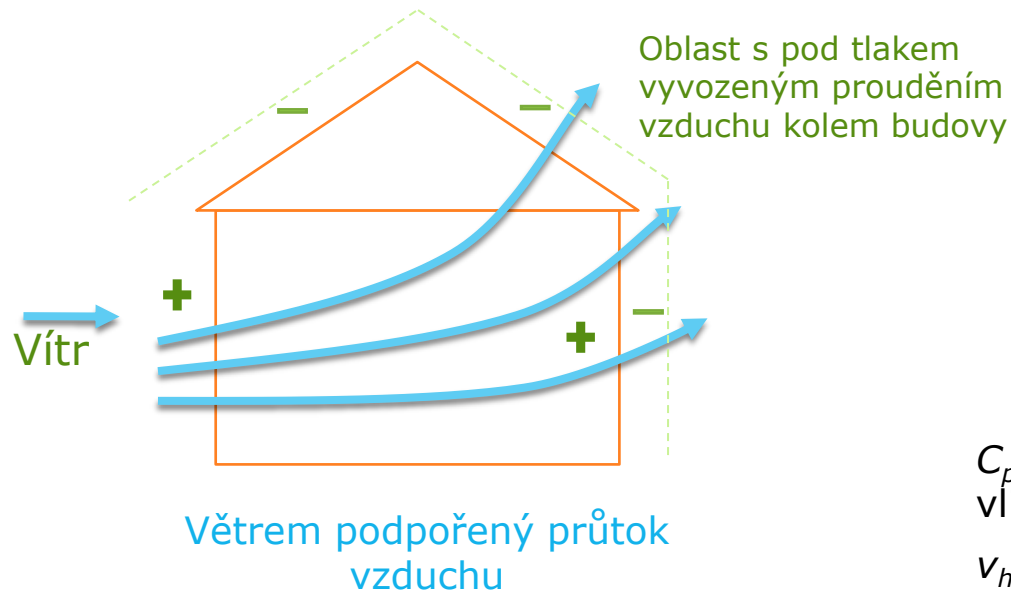
N.R. – neutrální rovina
– atmosférický tlak p_a

v letním období:

- menší rozdíl Δt než v zimě
- nižší Δp
- vyšší požadovaná výška HL



- Princip
- Působení větru
 - Účinek tlaku a sání větru na budovu podporuje proudění vzduchu budovou.
 - Proudění ve směru od návětrné na závětrnou stranu budovy.



Tlak větru na budovu p_s :

$$p_s = C_p p_d \quad [\text{Pa}]$$

Dynamický tlak větru p_d :

$$p_d = \frac{1}{2} \rho v_h^2 \quad [\text{Pa}]$$

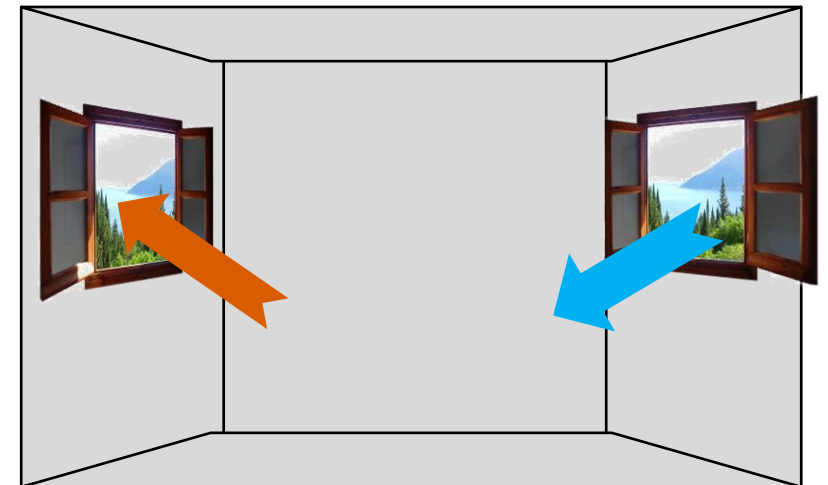
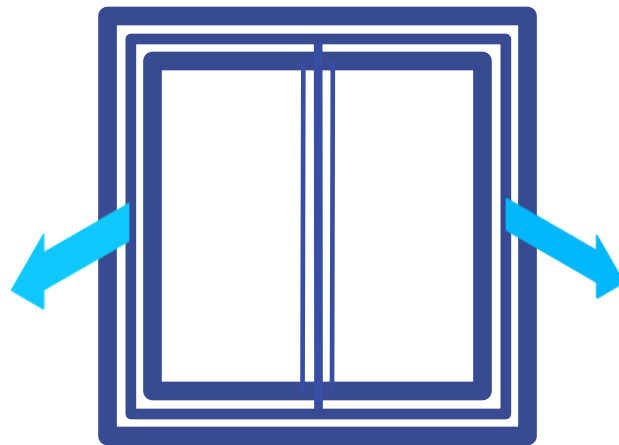
C_p souhrnný aerodynamický součinitel zohledňující vlivy okolí (terén, překážky, apod.) [-]

v_h rychlost větru ve výšce h [m/s],

ρ měrná hmotnost vzduchu [kg/m³],

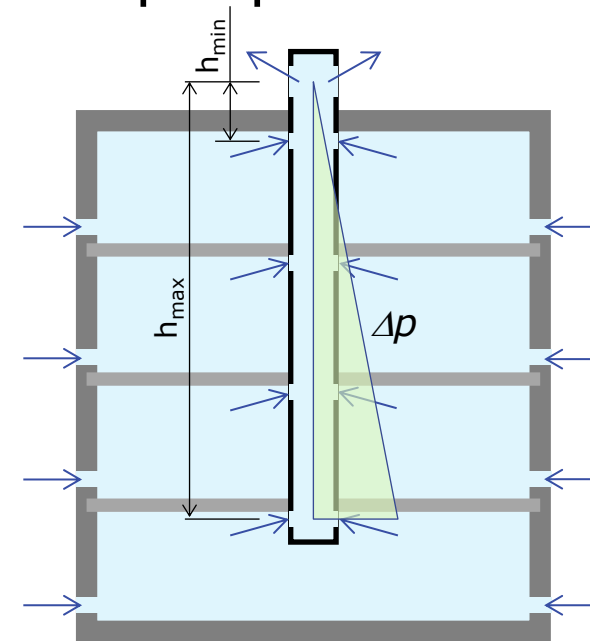
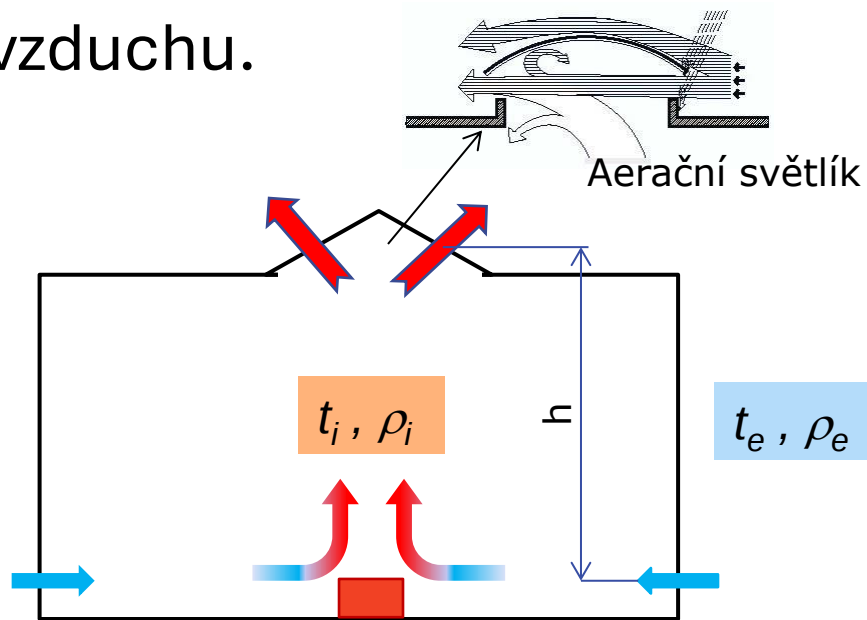
Přirozené větrání

- Rozdělení:
- **Infiltrace** (průvzdušnost spár) – výměna vzduchu spárami v obvodových konstrukcích (např. funkční spáry oken)
- Podle ČSN 73 0540-2 se nepřipouští netěsnosti a neutěsněné spáry - vzduchotěsnost
- **Provětrávání** – cílené větrání otevíranými okenními otvory



Přirozené větrání

- Rozdělení:
- **Aerace** – větrání místnosti pomocí otvorů pro přívod a odvod vzduchu umístěných s dostatečným výškovým rozdílem.
- **Šachtové** – větrání pomocí kombinace otvorů pro přívod a šachet pro odvod vzduchu.

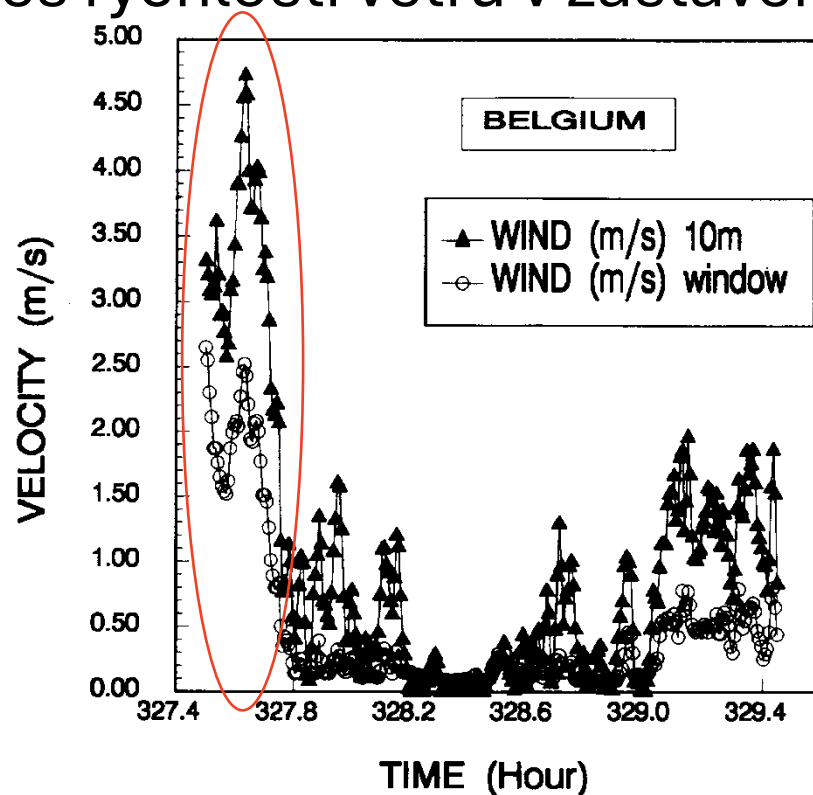


$$\Delta p = p_e - p_i = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [Pa]$$

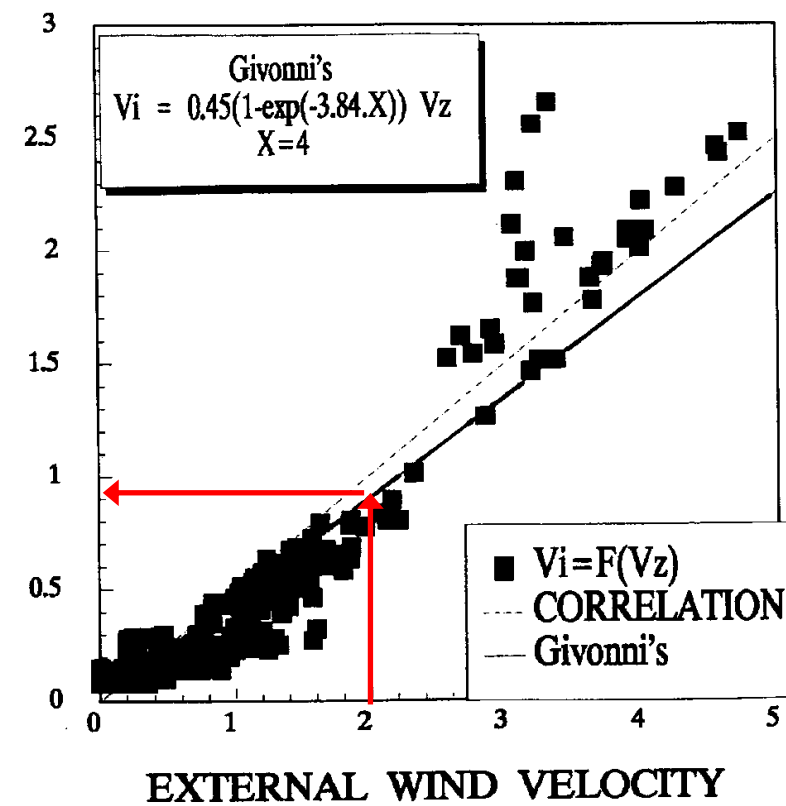
- Přímé vlivy na účinek přirozeného větrání:
 - Pokles rychlosti větru v zastavěném území
 - Vliv okolí stavby a jejího tvaru
 - Zvýšená teplota vzduchu ve městech
 - Přenos škodlivin
 - Přenos hluku



- Působení větru
- Pokles rychlosti větru v zastavěném území

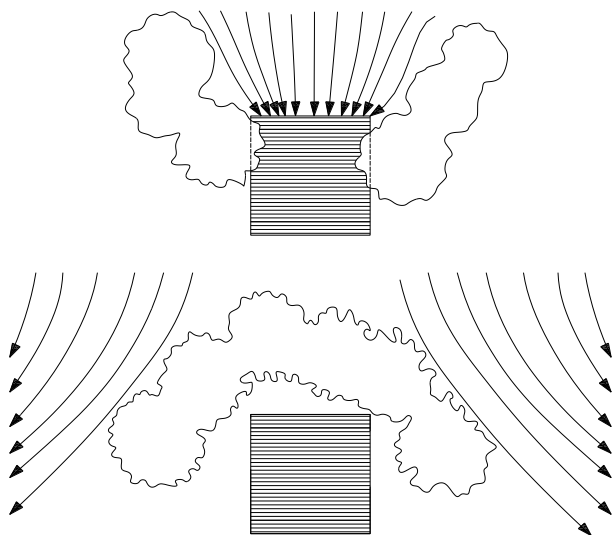


INDOOR AIR VELOCITY
UPPER PART OF OPEN WINDOW

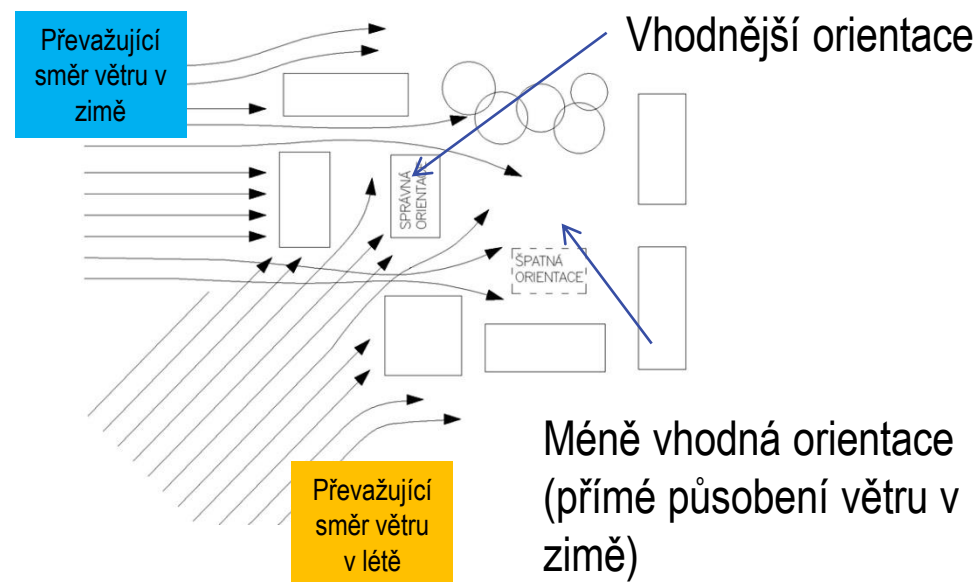


- **Působení větru**
- Vliv terénu a okolních budov
 - Expozice a orientace budovy
 - Rychlost větru a vyvozený tlak větru jsou v městském prostředí výrazně omezeny

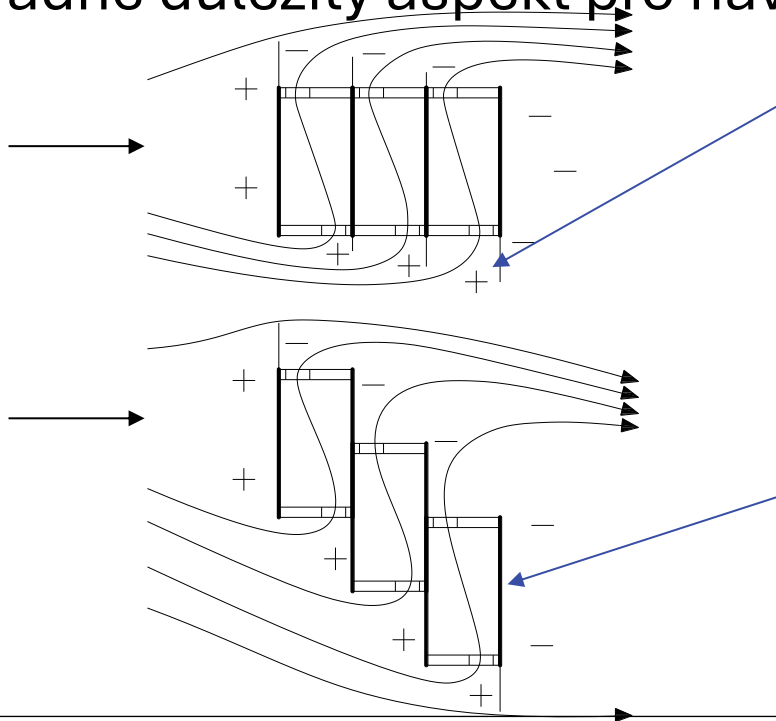
Vliv okolní zeleně a terénních překážek



Vliv okolní zástavby



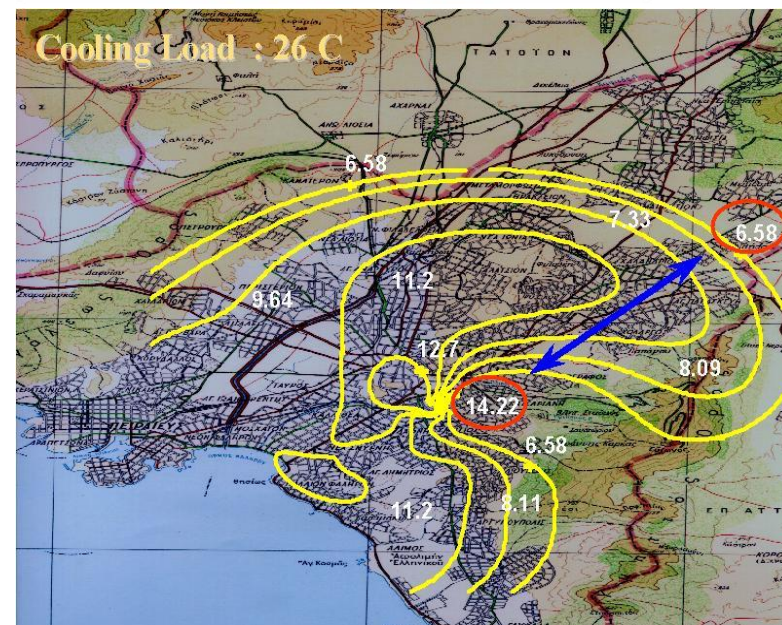
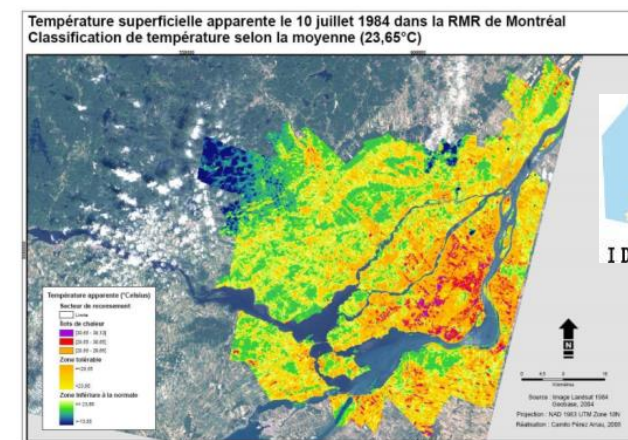
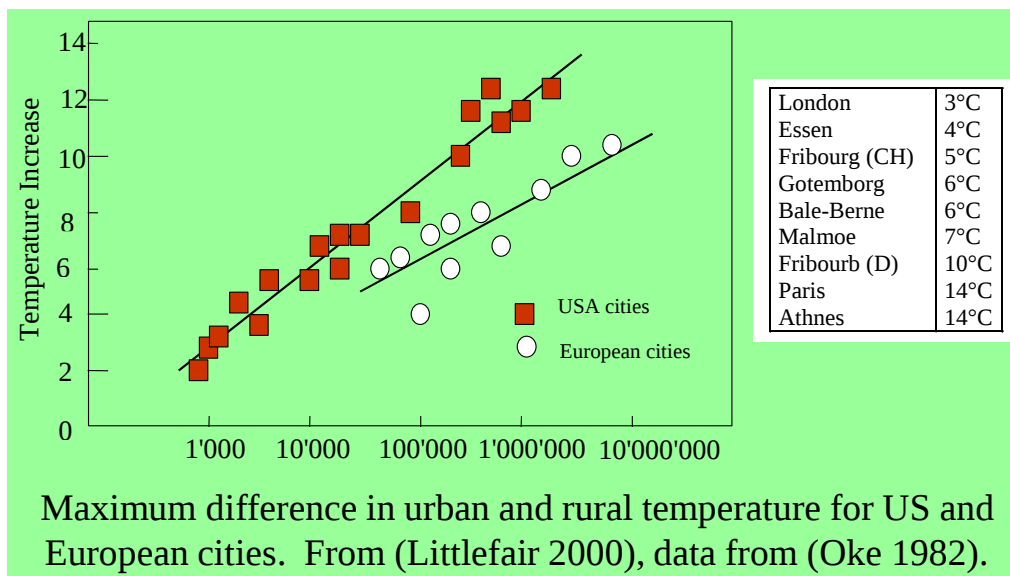
- **Působení větru**
- Vliv tvaru budovy
 - Členitost a tvar budovy s ohledem na směr větru ovlivní výsledný účinek přirozeného větrání.
 - Mimořádně důležitý aspekt pro návrh přirozeného větrání budovy



Kompaktní tvar budovy může být doplněn naváděcími stěnami pro zajištění příčného provětrání

Odvážnější tvar může být přizpůsoben tak, aby vítr lépe podnítil provětrání budovy.

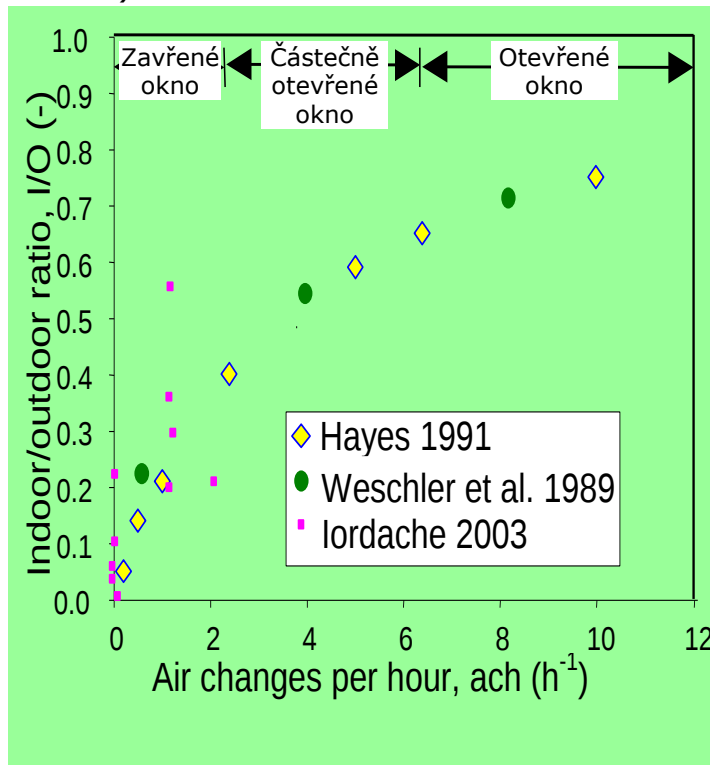
- **Teplota venkovního vzduchu**
- **Tepelné ostrovy**
 - Zvýšení teploty vzduchu v městském prostředí vlivem akumulace slunečního záření do zpevněných ploch, budov, aj. a následné tepelné výměny s okolím.



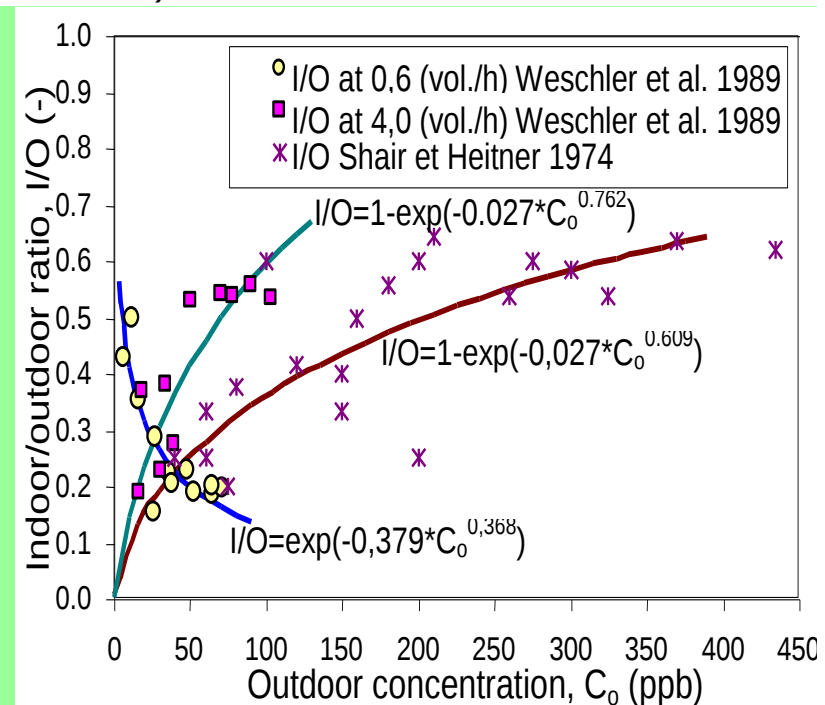
Rozložení tepelné zátěže [kWh/m³] v Aténách při nastavené teplotě v klimatizovaném prostředí 26 °C.

- **Omezení přirozeného větrání**
- Přenos škodlivin z venkovního prostředí
 - Příklad - Průběh poměru koncentrací ozónu ve vnitřním a venkovním prostředí

a) V závislosti na intenzitě větrání



b) V závislosti na venkovní koncentraci

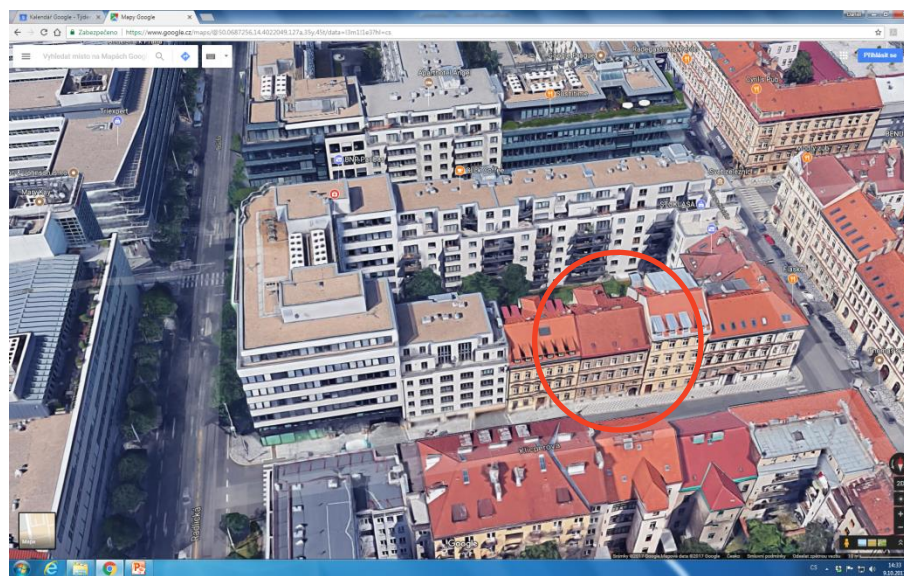
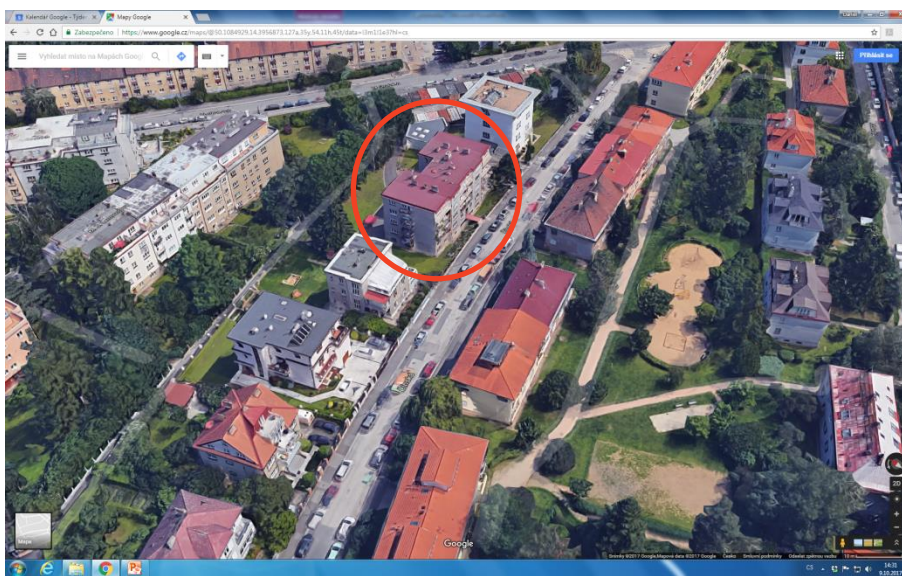




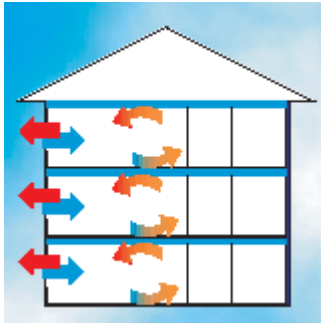
- **Omezení přirozeného větrání**
- Přenos hluku z venkovního prostředí
 - Přenos přímých i odražených zvukových vln od zdroje hluku větracími otvory.
 - Hladinu hluku před větracím otvorem ovlivňuje mnoho parametrů – doprava, poměr šířky ulice k výšce nad ulicí.
- Limity stanovuje NV 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
 - chráněná vnitřní prostředí - nemocniční pokoje, lékařské ordinace, obytné místnosti, hotelové pokoje, přednáškové síně, učebny, aj.
 - Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A se stanoví pro hluk pronikající vzduchem zvenčí součtem základní hladiny akustického tlaku A (40 dB) a korekcí dle druhu chráněného prostoru a denní a noční době (příloha č. 2).

Kontrolní otázka... ?

- Představte si dva byty, jeden v Dejvicích (levý obrázek), druhý na Smíchově (pravý obrázek).
- Popište rozdíly z hlediska podmínek pro využití přirozeného větrání.

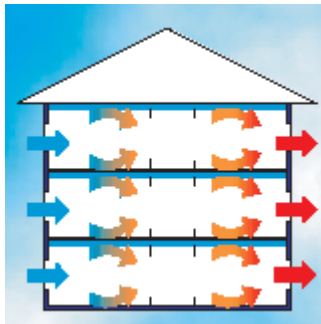


GOOGLE Earth



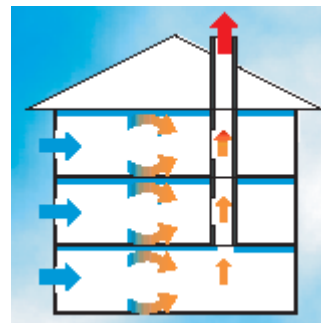
Jednostranné provětrávání

- Přívod a odvod vzduchu stejným otvorem.
- Méně účinné.



Příčné provětrávání

- Přívod a odvod na stejném podlaží
- Protilehlými otvory napříč podlažím
- Dveře, příčky vybavené větracími otvory
- Účinné při otevřených otvorech na návětrné straně



Šachtové větrání

- Přívod vzduchu otvory v obvodových stěnách
- Odvod šachtou
- Není nutný vliv větru

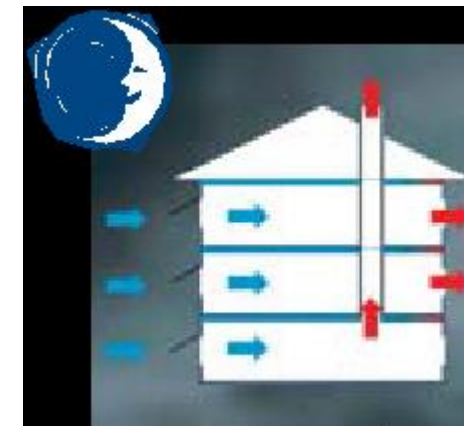


Volné chlazení

$$t_e < t_{\text{comfort}}$$

Stínění

- Tepelná a vizuální pohoda

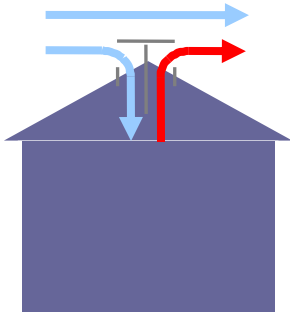


Noční chlazení

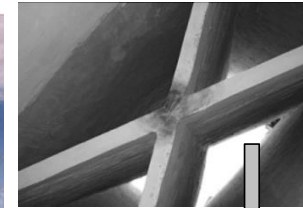
- Dostatečná tepelná kapacita
- Minimální výměna vzduchu 10 h^{-1}



- Doplnkové prvky pro podporu působení větru
- Větrné věže

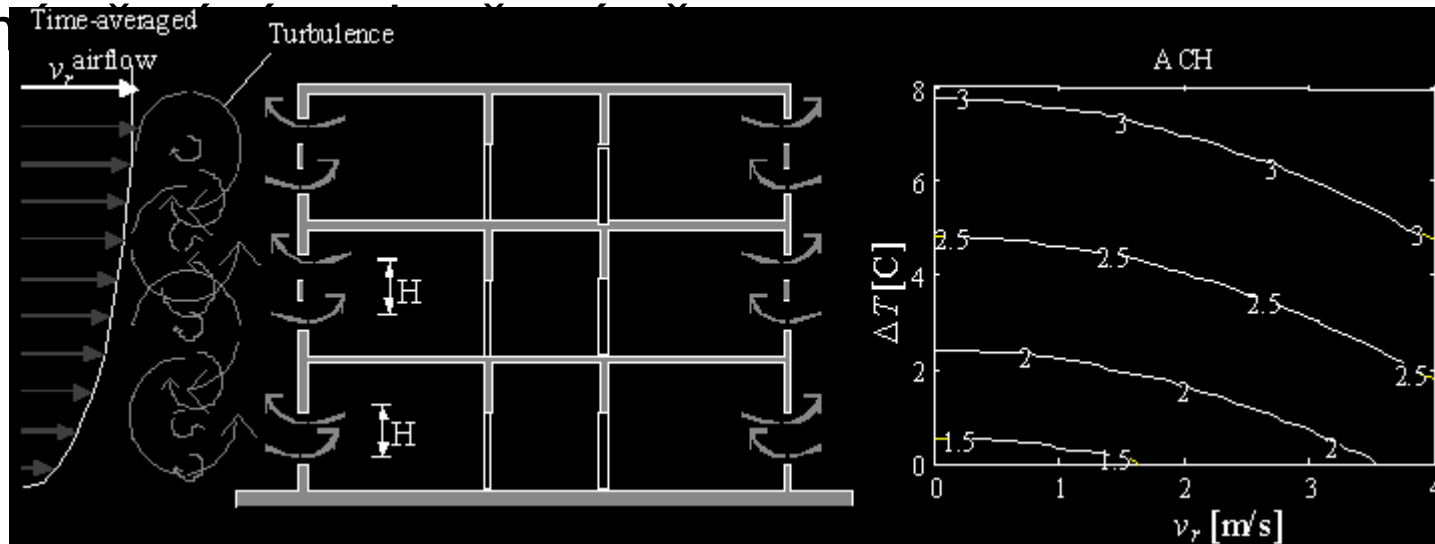


Badgir (WindCatcher)





- Využití působení větru
- Jednostranné větrání



Model De Gidds a Phaff

$$Q = 0.5 A_w v_{eff}$$

A_w – efektivní plocha otevřeného okna

v_{eff} – efektivní rychlost proudícího vzduchu v okně

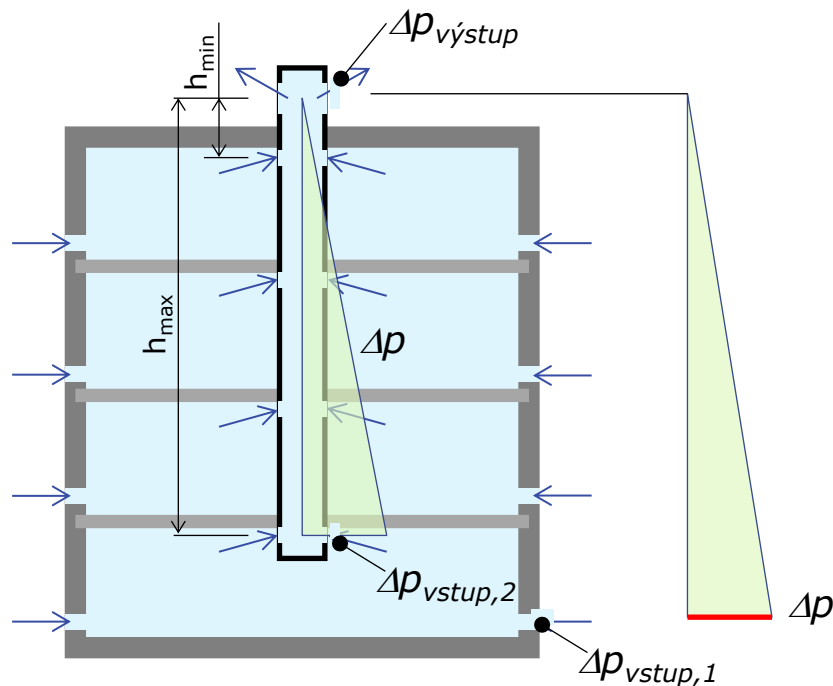
*Výměna vzduchu vypočtená pro
místnost vysokou 2,7 m s okny
vysokými 1,5 m o ploše 1/20
plochy podlahy místnosti*



- Šachtové větrání
- Větrání využívající účinného vztlaku

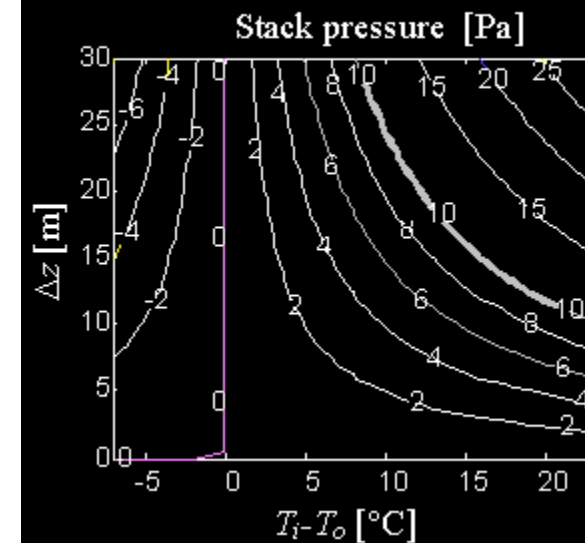
$$\Delta p = p_e - p_i = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [\text{Pa}]$$

$$\Delta p = \Delta p_{\text{vstup}} + \Delta p_{\text{šachta}} + \Delta p_{\text{výstup}}$$



Účinný vztlak v závislosti na
teplotním rozdílu vnitřního a
venkovního vzduchu a výšce šachty

F. ALLARD- CHAMPS Seminar Nanjing 20-22/03/2011

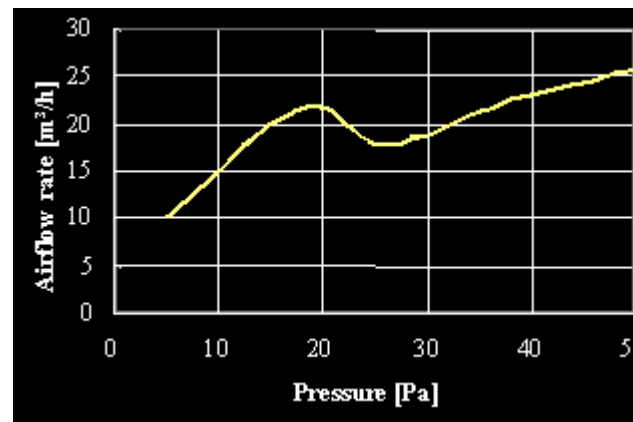




- Prvky pro přívod venkovního vzduchu
- Požadavek na minimální tlakovou ztrátu
- Samoregulační pro snížení vlivu intenzivního větru.



samoregulační



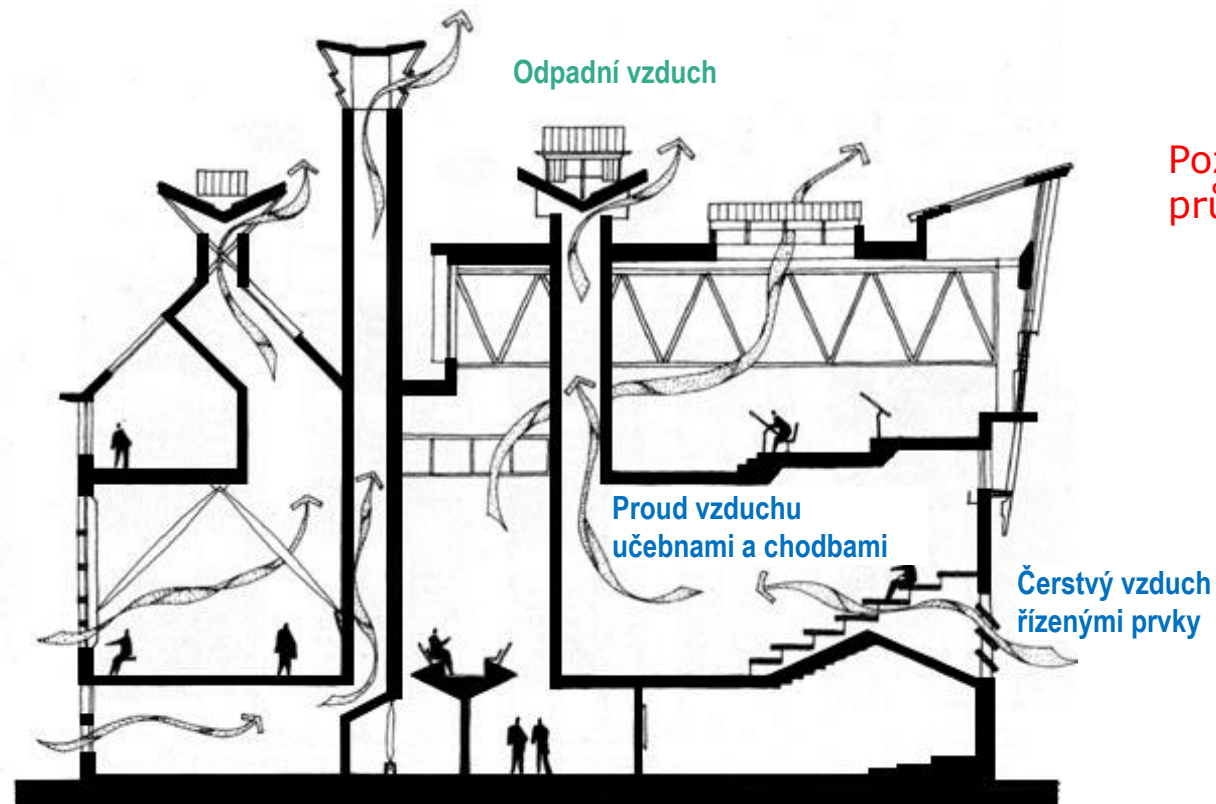
samoregulační



S útlumem hluku z okolí

Příklady přirozeného větrání

- School of Engineering, De Montfort University, Leicester, UK.
 - Využití systému větracích šachet.



Pozor na místní průvan!

Příklady přirozeného větrání



- Library and Resource Centre Coventry University, UK.

Základní fakta:

- Univerzitní knihovna otevřena v roce 2000;
- lokalita městského centra;
- rozlehlá budova (50 m x 50 m);
- čistě přirozené větrání bez podpory ventilátorů;
- noční chlazení;
- stínění přímému slunečnímu záření;
- čerstvý vzduch pro vnitřní atrium kanálem pod budovou;
- větrací šachty na obvodě v kombinaci s centrálním odvodem přes atrium;
- zónové řízení podle koncentrace CO₂ s kontrolou teploty vzduchu;
- klimatizace pouze v počítačových sálech.



Vnímání uživateli:

Tepelná pohoda přijatelná,
Velmi pozitivní přijetí,
Hlášen mírný přenos hluku knihovnou

(Simons et al International Journal of Ventilation ,
Vol 2, N°1,2003)

F. ALLARD- CHAMPS Seminar Nanjing 20-22/03/2011

Příklady přirozeného větrání



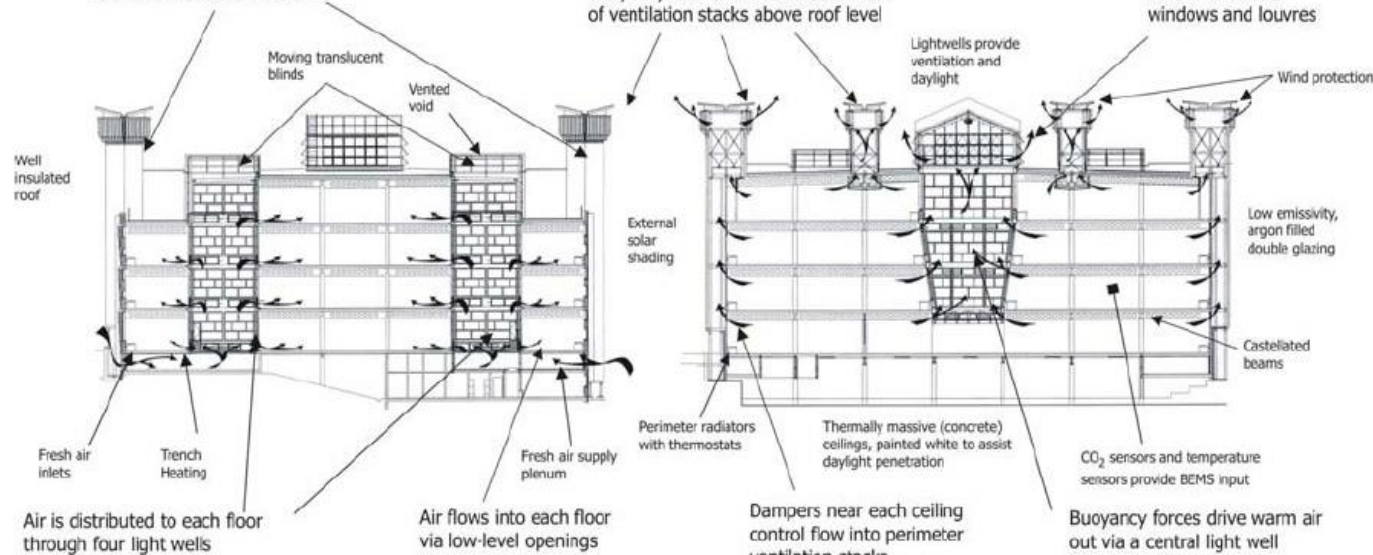
Perimeter Ventilation stacks



Buoyancy forces drive exhaust air out of ventilation stacks above roof level



BEMS controlled windows and louvers



- Základní důvody pro větrání jsou přívod čerstvého vzduchu osobám v prostředí budovy a ředění či odvod škodlivin.
- Pro naplnění tohoto cíle je potřeba stanovit množství čerstvého vzduchu, který má za úkol přivést větrací systém.
- Pro dosažení požadované výměny vzduchu máme – přirozené, nucené, hybridní.
- Přirozené větrání – využívá přírodních sil, účinku vztaku daného teplotním rozdílem mezi venkovním a vnitřním vzduchem a účinků větru.
- Přirozené větrání je funkční systém, který však je velmi závislý na okolních podmínkách a jeho vlastnosti je nutné v provozní strategii zohlednit.

... děkuji za pozornost!

Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.
Katedra technických zařízení budov