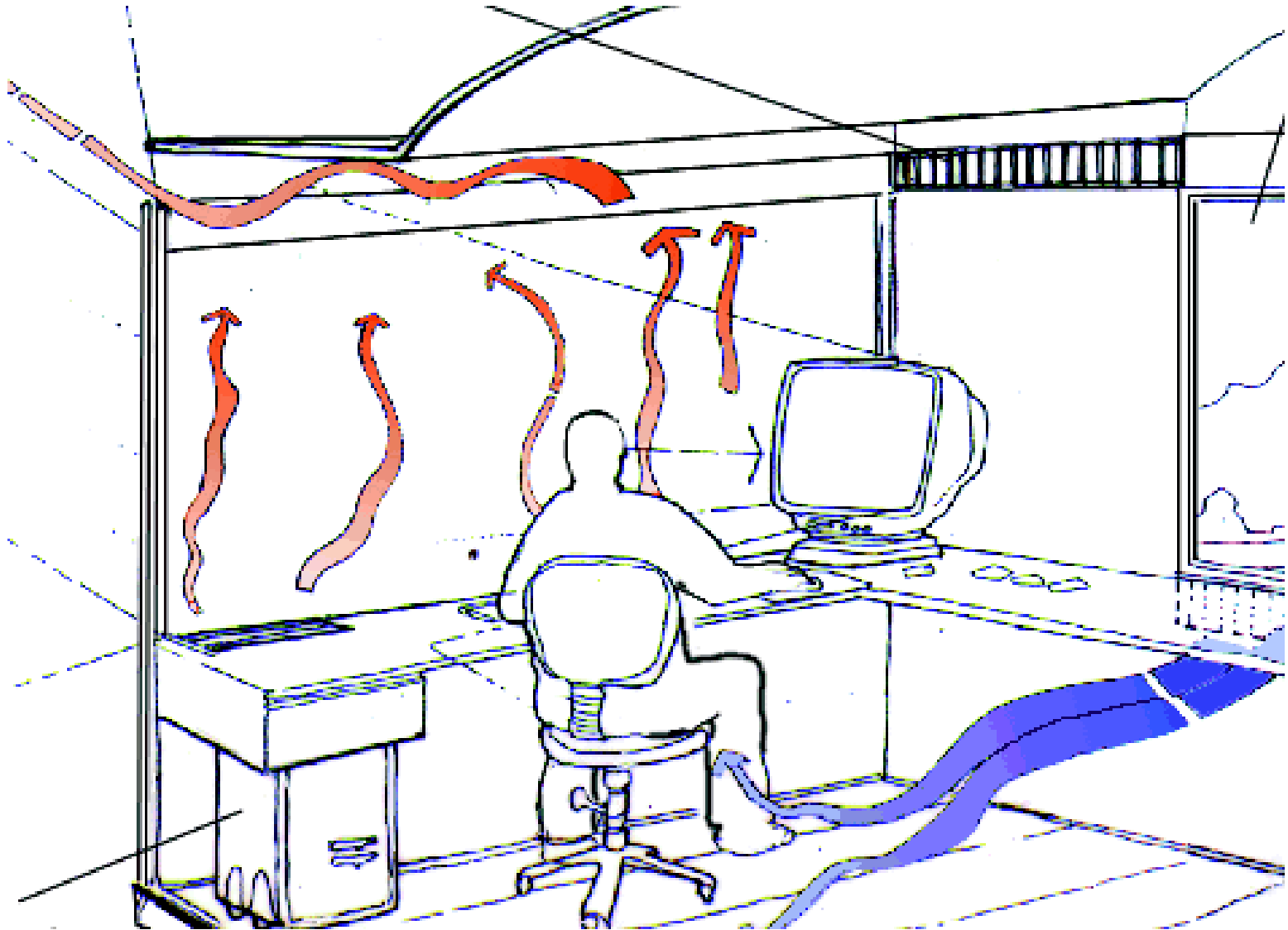


Pohodové klima ve třídě_



Hygienické předpisy stanovují množství čerstvého vzduchu, které je potřeba do pobytových prostor přivádět buď podle podlahové plochy, vnitřního objemu budovy či předpokládaného počtu osob.

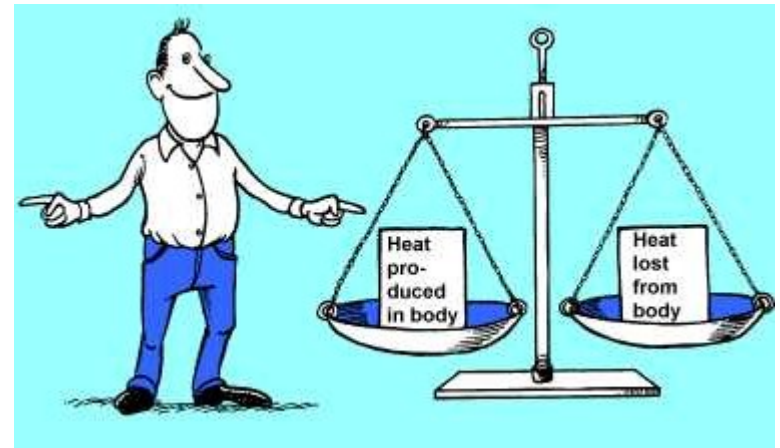
V ČR je třeba řídit se zejména nařízením vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, případně vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

Oba předpisy odvozují intenzitu větrání ve veřejných prostorech dle množství osob a jejich činnosti – od hodnoty 20-30m³/hod na žáka ve školských zařízeních až po 150m³/hod v diskotékách.

U bytových zatím kromě normy ČSN 73 0540-2 (poněkud vágně definující intenzitu větrání dle velikosti obestavěného prostoru) neexistuje předpis, který by větrání jednoznačně řešil.

Tepelná pohoda je stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez výrazného pocení (objektivní) a kdy je se 90% lidí cítí spokojeno (subjektivní).

Pohoda závisí na mnoha subjektivních činitelích zejména na věku, oblečení, tělesné aktivitě, zdravotním stavu aj.



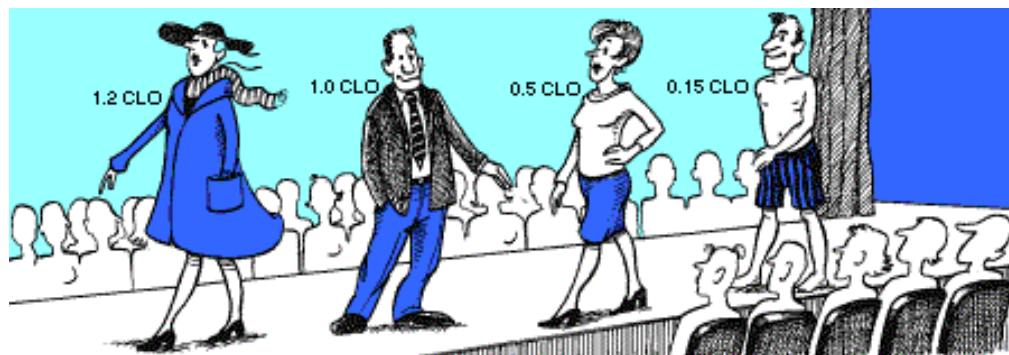
Tepelný komfort --- znamená rovnováhu mezi teplem produkovaným a odebíraným.

Celkový tepelný výdej člověka při studiu je $70\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

dospělý student je 100W zdrojem tepla

Činitelé rozhodující pro odnímání tepla:

- teplota vzduchu,
- teplota okolních ploch
- rychlost proudění vzduchu
- vlhkost vzduchu,
- tepelné izolační vlastnosti oděvu,
- aj.

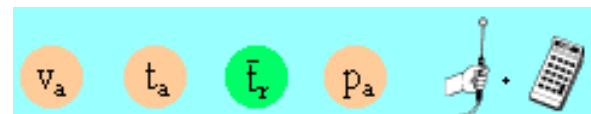
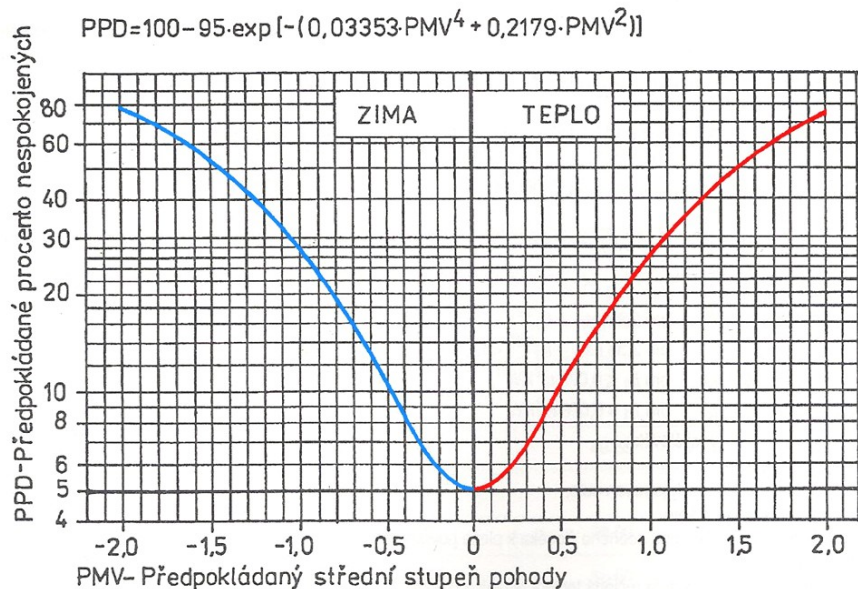


$$1\text{clo}=0.155\text{m}^2\text{K/W}$$

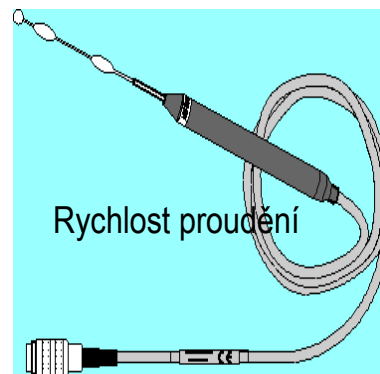
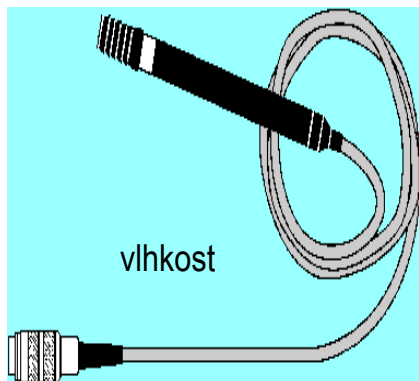
Teplo, které produkují lidé závisí na tělesné aktivitě a na teplotě okolí. Teplo se z organismu do okolního prostředí šíří sáláním, prouděním, vedením, odpařováním a vydýcháním.

PMV je možné stanovit z energetických bilančních rovnic výpočtem.
Potřebujeme k tomu znát energetický výdej osob a změřit parametry prostředí.

Ukazatel PPD - předpokládané procento nespokojených se byl stanoven na základě pokusů a statistického zpracování. Každé hodnotě PMV přísluší PPD.



Měřené veličiny



interní mikroklima	základní veličiny	forma agencií	typické zdroje agencií
odérové	koncentrace plyných látek [mg/m ³ , p.p.m.]	vůně, zápach	kosmetika, cigarety
tepelně vlhkostní	teploty vzduchu, ploch [°C] vlhkost vzduchu	tepelná výměna, vodní pára	lidé, technologie
aerosolové	koncentrace aerosolů [mg/m ³]	rozptýlené pevné či kapal. škodliviny ve vzduchu	prach, aplikace nátěrů,
toxické	koncentrace toxických látek [mg/m ³]	rozptýlené plynné škodliviny ve vzduchu	spalování, chemické látky (oxidy uhlíku, síry, atd.)
mikrobiální	koncentrace mikroorganismů [1/m ³]	mikroorganismy ve vzduchu	lidé, flóra a fauna

Účel větrání v učebně:

- **Jde o to zabránit nárůstu CO₂ v místnosti ?**

v běžných prostorách CO₂ obvykle nepřesahuje mezní hodnoty, max. koncentrace CO₂ ve vzduchu nemá dlouhodobě přesáhnout **0,12 %** (tj. 1200ppm, 1litr/m³ - 1800mg/m³).

Množství vyprodukovaného **CO₂ na osobu činí podle aktivity 10-75 litrů za hodinu**, v praxi to znamená v učebně (200m³) se 30lidmi **2-3 krát** vyměnit vzduch za hodinu.

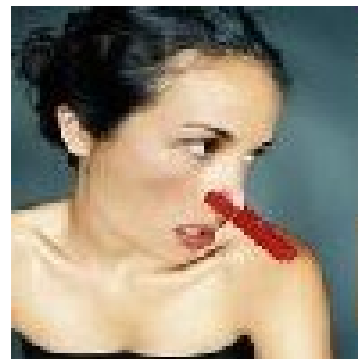
Tolerance vůči zvýšené hladině CO₂ je velká, zvýšený obsah CO₂ ve vzduchu interiéru není vhodný ukazatel větrání sám o sobě.

Další podezřelí:

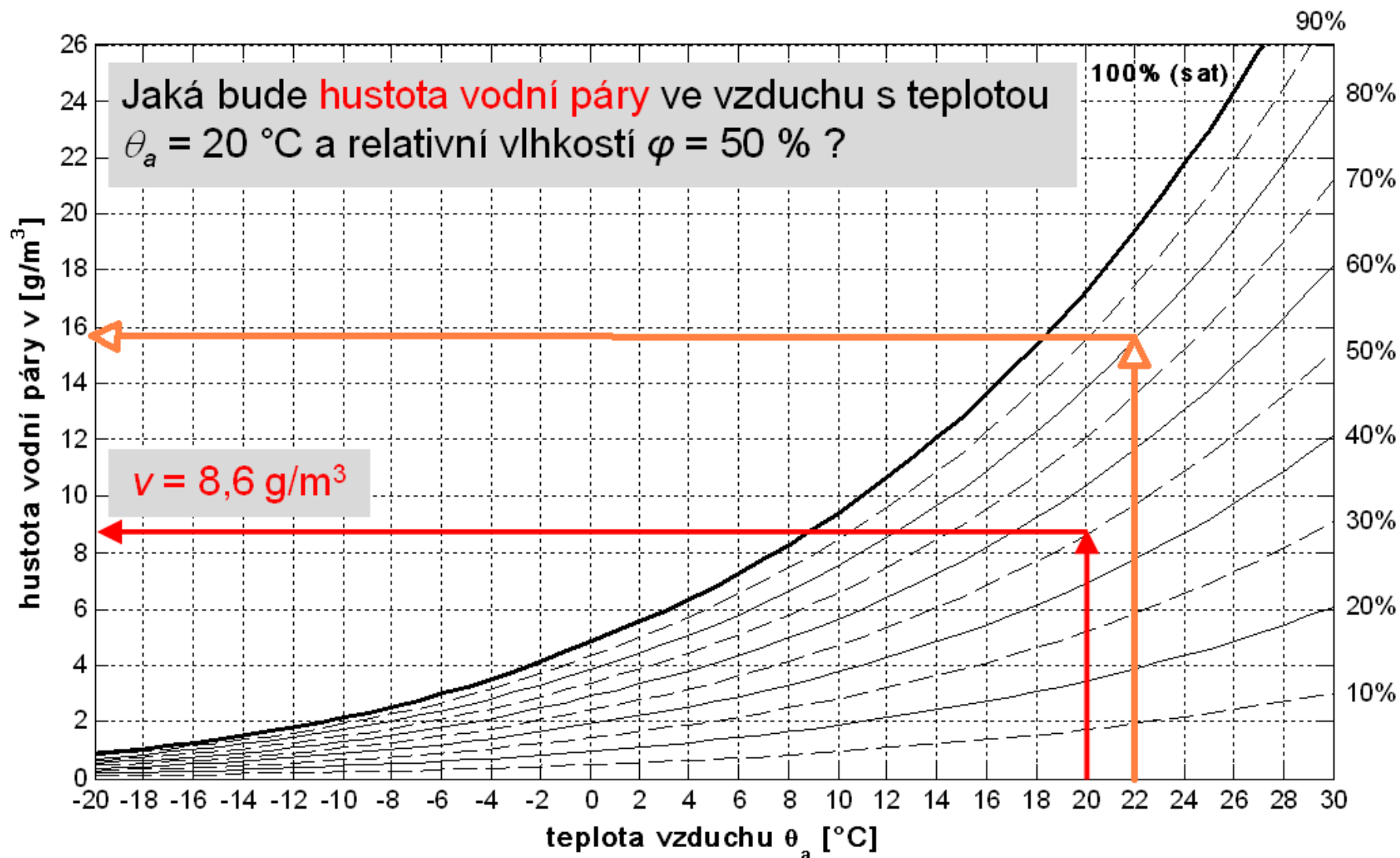
- **Vlhkost – vodní pára?**

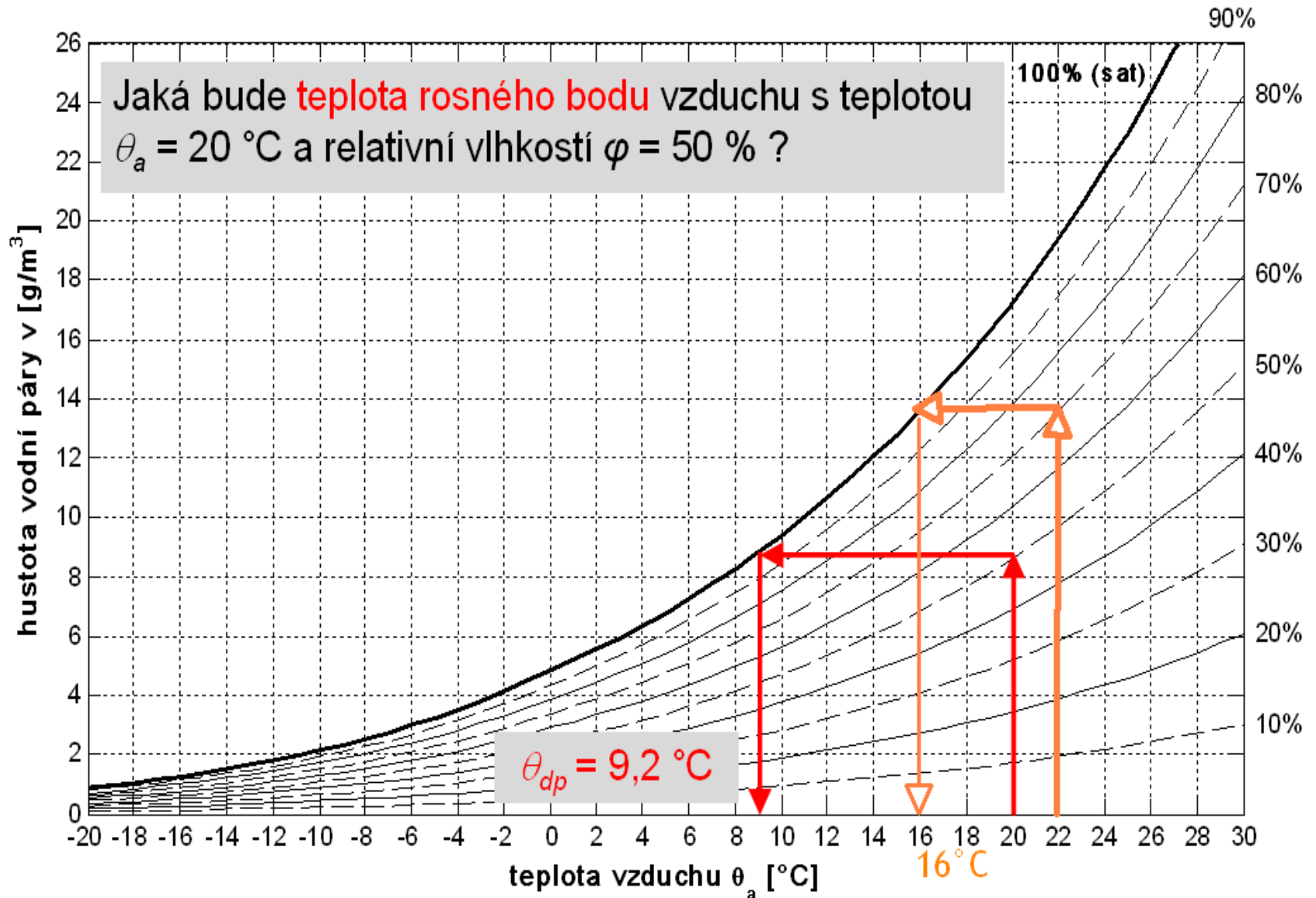
- **Oděry (nelibé pachy)?**

Epidemiologické opatření ?



Vodní pára ?





VLHKOST

□ působí přímo nebo nepřímo

□ čtyřčlenná domácnost = 12,5 kg vodní páry denně

Zdroj	Produkce [g.h ⁻¹]	Zdroj	Produkce [g.h ⁻¹]	Zdroj	Produkce [g.h ⁻¹]
Koupel ve vaně	700	Sušení prádla	50 - 200	Člověk v klidu	30
Koupel se sprchou	2600	Pračka	300	Lehká práce	40 - 200
Vaření - teplá jídla	600 - 1500	Pokojevé rostliny	5 - 20	Středně těžká práce	120 - 200
Spalování plynu na plynovém sporáku	1500 g na 1 m ³ plynu	Vytírání podlahy, mokré čištění	1 000	Těžká práce	200 - 300

OBYTNÉ MÍSTNOSTI

pozn. (zdrojem škodlivin jsou pouze lidé)

RH	$V_{zimní_období} = \frac{30\text{ g/h}}{1,205\text{ kg/m}^3 \cdot (6 - 3,5)\text{ g/kg}} = 9,96\text{ m}^3\text{ h}^{-1}\text{ na osobu}$
O ₂	$V = \frac{m}{\rho - \rho_{min}} = \frac{104,75\text{ l/h}}{(0,2095 - 0,11)} = 1060\text{ l/h} = 1,06\text{ m}^3\text{ h}^{-1}\text{ na osobu}$
CO ₂	$V = \frac{m}{\rho_{max} - \rho} = \frac{19\text{ l/h}}{(1000 - 350)\text{ ppm} \cdot 10^{-3}} = 29,2\text{ m}^3\text{ h}^{-1}\text{ na osobu}$

KOUPELNA – max. RH 90 %

sprcha: 195 m³.h⁻¹

vana: 52 m³.h⁻¹

KUCHYŇ - max. RH 70%

Plynový sporák zemní plyn: 200 – 450 m³.h⁻¹

Elektrický sporák: 80 – 200 m³.h⁻¹ dle produkce (600 -1500 g.h⁻¹)

Odérové mikroklima

Odéry jsou plyny vnímané jako vůně nebo zápachy, produkované člověkem příp. uvolňované ze stavebních konstrukcí. Ovlivňují náladu.

Odérová složka spolu s vlhkostí vzduchu determinuje výměnu vzduchu v interiéru obytného prostředí.

Není to ani **potřeba kyslíku pro dýchání**, která je ve srovnání s požadavky na odstraňování odérů minimální (potřebné množství vzduchu je pouze cca $1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na osobu), ani potřeba odstraňování CO_2 , případně toxických plynů, které se běžně v těchto interiérech nevyskytují.

Člověk je schopen rozlišit látky v koncentracích, jaké jsou běžnými metodami nezjistitelné.

U růžového oleje je to například již množství 20 nanogramů v 1 m^3 vzduchu.



KDO ZA VĚDU HOŘÍ

BURNING FOR SCIENCE

Ve druhé polovině 19. století se hygiena profilovala jako vědecký medicínský obor a začala být samostatně vyučována na evropských univerzitách.

Zakladatel oboru **Max von Pettenkofer** (1818-1901) zavedl objektivní vyšetřování faktorů prostředí a hodnocení jejich vztahu ke zdraví. Jako první definoval různé hygienické limity, které jsou dodnes pokládány za základ zdravotního zabezpečení pitné a odpadní vody, půdy, ovzduší, obydlí a potravin.

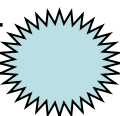
Cílem hygieny je zlepšování podmínek jako předpokladu zlepšení zdravotního stavu populace a tím i kvality života.



Základní myšlenka pro ventilaci podle Pettenkofera je ta, že lidé by měli vnímat kvalitu vzduchu jako přijatelnou od prvního okamžiku při vstupu do místnosti. -

Pettenkofer zavřel člověka do neprodyšně zhotovené světničky, zvláštním respiračním aparátem přiváděl mu tam čerstvý vzduch a veškeré vydechnuté páry a plyny odváděl zase zvláštní rourou ven tak dokonale, že světnička naplňovala se jenom kožními výpary onoho člověka. (Vratislav Kučera, *O přirozeném léčení*)

Pettenkofer si uvědomil, že koncentrace CO₂ silně koreluje s „vůní“ lidských pachů. Zjistil, že pachy mají nejsilnější účinek ze všech smyslových vjemů a že působí bezprostředně na psychický stav



Geht man vom Mensch als alleinigen Luftverunreiniger aus, so läßt sich der CO_2 -Gehalt bei stationärer Betrachtungsweise in decipol umrechnen. Aus der stationären Gleichung

$$\text{LWR}_{\text{m}} = \frac{\dot{\text{CO}}_2_{\text{stör}}}{\text{CO}_2_{\text{i}} - \text{CO}_2_{\text{a}}}, \quad (2.3-25)$$

folgt mit der Definition von LWR ($\dot{V} = \text{LWR} \cdot V_{\text{Raum}}$, Gleichung 2.3-4) sowie der Abkürzung

$\dot{\text{CO}}_2_{\text{prod}} = V_{\text{Raum}} \dot{\text{CO}}_2_{\text{stör}}$ in $[\text{m}^3/\text{h}]$ für die CO_2 -Produktionsrate der Ausdruck

$$\dot{V} = \frac{\dot{\text{CO}}_2_{\text{prod}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]}{\text{CO}_2_{\text{i}} - \text{CO}_2_{\text{a}} \quad [\text{ppm}]} \quad (2.4-5)$$

Somit läßt sich der FANGER-Maßstab (Gleichung (2.4-4)) mit dem CO_2 -Maßstab vergleichen:

$$\dot{V} = \frac{\dot{\text{CO}}_2_{\text{prod}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]}{\text{CO}_2_{\text{i}} - \text{CO}_2_{\text{a}} \quad [\text{ppm}]} = \frac{\text{LQ}_{\text{stör}} \quad [\text{olf}]}{\text{LO} \quad [\text{decipol}]} \quad (2.4-6)$$

Bei einer angenommenen CO_2 -Produktionsrate eines Menschen von $\dot{\text{CO}}_2_{\text{prod}} = 18 \text{ Liter/s} = 64.8 \text{ m}^3/\text{h}$, dies entspricht definitionsgemäß einer Verunreinigung $\text{LQ}_{\text{stör}} = 1 \text{ olf}$, folgt aus Gleichung (2.4-6)

$$\frac{\text{CO}_2_{\text{i}} - \text{CO}_2_{\text{a}}}{500} \quad [\text{ppm}] = \text{LO} \quad [\text{decipol}]. \quad (2.4-7)$$

Epidemiologické opatření ?

Ano, pro zařízení s větším počtem osob je na místě, vyhláška MZ 108-2001 stanoví výměnu vzduchu na žáka 20-30m³/h, v praxi: nelze dodržet, kromě operačních sálů se to neměří

Spotřeba kyslíku člověkem je nízká, cca **20-25 litrů za hodinu**, takže hlavním důvodem, proč větrat, je **odvod látek, vznikajících jednak v důsledku pobytu osob** (vodní pára, oděry –pachy, CO₂), jednak jako produkty prostředí (organické těkavé sloučeniny - VOC, oxid uhelnatý, atd.).

Pokud není v budově kromě lidí jiný významný zdroj znečištění, lze regulaci množství výměny vzduchu vázat na koncentraci oxidu uhličitého, který má přímou vazbu na metabolismus člověka – na každých 5 spotřebovaných molekul kyslíku vyprodukuje lidský organizmus 4 molekuly CO₂

POROVNÁNÍ POŽADAVKŮ NA VĚTRÁNÍ

Stát	Požadavky	Stát	Požadavky
Belgie	3,6 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻² podl. plochy, ložnice min. 75 - 150 m ³ .h ⁻¹	Finsko	0,5 h ⁻¹ 14,4 m ³ .h ⁻¹ na osobu
Dánsko	min. 0,5 h ⁻¹ v každé místnosti a pro celý dům min. 0,35 l.s ⁻¹ .m ²	Česká republika	ČSN 73 0540: n = 0,3 - 0,6 h ⁻¹ Vyhl. 137/1998 sb. n = 1 h ⁻¹ ČSN 06 0210 - n = 0,5 h ⁻¹
Itálie	min. 0,5 h ⁻¹	Norsko	0,5 h ⁻¹
Německo	0,17 - 0,5 h ⁻¹ DIN 1946-6 20 m ³ .h ⁻¹ na os. volné větrání, 30 m ³ .h ⁻¹ na os. nucené větrání	Polsko	1 h ⁻¹ 30 m ³ .h ⁻¹ a zároveň 20 m ³ .h ⁻¹ na osobu
Rusko	3 m ³ .h ⁻¹ na m ² podlahové plochy, nebo 60 m ³ .h ⁻¹ na osobu	ASHRAE Standard 62	0,35 h ⁻¹ 27 m ³ .h ⁻¹ na osobu
Estonsko	1,0 - 0,5 l.s ⁻¹ .m ⁻²	Velká Británie	CIBSE 28,8 m ³ .h ⁻¹ na osobu

Pro aktivní větrání okny:

Doba potřebná pro větrání k úplné výměně vzduchu v místnosti při nárazovém větrání (úplně otevřené okno) je závislá na venkovní teplotě (v zimě 5min, na jaře a podzim 15 min, v létě 25 až 30 minut)

Už mírný vítr (cca. 5 km/h) může výměnu vzduchu zdvojnásobit. Nejsilnější hnací silou pro větrání je „termika“. Čím je větší rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem, tím větší je snaha teplého vzduchu uniknout otevřenými okny.

Závěr:

Jako kritériální a měřitelná hodnota se udává tzv. **Pettenkoferovo kritérium**. Jde o koncentraci 0,10 % (1000ppm) CO₂ (1877)

Pro průběžné odstraňování běžných tělesných pachů klasický Pettenkoferův normativ požaduje **15-25 m³.h⁻¹** na osobu.

Splnit, aby takový proud vzduchu zajistil komfort obyvatel lze dosáhnout pouze pomocí řízeného větrání.

Tato hodnota je stále základní veličinou standardů většiny vyspělých států. Vychází z ní standard ASHRAE, DIN aj..

1 osoba - CO₂ (podle aktivity) 10 až 75 l za hodinu.

Ve čtyřčlenné domácnosti je proto potřebné množství čerstvého vzduchu za den 2000 a 3000 m³, aby koncentrace CO₂ zůstala pod kritickou hodnotou.

To znamená, že výměna vzduchu je potřebná v bytě s 75 m² každých 1,5 až 2 hodiny a v rodinném domě se 140 m² asi každé 3 hodiny.

Pracovní prostředí

Dávky vzduchu na osobu na pracovišti podle typu prováděné činnosti, resp. energetického výdeje zaměstnance, jsou uvedeny v nařízení vlády č. 361/2007 Sb.:

- 50 m³.h⁻¹ na zaměstnance tříd I nebo IIa (přibližně práce v sedě spojená s lehkou manuální činností),
 - 70 m³.h⁻¹ na zaměstnance tříd IIb až IIIb (přibližně práce vstoje občasně spojená s pomalou chůzí),
 - 90 m³.h⁻¹ na zaměstnance tříd IVa až V (těžká fyzická práce).
-
- V příp. kouření je požadováno zvýšení dávek vzduchu o 10 m³.h⁻¹/os.
 - S dalším zvýšením dávek vzduchu se počítá tam, kde je pracoviště s přístupem veřejnosti. Množství přiváděného venkovního vzduchu se zvyšuje úměrně předpokládané zátěži 0,2 až 0,3 osoby/m² nezastavěné podlahové plochy.

Množství vodní páry v obývaných místnostech

Vodní pára je plyn bez barvy a zápachu, trvale se produkuje ve velkém množství (ve čtyřčlenné domácnosti vzniká průměrně za den objem vodní páry cca. 10 000 až 19 000 l).

Relativní vlhkost vzduchu od ca. 40 do 70 % se považuje za normální.

Suchým vzduchem se podporuje elektrostatické nabíjení a vysušování sliznice, při velmi suchém vzduchu (pod cca. 40 %) se vyskytuje množení určitých bakterií, které jsou zodpovědné za bronchiální onemocnění

Při déle trvající relativní vlhkosti vzduchu více než 70 % vzniká větší riziko, že na chladných místech bude vodní pára kondenzovat --- plísně.

Oxid uhličitý CO₂

CO₂ se uvolňuje při dýchání a spalování, vysoké úrovně únava a potíže s koncentrací.

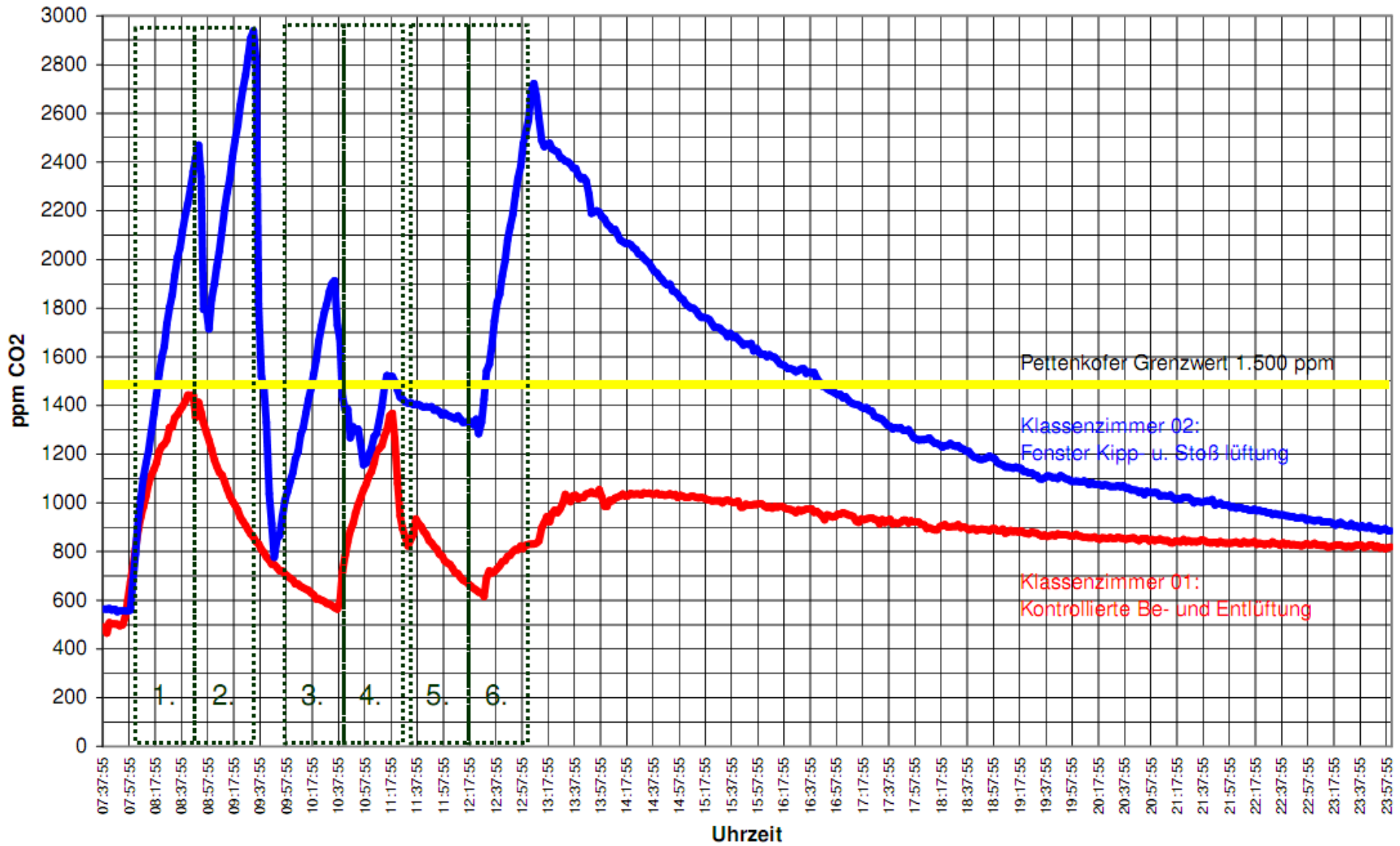
Jako strop, koncentrace CO₂ ve výši 0,1% (v závislosti na Pettenkofer).

Produkce CO₂ od dospělých je závislá na činnosti na 10 až 75 l za hodinu.

Výměna vzduchu je vyžadována 1 - 0,5 typické pro 4 - domácnosti a obytné ploše 74m².

Pettenkofer si uvědomil, že koncentrace CO₂ silně koreluje s vůní lidské pachy. Soulad s CO₂ koncentrace limit, dobrou kvalitu vnitřního ovzduší je způsobeno nízkou zaručena jinými látkami.

Zajistit trvalý soulad s limitem 1000 ppm CO₂ DIN 1946-6 potřebuje čerstvý vzduch, průtok 30m³ / h na osobu. Podle DIN 1946-2 pro vyšší, ale ne doporučený limit z 1500 ppm CO₂, stačí venkovní rychlost vzduchu 20m³ / h



Stanovení produkce CO₂ od osob:

V klidu (noc):

$q_1 = 40 \text{ Wm}^{-2}$; frekvence 12 - 16 vdechů/min, kapacita 500 ml/vdech, tj. 360 - 480 l vzduchu/hod/os. Při zastoupení CO₂ ve vydechovaném vzduchu 3,5 % obj. bude maximální produkce CO₂ :

Produkce = 480 litrů x 0,035 = **16 l CO₂/hod/dospělá osoba**.
(obdobně to vyjde z minutové produkce 0,26 l CO₂/min, tj. 15,6 l CO₂/hod).

Průměrná produkce CO₂ člena rodiny (2 dospělí + 2 děti):

$$p_g = \frac{(16 \times 2) + 0,8 (16 \times 2)}{4} = 14 \text{ l/hod/os osoba}$$

Den:

$q_1 = 60 \text{ Wm}^{-2}$; zvýšená produkce 20 l CO₂/hod/osoba:

$$p_g = \frac{(20 \times 2) + 0,8 (20 \times 2)}{4} = 18 \text{ l/hod/os osoba}$$

Dávka větracího vzduchu:

přípustná kvalita mikroklimatu hodnocená podle CO₂

na úrovni 1200 ppm (1,2 l m⁻³) dle EN CR 1752 CEN

při venkovní koncentraci 370 ppm (tj. 0,37 l m⁻³) a

produkci 16 l CO₂ /h/os vyžaduje průměrnou dávku čerstvého vzduchu:

$$V_{\min} = \frac{16}{1,2 - 0,37} = 19 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{os}$$

pro dodržení klasické Pettenkoferovy hodnoty 1000 ppm je nutný přívod 25,4 m³/h/os

Vaření

Velkým zdrojem emisí vodní pára

Sušení prádla nebo sprchování

Vlhkost V nedostatečně větraných koupelnách ke kondenzaci na stěnách a vzniku plísní. [1]

Laserové tiskárny

Do ovzduší malá množství ozónu

Desinfekční prostředky, Savo. Výrazně dráždivé emise

Nábytek, koberce, podlahové krytiny

Celá řada organických látek „těkavé organické sloučeniny“
"VOC" z anglického Volatile Organic Compounds

Limity stanovuje Vyhláška č. 6/2003. [1]

Delší pobyt v nedostatečně větraných budovách

SBS - Sick Building Syndrome - „Syndrom nemocných budov“

Správné větrání

Vyměnit dostatečné množství vzduchu 15-25m³/osobu za hodinu

Nezaznamenat velké tepelné ztráty –řízené větrání

Přiměřené větrání - výměna vzduchu 0,3 až 0,6 objemu /h v době obývání,
0,1 objemu /h když jsou prázdné (pokud je tam hodně květin—pak více)

Cena větrání

Průměrný rodinný dům s objemem obytných místností 300m³

Ohřev větracího vzduchu při vnitřní teplotě 20 C a venkovní teplotě –12 C
příkon přibližně 1,7 kW

Za rok je to přes 3 MWh tepla (i přes 8 000,- ročně při topení elektřinou)

Ve slušně zatepleném domě to je skoro **1/3 celkové tepelné ztráty**

Optimální hodnoty

Veličina	Hodnoty optimální
Vnitřní teplota v zimě t_i (°C)	21,7
Vnitřní teplota v létě t_i (°C)	24,2
Vertikální rozdíl teplot mezi hlavou a kotníky člověka	< 2,5
Teplota podlahy t_p (°C)	18-28
Střední rychlost proudění v zimě w_i (ms ⁻¹)	0,15
Střední rychlost proudění v létě w_i (ms ⁻¹)	0,25
Asymetrie radiční teploty od teplého stropu nebo jiných vodorovných ploch D_{tsa} (K)	1,5
Relativní vlhkost vzduchu (%)	30 až 55

Intenzita větrání pro prostory s více lidmi je v současnosti stále aktuální problém.