

Odérové, toxické, aerosolové a mikrobiální mikroklima



9. přednáška + cvičení

Harmonogram přednášek

Týden	Téma	Přednáška
1	Úvod	Základní pojmy
2	Tepelně vlhkostní mikroklima	Faktory TV-MK
3		Člověk - produkce a výdej tepla
4		Vlhkost v budovách
5		Hodnocení TV-MK
6		Optimalizace TV-MK
7		Měření TV-MK
8		Modelování a výpočty
9		Odérové, mikrobiální, Aerosolové a toxické mikroklima
10		Optimalizace
11	Akustické mikroklima	
12	Ionizační, elektroiontové, elektrostatické mikroklima	
13	Feng shui	

Chemické složení vzduchu

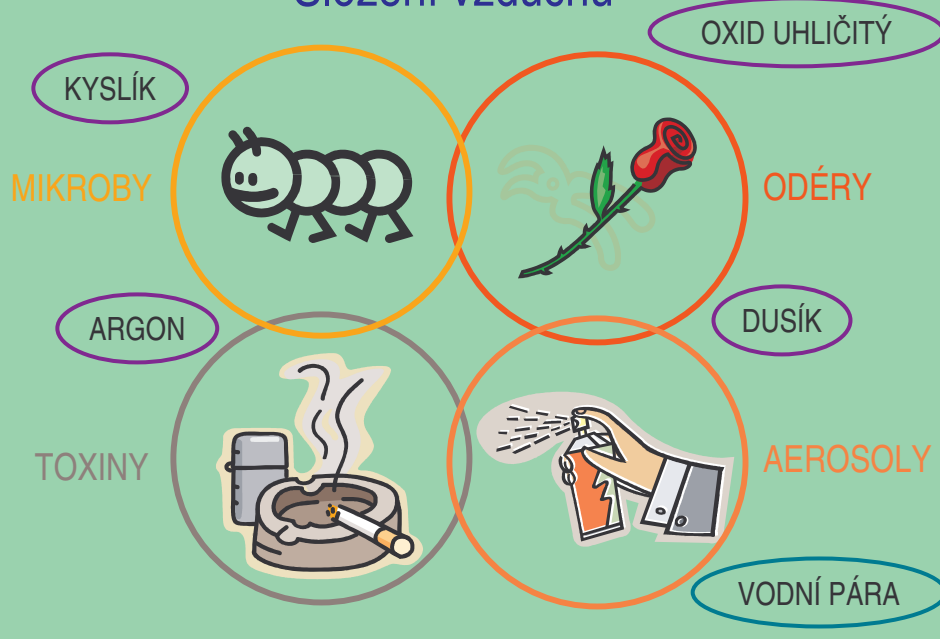
Atmosférický vzduch je směsí suchého vzduchu, **vodní páry** a pevných a kapalných příměsí.

Suchý vzduch se skládá z různých **plynů**, z nichž převládá dusík, kyslík, argon a oxid uhličitý, které tvoří 99,99% atmosféry. Významný je pro člověka také ozón O_3 , oxid uhelnatý CO, oxidy síry, čpavek NH_3 .

Pevné a kapalně **příměsi** (aerosoly) - prach, krystaly mořských solí, vulkanický popel, kosmický prach, organické částice, pyl, bakterie.

Kvalita vzduchu

Složení vzduchu



Odérové látky (**odéry**) jsou plynné látky v ovzduší, vnímané jako pachy (vůně nebo zápachy). Jsou anorganického nebo organického původu.

Toxické plyny mohou být organické i anorganické. I odérové látky mohou být toxické a naopak některé toxické látky mohou být zcela bez zápachu.

Aerosolové mikroklima vytváří **pevný a kapalný aerosol** v interiéru budovy, který má bezprostřední vztah k čistotě vzduchu. Pevný aerosol se označuje běžně jako prach, je organického nebo anorganického původu.

Mikroby jsou bakterie, viry, plísňe a jejich spóry a další mikrobiologické objekty vyskytující se ve vzduchu (odtud také aeromikroby).



Vznik:

- přenos z venkovního prostředí
- přímo uvnitř budov v důsledku činnosti člověka
- uvolňováním ze stavebních materiálů a vybavení budovy

ODÉROVÉ LÁTKY

PŘÍJEMNÉ

- kvetoucí rostliny
- pokosená tráva
- čerstvé dřevo

NEPŘÍJEMNÉ

- formaldehyd
- cigaretový kouř
- barvy, rozpouštědla



Zlepšení nálady
Zlepšení soustředění

pokles výkonnosti
ztráta soustředění
pocit nevolnosti



J.W. Goethe vzduch, který Schillerovi prospívá,
na mě působí jako jed (aroma hniјících jablek)



Zvýšená hladina odérů – signalizace kontaminace mikroby

Druhy odérů - Zwaardermakerova stupnice

- éterický (lidské pachy)



- aromatický (rozkládající se zralé ovoce)



- izovalerický (kouření tabáku, zvířecí pot)

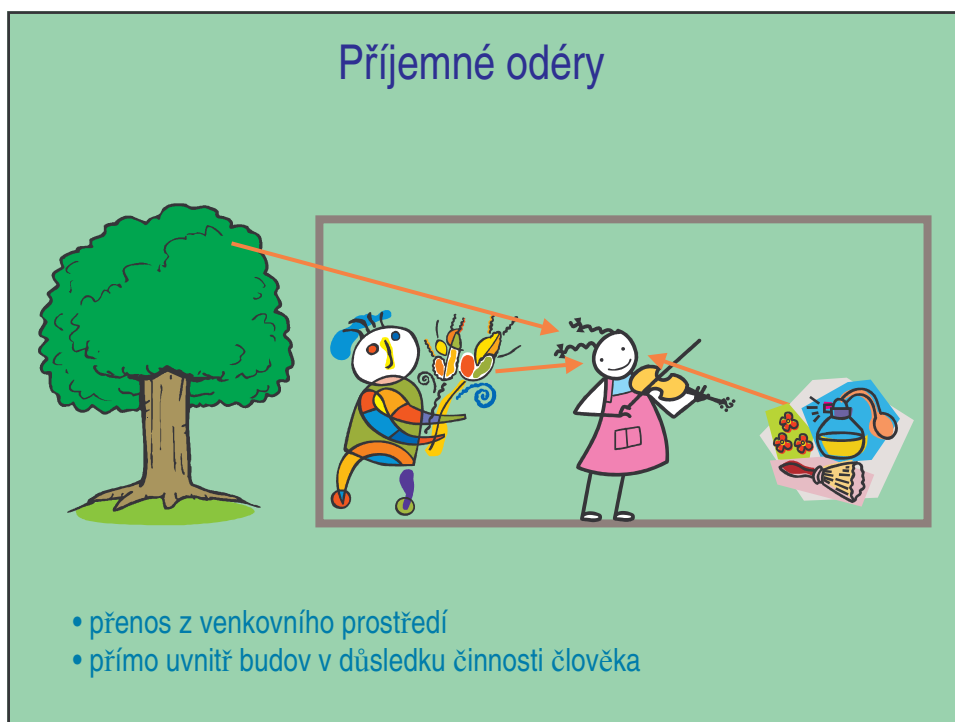
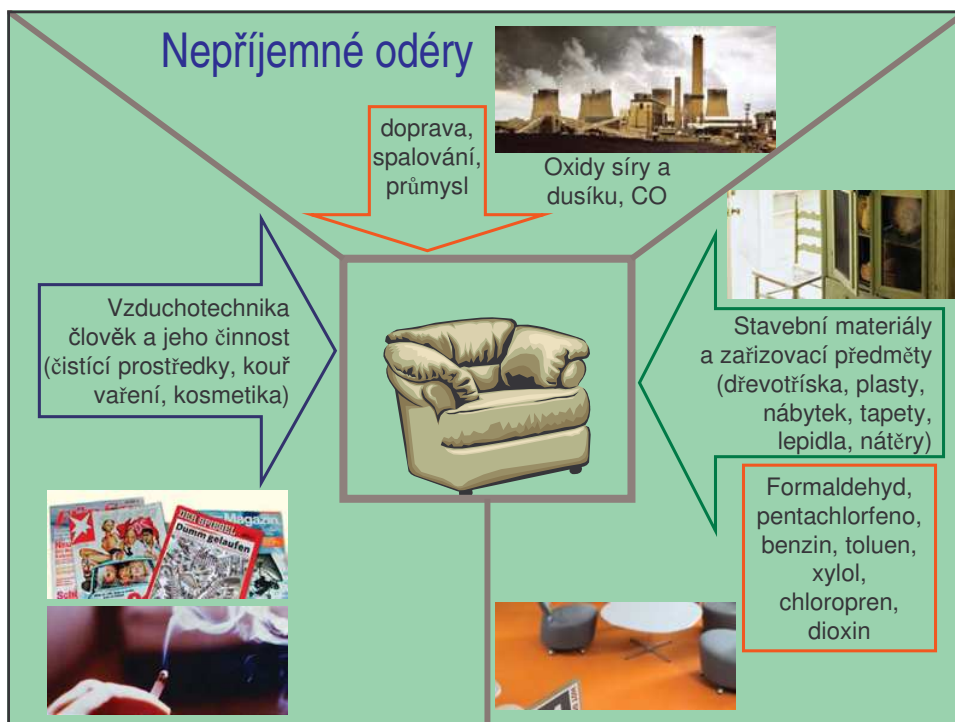


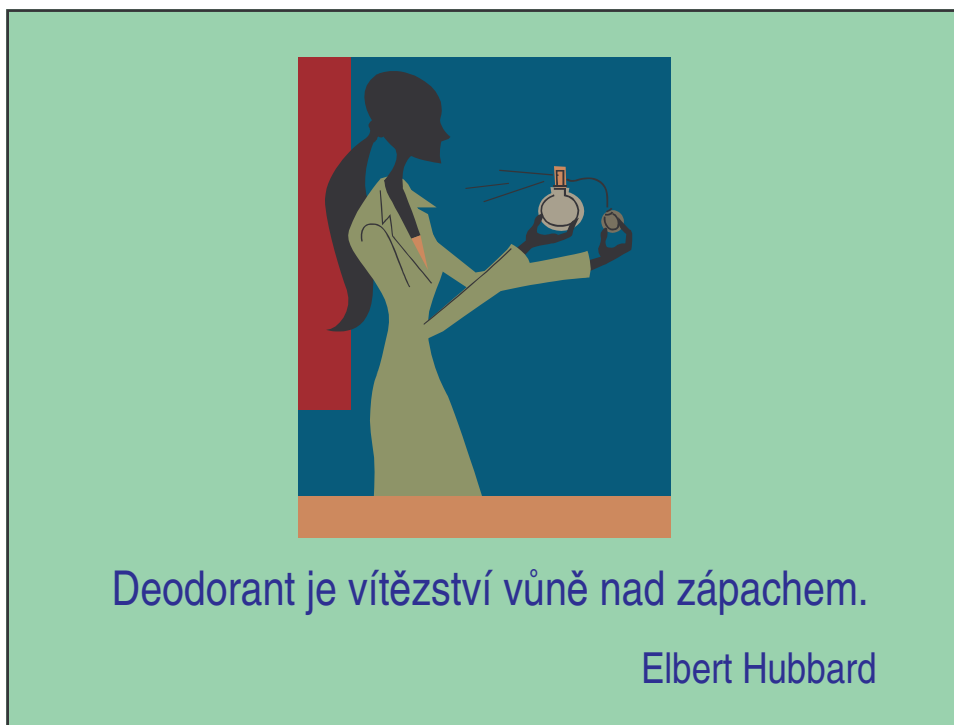
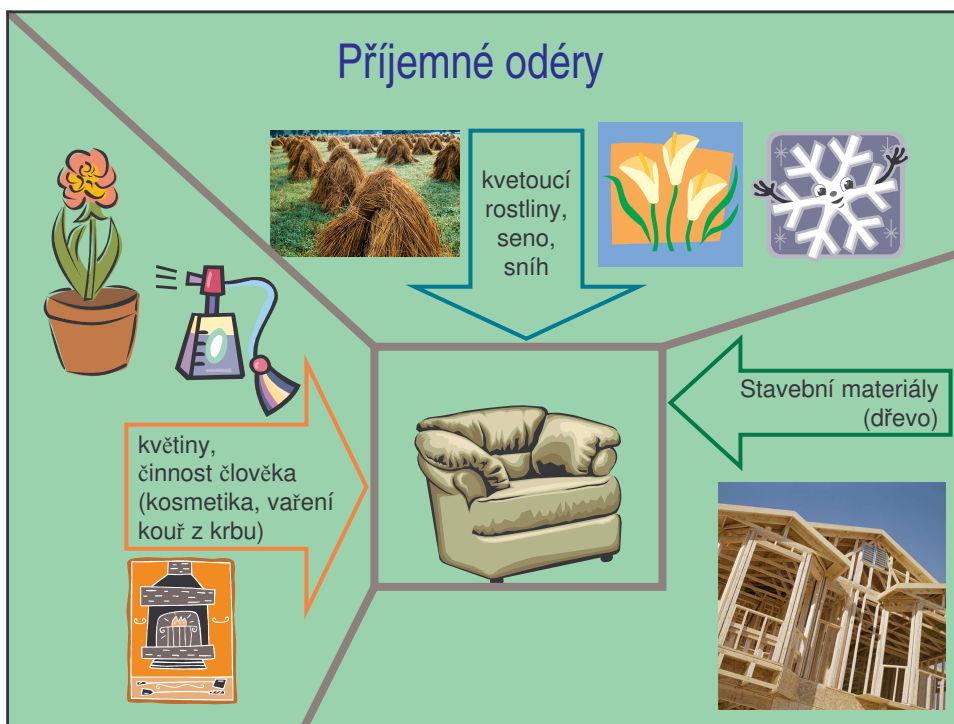
- zažluklý (mléčné výrobky)



- narkotický (rozkládající se bílkoviny a vůně tabáku)







Odéry v budovách a SBS

Světová zdravotnická organizace (WHO) oznámila 1984, že **30%** obyvatel ve vyspělých zemích trpí nemocí SBS (Sick Building Syndromem), česky Syndromem nezdravých budov. V roce 2002 už WHO oznamuje **60%** lidí postižených SBS. V České republice nijak nezaostáváme.

Wikipedie CZ



Aerosoly

- nebezpečný **respirabilní** aerosol (proniká hluboko do plic) 0,1 až 2,5 μm
- fibrogenní: vytvoření vaziva – křemičitý a azbestový prach
- karcinogenní: kovový aerosol (chrom, nikl, arzen)
- **alergizující**: pyl, zvířecí srst, roztoči, švábi (kopřivka, senná rýma, astma)
- **třídy čistoty** (zdravotnictví – operační sály, popáleniny, výroba léků, mikroelektronika) – maximální přípustný počet částic podle velikosti v 1m^3 prostoru
- **pohyb aerosolu**:
 - termoprecipitace (pohyb od teplých povrchů k chladným + usazování)
 - difúze (vyrovnávání koncentrací)
 - fotoforéza (pohyb pod intenzivním světlem)
 - sedimentace (usazování v důsledku působení gravitace)

Třídy čistoty dle ČSN EN ISO 14644-1

Třída čistoty ISO	Maximální počet částic velikosti D v objemu 1 m^3					
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1 μm	5 μm
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10 000	2 370	1 020	352	83	
5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7				352 000	83 200	2 930
8				3 520 000	832 000	29 300
9				35 200 000	8 320 000	293 000

tabákový kouř
saze

barviva
prach
bakterie

Člověk při lehkých pohybech rukou ve stoje nebo vsedě dodává
do ovzduší cca 500 000 částic za minutu

Mikroby (také bioaerosol)

- bakterie, viry, plísně a jejich spóry, endotoxiny nacházející se v ovzduší (také aeromikroby)
- zdrojem patogenních mikroorganismů pro člověka jsou nejvíce zase lidé (nosí je na šatech, při nízkých teplotách je praní nezničí)
- plísně (patří mezi houby) – zdivo, tapety, rámy oken. Pohybem vzduchu se z nich uvolňují spóry
- koncentrace mikrobů ve venkovním vzduchu kolísá od **150 do 1500 mikrobů v 1 m^3 vzduchu** (podle krajiny) **v interiérech 200 až 900 v 1 m^3** , u podlahy je cca dvojnásobná koncentrace jak v dýchací zóně
- legionela – nositelem je kapalný aerosol (rozšíkování vody – chladicí věže)
- nemoci z nachlazení, legionářská nemoc, dýchací potíže, nádorová onemocnění



Toxické látky z vnějšího prostředí

- **oxid uhelnatý** CO – benzínové motory, kamna; malá aktivita (slučivost s jinými látkami)
- **oxidy síry** (SO₂ a SO₃) - produkty spalování fosilních paliv; pohlcovány vápennou omítkou a vybavením interiéru;
- **oxidy dusíku** – hoření v dieselových motorech, teplárny, elektrárny, hoření plynu; váže se na materiály v bytě
 - oxidy síry a dusíku + vodní pára v atmosféře = kyselý déšť
 - smog (smoke+fog = kouř+mlha) **fotochemický smog**:
UV + (NO₂, CO, H₂O → NO), O → O₂, O → O₃ 2/3
Metan, etan, etylen, propan → další toxické látky 1/3
- **ozon** se v interiéru rychle váže na organické oxidovatelné látky

Toxické látky TVOC

VOC = těkavé organické látky „volatile organic compounds“ (bod tání pod teplotou místnosti a bod varu od 50 do 260°C). Do okolního prostředí jsou uvolňovány odpařováním.
TVOC – souhrně všechny VOC.

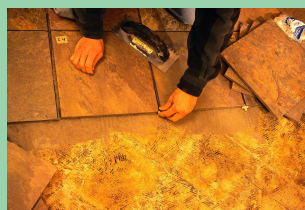


typické TVOC: rozpouštědla, změkčovadla, ředidla, čisticí, tiskařské barvy, tiskoviny, pohonné hmoty, modelářské a odlévací hmoty, prostředky na ošetřování nábytku, lepidla pro pokládání podlahovin, matrace, zesíťované latexové sloučeniny

Emise TVOC ze stavební chemie

Třídící systém EMICODE® je určený k nezávislému a konkurenčně neutrálnímu posouzení a zařazení výrobků z hlediska množství emisí. Podle tohoto systému se výrobky pro pokládku podlah rozdělují do tří skupin:

- EMICODE EC 1 – „sehr emissionsarm“: velmi nízký obsah emisí,
- EMICODE EC 2 – „emissionsarm“: nízký obsah emisí,
- EMICODE EC 3 – „nicht emissionsarm“: s emisemi.



Koncentrace mikrobů a vzduchotechnika

- čisté prostory – radikální omezení koncentrace mikrobů
- šíření vzduchotechnickými rozvody (zvýšená nemocnost)
- zachycují se na vzduchových filtrech, žijí ve vodních pračkách, na mokřích chladičích, ve vanách s kondenzátem
- nevyhovující mikrobiální mikroklima je typický znak SBS



Oxid uhličitý

Toxické účinky oxidu uhličitého se objevují již při obsahu 2% ve vzduchu, při obsahu nad 5% tělo nestačí oxid uhličitý ventilovat ven a dochází tedy k jeho hromadění v těle. Oxid uhličitý pak tlumí centrální nervovou soustavu a dýchací centrum. Postižení si stěžují na bolesti hlavy. Při vdechování vzduchu o koncentracích větších než 20% nastává smrt zástavou dechu v průběhu několika sekund.

Parts per million (z angličtiny, česky dílů či částic na jeden milion), zkráceně též **ppm**, je výrazem pro jednu miliontinu (celku); někdy je tento výraz odvozován i z latinského *pars per milion*.

Obdobně jako procento (jedna setina) či promile (jedna tisícina) se používá pro znázornění poměru jedné části vůči celku.

1 % = 10 000 ppm

1 ‰ = 1 000 ppm

300-350 ppm	v atmosféře
1000 - 5000	obytné místnosti - SOUČASNÝ STAV (SBTP'06)
20 000	toxický účinek
1000	budovy

<http://www.biotox.cz/toxikon/>

Olovo

Z nádob olověných, nebo jen z nádob olovo obsahujících se může olovo uvolňovat, a to zejména při styku s kyselými roztoky (různé nápoje, džusy, voda s rozpuštěným oxidem uhličitým...). Používání **olověných trubek** vedlo ve starověkém Římě ke vzniku otrav olovem. Olovo se může mnoha způsoby dostat do potravin. Výfukové plyny, vzniklé spalování **olovnatého benzínu**, obsahují páry chloridu olovičitého a též pevné částičky mohou obsahovat olovo, které se z nich dobře absorbuje. Rostliny poměrně snadno olovo kumulují, přičemž rostliny, vyskytující se podél **frekventovaných silnic**, obsahují značná množství olova. Proto by se tyto rostliny měly využívat až od vzdálenosti 100 metrů od frekventované silnice. K otravám olovem může vést i požití **olověných barviv**, které, ač ve vodě nerozpustné, se rozpouštějí v žaludeční kyselině chlorovodíkové. **Roztavené olovo**, jehož teplota se pohybuje nad 600 °C, dosti těžká a inhalace jeho výparů taktéž vede k otravě. Nejvíce ohrožení jsou lidé, kteří se s roztaveným olovem stýkají, např. v hutnictví, sklářství a při výrobě akumulátorů.

<http://www.biotox.cz/toxikon/>

Stavební materiály

Formaldehyd: nábytek, barvy, lepidla, hygienické prostředky, čisticí prostředky, cigaretový kouř, konzervační látky, pěnidla
 CH_2O , 1400 kg/m³, teplota varu -19°C

bezbarvý, štiplavě páchnoucí, jedovatý plyn. Působí jako **karcinogen**. Páry hořlavé a výbušné.

sterilizace, desinfekce prostor, konzervace (potraviny, kosmetika) - uchovávání biologických preparátů (formalín), fungicid, konzervace dřeva

25% výroby-lepidla pro překližky a koberce. Dále tepelně izolační a nátěrové hmoty, plasty.

vzniká při nedokonalém spalování organických látek (doprava, teplárny, spalovny, rafinerie ropy)

expozice: bolest hlavy, respirační problémy

rychle se rozkládá, nebezpečí u zdroje

limit 0,5 (1,0) mg/m³



Stavební materiály

Azbest je tvořen vláknitými křemičitany, především vápenatými, případně hořečnatými. Vdechování jeho drobných vláken vede také k onemocnění plic, zvanému azbestosa. Je to nevratná plicní choroba, těžší než silikosa. V případě azbestu byla prokázána jeho karcinogenita. Může vyvolávat nádory na plicích, ale též rakovinu jiných orgánů. Používání azbestu se proto dnes omezuje.

Vytrvalé vdechování prachu **oxidu křemičitého**, případně křemičitanů, vede k onemocnění plic, zvanému silikosa. Jde o vazivovou přestavbu plic, jejíž důsledkem je méně efektivní dýchání. Jde o chorobu z povolání u horníků v dolech a kamenolomech, dělníků v sklářství, stavebnictví atp

Toxické látky v interiérech

Ftaláty představují jeden z běžných kontaminantů ovzduší v interiérech vzhledem k jejich širokému využívání ve stavebních materiálech a výrobcích pro domácnosti. Často jsou používány jako změkčovadlo v aplikacích PVC - **hračky, podlahoviny, stavební materiály**. Ftaláty narušují **hormonální systém člověka**, a jsou tak vysoce škodlivé pro reprodukci. **Bromované zpomalovače hoření** se používají jako přísada např. v elektrických a elektronických zařízeních, dopravních prostředcích, osvětlovacích tělesech a elektrických vodičích, **nábytku, kobercích** a bytových textilích, v balících a izolačních materiálech (zejména v polystyrénu). Zvířecí studie ukazují, že chronická expozice (zejména během nitroděložního vývoje) může vést k ovlivnění vývoje mozku a kostry, což by následně mohlo vést k trvalé poruše nerovnovážného systému. Tyto látky také interferují s vazbou **hormonů štítné žlázy**, což zvyšuje pravděpodobnost jejich rozmanitých účinků na růst a vývoj.

<http://www.greenpeace.cz>

Toxické látky v zařízeních pro děti

Koncentrace některých nebezpečných **chemikálií** zjištěných v dětských zařízeních mnohonásobně převyšovaly hladinu jejich výskytu v kancelářích a bytě. Nejedná se o běžné znečištění přicházející z venku, ale **zdroje škodlivin jsou přímo v interiérech**.

Analýzy prokázaly přítomnost čtyř skupin nebezpečných látek – ftalátů, bromovaných zpomalovačů hoření, alkylfenolů a chlorovaných parafínů s krátkým řetězcem.

Alarmující čísla se objevila především u ftalátů. Z hlediska zdravotního rizika je závažnou okolností, že v dětském prostředí jednoznačně dominovaly tři ftaláty považované za neproblematictější – DEHP, DBP a DINP. Pravděpodobné vysvětlení takto vysokých koncentrací lze hledat v množství výrobků, a to i hraček, z PVC měkčených ftalátů, kterými jsou děti ve školách a mateřských centrech obklopeny. Studie vloni prokázala, že riziko vzniku astmatu a alergie je třikrát větší u dětí žijících v prostředí, v němž se vyskutují zvýšené koncentrace DEHP (di-2-ethylhexylftalátu). **Změkčovadla v interiérech budov představují největší rizikový faktor pro vznik astmatu a alergie ze všech environmentálních faktorů**, o kterých máme informace (např. kouření matky).

<http://www.greenpeace.cz>

Spalování fosilních paliv, dřeva a biomasy

- oxid uhelnatý - CO
- oxid siřičitý - SO₂
- oxidy dusíku - NO_x (suma NO + NO₂, vyjádřena jako NO_x)
- tuhé znečišťující látky (TZL) - tuhé částice ve spalinách
- organické látky (OL), vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC)

Se zvyšováním cen ušlechtilých energií se vrací vytápění menších objektů **pevnými palivy**. Řada dnes nabízených kotlů umožňuje spálení netříděného uhlí, hadrů, pylin nasycených vyjetým motorovým olejem naplněných do PET lahví apod. Podle odhadů (2005) se na emisích látek vytvářejících smog podílí **malé zdroje z 20 až 40%**.



Persistentní organické polutanty (POPs)

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 850/2004
ze dne 29. dubna 2004
o perzistentních organických znečišťujících látkách a o změně
směrnice 79/117/EHS

Chlordan - v ČR se nepoužívá(l) - insekticid
Heptachlor - v ČR zákaz od 1989 - - insekticid
Hexachlorbenzen - v ČR zákaz od 1977
Mirex - v ČR se nepoužívá(l) - insekticid
Toxafen - v ČR zákaz od 1986
Polychlorované bifenily (PCB)
DDT - v ČR zákaz od 1974
Polychlorované bifenily PCBs (oleje)
PVDDs/Fs (dioxiny)
PAHs (aromatické uhlovodíky)
Polychlorované cykloidyeny:
Aldrin - v ČR zákaz od 1980
Dieldrin
Endrin

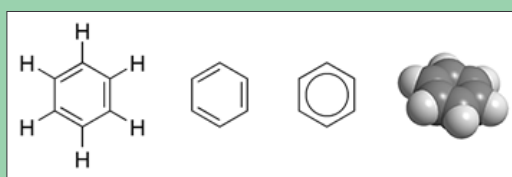
Zejména s ohledem na zásadu předběžné opatrnosti je cílem tohoto nařízení chránit lidské zdraví a životní prostředí před perzistentními organickými znečišťujícími látkami tím, že se zakáže, co nejdříve zastaví nebo omezí výroba, uvádění na trh a používání látek, na něž se vztahuje Stockholmská úmluva o perzistentních organických znečišťujících látkách

Persistentní organické polutanty (POPs)

Stálá (velmi pomalu degradující) znečišťující látka v životním prostředí

cíleně vyráběné chemické látky (pesticidy, insekticidy, fungicidy) nebo vedlejší produkt průmyslu a spalování - škodlivé účinky na lidské zdraví a ekosystémy, velmi obtížně degradují, přenáší se na velké vzdálenosti (mezi státy) - Stockholmská konvence

vysoká stabilita - ukládání v půdě - vstup do potravního řetězce



BENZEN

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs)

také PAH, PAU, Polycyklické aromatické uhlovodíky, PAHs, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs) je skupina látek, do které patří více než 100 sloučenin. Jsou tvořené **uhlíkem a vodíkem, dvěma a více benzenovými jádry**. Pro svou schopnost dlouhodobě přetrvávat v životním prostředí a zdravotní závažnost (projevují toxické, karcinogenní a mutagenní vlastnosti) jsou považovány za typické představitele perzistentních organických polutantů (POPs). Mají výraznou schopnost **vázat se na pevných sorbentech nebo částicích** (prach) i v živých organismech (schopnost bioakumulace). Významnou vlastností PAHs je schopnost tvořit další sloučeniny, které mohou být dokonce mnohem více karcinogenní.

Původ PAHs je především ze spalování fosilních paliv. Typicky se tyto látky uvolňují při nedokonalém spalovacím procesu. Do prostředí se tedy dostávají zejména při výrobě energie, spalování odpadů, ze silniční dopravy, při krakování ropy, při výrobě hliníku, z metalurgických procesů, při výrobě koksu, asfaltu, při výrobě cementu, z rafinerií, krematorií, z požárů a v neposlední řadě při kouření. Ve všech případech, kdy pozorujeme vznik sazí a tmavého kouře, vznikají velká množství PAHs.

Látky charakteristického zápachu, mnohé jsou toxické.

BENZEN

Benzen (C_6H_6) je bezbarvá čirá kapalina s měrnou hmotností 870 g/l při 20°C a teplotou varu 80,1°C. Teplota tání benzenu je 5,5°C a tlak par při 20°C je 9,95 kPa.

Celkové globální roční produkované množství benzenu, včetně benzenu obsaženého ve fosilních palivech, se odhaduje na 32 Mt. Z tohoto množství podle předpokladu do prostředí unikají 4 Mt. Hlavním zdrojem emisí z motorových vozidel jsou ztráty **vypařováním při manipulaci, skladování a distribuci benzínů**. Benzen emitovaný do ovzduší má poločas setrvání méně než jeden den. Benzen může být z ovzduší vymýván a zředován deštěm, avšak vzhledem k vysoké tenzi par benzenu dochází k jeho opětovnému vypařování. Byla doložena absorpce benzenu vegetací a jeho následná biodegradace . Předpokládá se, že rostliny i živočišná hmota uvolňují benzen do prostředí. Spalování dřeva a organických materiálů rovněž vede k znatelnému uvolňování benzenu do atmosféry.

BENZEN

Koncentrace benzenu ve venkovním ovzduší se obvykle pohybují v mezích 3 až 160 mg/m^3 (0,001 až 0,05 ppm). Vyšší úrovně benzenu v ovzduší jsou pozorovány ve velkoměstských oblastech. Koncentrace dosahující hodnot až několika stovek mg/m^3 byly naměřeny v okolí **čerpacích stanic pohonných hmot**, skladových zásobníků benzínu a průmyslových závodů produkujících či zpracovávajících benzen. V nevelké studii úrovně benzenu uvnitř budov byla nalezena průměrná koncentrace benzenu 20 mg/m^3 , a to při koncentraci ve vnějším ovzduší 30 mg/m^3 (měřeno pro období od jednoho do několika dnů).

Cigaretový kouř obsahuje relativně vysoké koncentrace benzenu (150 - 204 mg/m^3).

DOPRAVA

V Praze, kde se podařilo snížit škodlivé emise z **vytápění**, několikrát vzrostly v ovzduší látky, které tam vypouští právě automobilová doprava.

Jednu z největších koncentrací má například **oxid dusíku**, která je prokazatelně produkována spalovacími motory. Mezi další neméně škodlivé faktory je i vytváření letních přízemních ozonů, které se v Praze objevili v posledních letech.

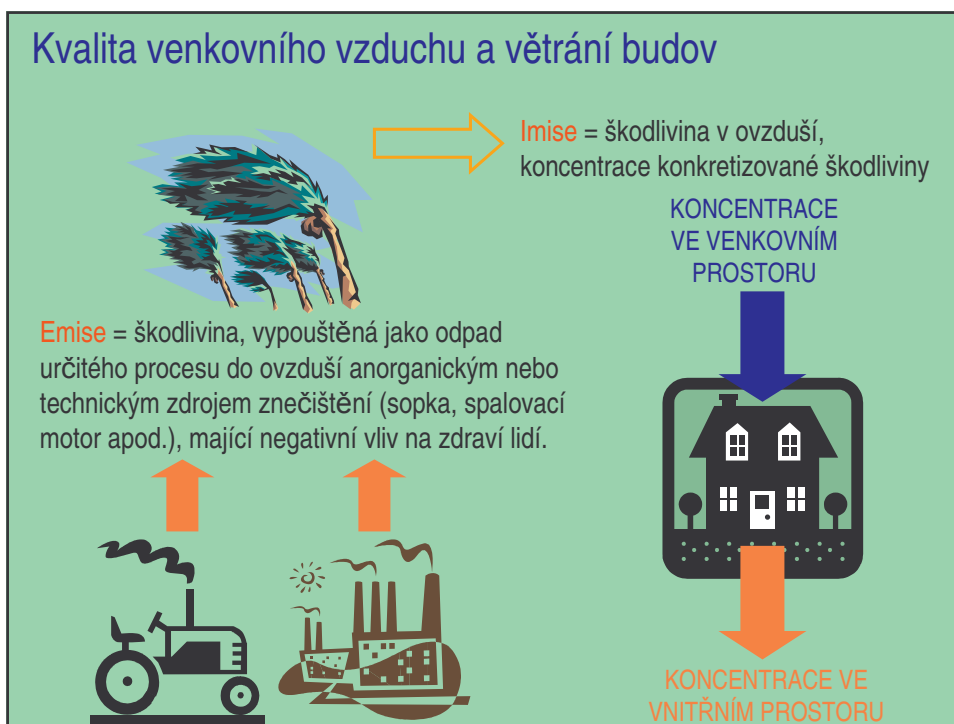
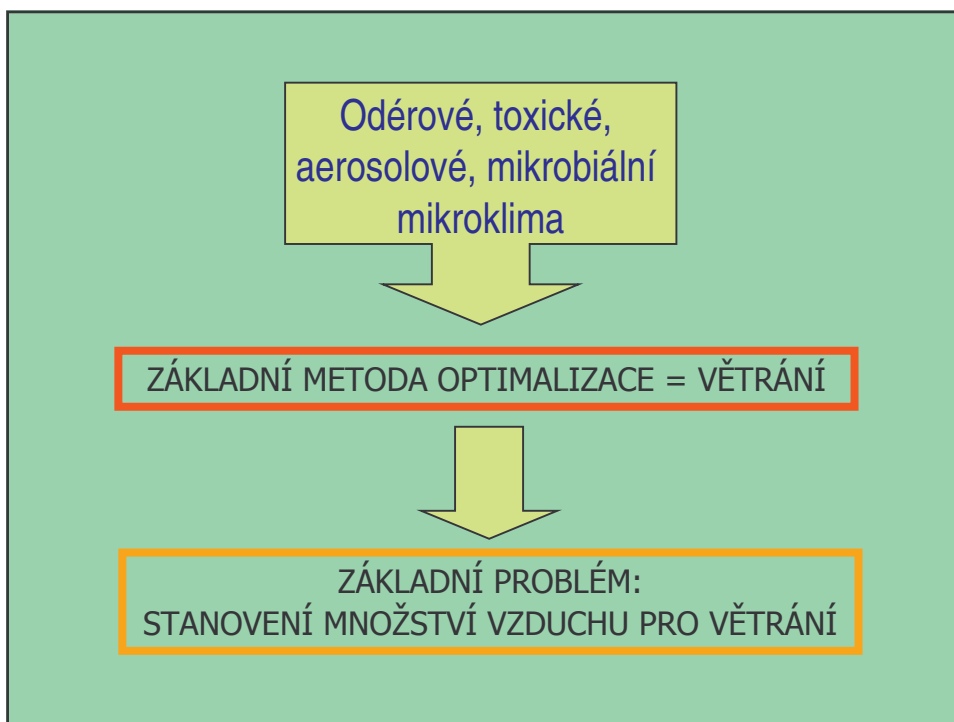


Znečištění vzduchu ve městech

V ovzduší sídelních a průmyslových oblastí se pravidelně sleduje pět nejvýznamnějších škodlivin:

1. oxid siřičitý,
2. oxidy dusíku,
3. oxid uhelnatý,
4. ozón,
5. poletavý prach - aerosolové částice.





Stanovení množství vzduchu při trvalém větrání

Nejjednodušší je **intenzita výměny vzduchu**, která udává, kolikrát za hodinu se má vzduch v místnosti obměnit vzduchem čerstvým (venkovním upraveným).

Dávkou čerstvého – venkovního vzduchu, která je definovaná jako množství venkovního vzduchu, které se musí přivést pro každou osobu pobývajících ve větraném prostoru.

Výpočet **množství vzduchu z koncentrací škodlivin** v přiváděném a odváděném vzduchu a množství škodliviny v prostoru vznikající.

VÝVIN ŠKODLIVINY

$$V = \frac{m_{\dot{s}}}{k_i - k_e}$$

KONCENTRACE VE VNITŘNÍM PROSTORU KONCENTRACE VE VENKOVNÍM PROSTORU

Oxid uhličitý

Běžné koncentrace CO₂ nejsou závadné z hygienického hlediska, ale dobře indikují nízkou kvalitu vzduchu (oděrové látky produkované lidmi i vnitřním vybavením).

Slouží také jako indikační plyn pro experimentální stanovení výměny vzduchu v budovách (pokles koncentrace v důsledku větrání).

$$1500 \text{ ppm} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 0,15\% \text{ obj.}$$

Oxid uhličitý

hustota v plynné fázi 1,98 kg/m³ (1,545 kg/m³)

Koncentrace v atmosféře 330 - ? ppm (0,03 - 0,04obj.%)

vydechovaný vzduch - 4 obj.%

NPK (CO₂) = 45 000 mg/m³

PEL (CO₂) = 9 000 mg/m³

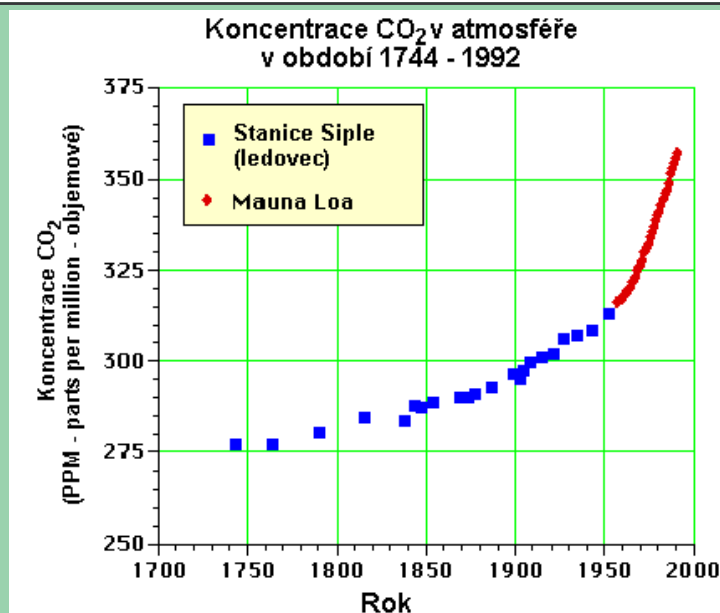
Faktor přepočtu na ppm: 0,556

např. 9000*0,556 = 5000 ppm

Doporučená hodnota v interiérech 1000 - 1500 ppm

1 % = 10 000 ppm

1 ‰ = 1 000 ppm



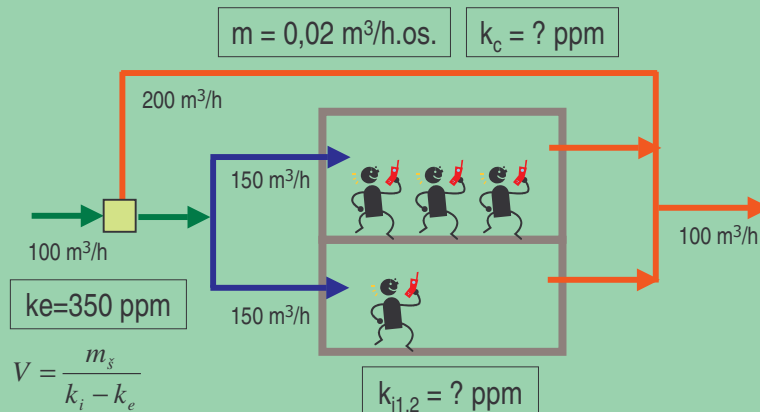
Oxid uhličitý se největší měrou podílí na vzniku skleníkového efektu. Jeho nárůst v ovzduší, což je považováno za hlavní příčinu globálního oteplování, je způsoben zejména spalováním fosilních paliv a úbytkem lesů.



Příklad – Posuďte koncentraci CO₂ ve větraných místnostech

9/1

Byt se dvěma obytnými místnostmi je opatřen nuceným větráním pracujícím s podílem oběhového vzduchu. Vypočtěte koncentraci CO₂ v jednotlivých místnostech za ustáleného stavu. Zhodnoťte.



Český hydrometeorologický ústav Úsek ochrany čistoty ovzduší

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) zabezpečuje ze zákona provoz celostátní sítě měření znečištění ovzduší v naší republice, jejíž součástí je i **automatizovaný imisní monitoring (AIM)**. Měřicí stanice AIM pracují v nepřetržitém provozu a předávají naměřené údaje v reálném čase do center ČHMÚ. Na území České republiky pracuje celkem 97 stanic AIM, provozovaných ČHMÚ.

KVALITA VNĚJŠÍHO VZDUCHU



Ochrana ovzduší a kvalita venkovního vzduchu

Imisní limity

Imisní limity jsou používány pro hodnocení stavu znečištění ovzduší. Jejich hodnoty jsou uvedeny v **Nařízení vlády č. 350** ze dne 3. července 2002 (127/2002 Sb.).

Limitní hodnoty pro ochranu zdraví							
Znečišťující příměs	Doby průměrování	Limitní hodnota	Mez tolerance ¹⁾ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]				Maximální tolerovaný počet překročení za kalendářní rok
			pro r. 2001	pro r. 2002	pro r. 2003	pro r. 2004	
SO ₂	kalendářní rok	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	bez meze tolerance				0
	24 hodin	125 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	bez meze tolerance				3
	1 hodina	350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	120	90	60	30	24
NO ₂	kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18	16	14	12	0
	1 hodina	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	90	80	70	60	18
PM ₁₀	kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	6,4	4,8	3,2	1,6	0
	24 hodin	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	20	15	10	5	35

Dále CO, benzen O₃, Pb, Cd, NH₃, As, Ni, Hg, benzopyren;
PM₁₀ ... tuhé znečišťující látky frakce TZL menší než cca 10 μm

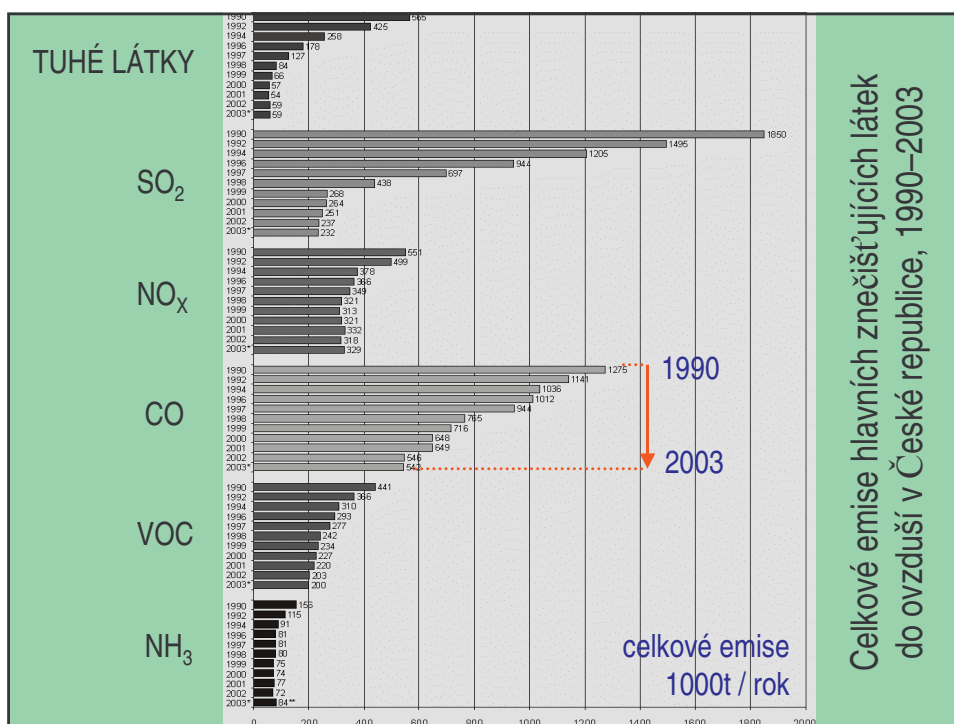
Ochrana ovzduší a kvalita venkovního vzduchu

Zvláštní imisní limity [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]

Zvláštní imisní limity jsou používány v rámci smogových regulačních systémů. První stupeň je **upozornění** obyvatelstva a znečišťovatelů ovzduší na možnost výskytu smogové situace, druhý stupeň je **regulace** vybraných zdrojů znečišťování ovzduší. Hodnoty zvláštních imisních limitů jsou uvedeny ve Vyhlášce č. 553 ze dne 16. 12. 2002 (192/2002 Sb.).

Zneč. látka	Průměrovací období	Upozornění	Regulace
oxid siřičitý (SO ₂)	1 hod	250	500
oxid dusičitý (NO ₂)	1 hod	200	400
ozon (O ₃)	1 hod	180	240*

^{*)} pro ozon je signál definován jako **varování**



ČHMÚ: Inventarizace skleníkových plynů

látka	1990	1996	1997	1998	1999	2000
CO ₂ (mil. t)	162	128	133	124	118	124
CH ₄ (mil. t ekv. CO ₂)	17	13	12	11	11	11
N ₂ O (mil. t ekv. CO ₂)	11	10	9	8	8	8
HFC, PFC, SP (tis. t ekv. CO ₂)	170	320	626	522	525	890

Emise CO₂ - skleníkové plyny

- Spalování tuhých, plyných a kapalných paliv 1990: 160 000 kt, 2000: 122 000 kt
- Silniční a ostatní doprava
- Výroba cementu 0,5t CO₂/t cementu
- Výroba skla 0,14t CO₂/t skla
- Lesní hospodářství má negativní bilanci (porosty více pohlčí než vznikne při obhospodařování včetně těžby lesa)
- Z celkové emise skleníkových plynů v ČR připadá na **chladiwa 0,62%** (očekává se nárůst nad 1%).

SZÚ - Centrum hygieny životního prostředí

Sledované koncentrace škodlivin v městském ovzduší

- Imise oxidu siřičitého SO₂
- Imise sumy oxidů dusíku NO_x
- Imise oxidu dusičitého NO₂
- Imise suspendovaných částic frakce PM₁₀ - limitní kritéria
- Imise suspendovaných částic frakce PM₁₀
- Imise benzenu
- Imise polyaromatických uhlovodíků (12 zástupců)
- Obsah toxických kovů v ovzduší
 - Arzen
 - Kadmium
 - Olovo

Oxidy dusíku

- Hlavním zdrojem antropogenních emisí oxidů dusíku do ovzduší je spalování fosilních paliv ve **stacionárních emisních zdrojích** (při vytápění a v elektrárnách) a v **motorových vozidlech** (ve spalovacích motorech). Ve většině případů je emitován do ovzduší oxid dusnatý (NO), který je transformován na oxid dusičitý.
- Průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého ve městech na celém světě se obecně pohybují v rozmezí 20 až 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Tabákový kouř z jediné cigarety může např. obsahovat oxid dusnatý v koncentracích 150 000 až 226 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 až 120 ppm)

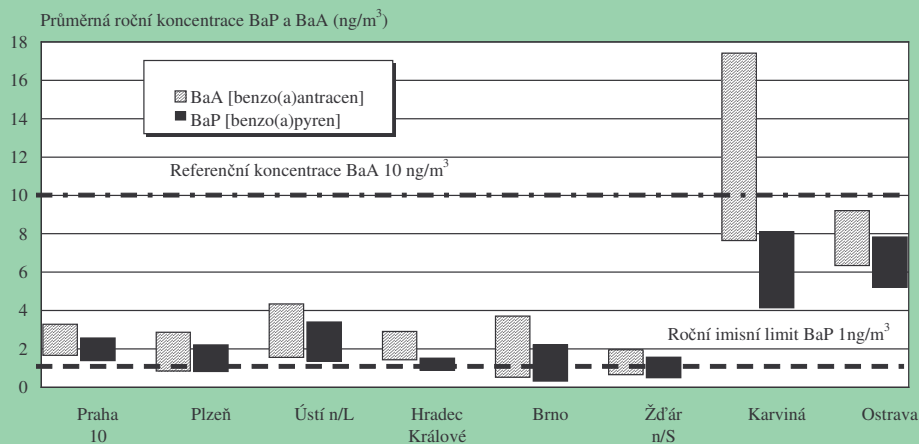
SZÚ - Centrum hygieny
životního prostředí

Sledovaná města z hlediska
kvality životního prostředí

Město	Realizace v subsystému								Kód sídla	Počet obyvatel
	1	2	3	4	5	6	8			
Základní účastníci:										
Benešov	x	x		x	x	x			BN	16277
Břno	x	x	x	x		x			BM	370505
České Budějovice	x	x	x	x		x			CB	95986
Děčín	x	x	x			x			DC	52155
Havlíkův Brod	x	x	x			x			HB	24320
Hodonín	x	x							HO	26575
Hradec Králové	x	x	x	x		x	x		HK	95755
Jablonec nad Nisou	x	x	x	x		x			JN	44991
Jihlava	x	x	x			x			JL	50174
Jindřichův Hradec	x	x							JH	22795
Karviná	x	x				x	x		KI	64146
Kladno	x	x	x			x			KL	70328
Klatovy	x	x				x	x		KT	22873
Kolín	x	x	x			x			KO	29817
Kroměříž	x	x				x	x		KM	29180
Libeň	x	x	x			x			LB	97677
Mělník	x	x				x			ME	19077
Most	x	x				x			MO	68028
Olomouc	x	x	x			x	x		OL	101624
Ostrava	x	x	x	x					OV	314102
Píseň	x	x	x	x	x	x			PM	164703
Praha	x	x	x	x	x	x ¹⁾			A	1161938
Příbram	x	x	x			x			PB	35508
Sokolov	x	x							SO	24999
Stavov	x	x				x			SY	17538
Šumperk	x	x		x		x			SU	29073
Ústí nad Labem	x	x	x	x	x	x			UL	94544
Ústí nad Orlicí	x	x	x			x			UO	15082
Znojmo	x	x	x	x		x			ZN	35552
Zlín nad Sázavou	x	x	x	x	x	x			ZR	24028
Prádní účastníci:										
Litoměřice	x								LT	24608
Pardubice	x								PU	89725

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs)

Obr. 2 Rozpětí koncentrací PAU (BaP, BaA) v ovzduší monitorovaných měst 1997 - 2003



Analýza trendů prokázala u většiny sídel pozvolný nárůst benzo(a)pyrenu, jehož roční imisní limit (1 ng/m³) byl překročen na většině z osmi měřicích stanic, nejvýznamněji na stanici v Ostravě (7,8 ng/m³) a na stanici v Karviné (6,2 ng/m³).

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs)

KARCINOGENNÍ

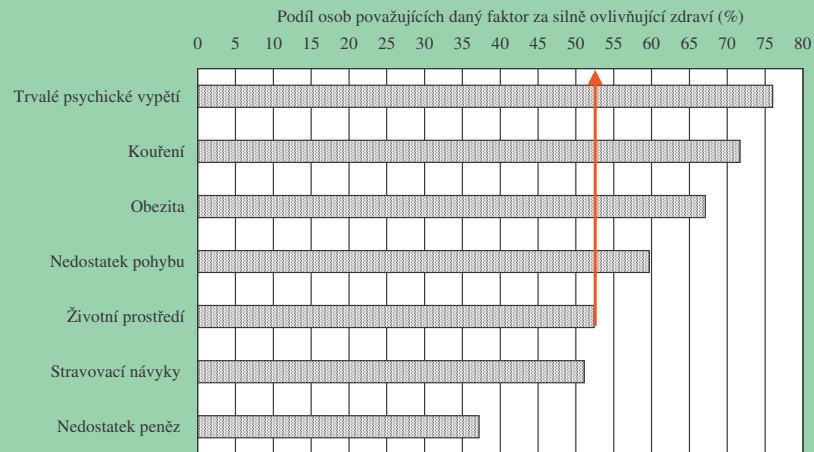
naftalen, acenaftalen, ACL, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, ...



Pokud potravou přijmáme denně 50-290 ng a ze vzduchu 20 ng, pak pokud člověk vykouří denně 20 cigaret, zvýší si příjem o dalších 210 ng. Pobyt v zakouřené místnosti může příjem benzo(a)pyrenu také výrazně zvýšit (asi o 10 ng za každou hodinu strávenou v zakouřené místnosti).

SZÚ - Centrum hygieny životního prostředí

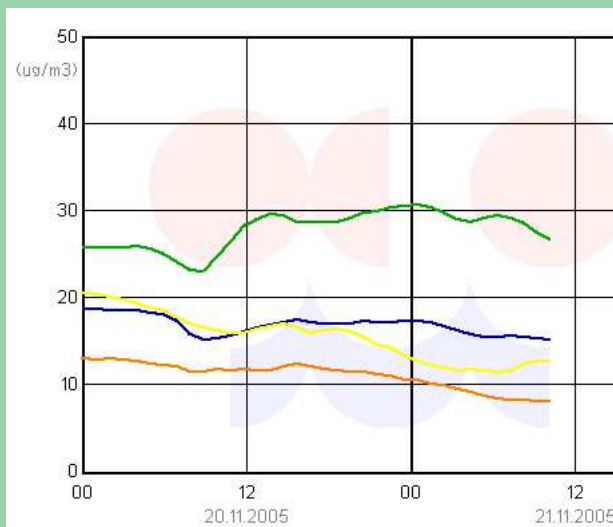
Obr. 13 Vnímání rizikovosti faktorů pro lidské zdraví, 1998 - 2002



<http://www.szu.cz/chzp/zpravodaj/documents/zprav0204.doc>

PM10 – prašný aerosol (převládající velikost částic 10 μ m)

Imise 40/50
Interiér 150



BRNO-STŘED

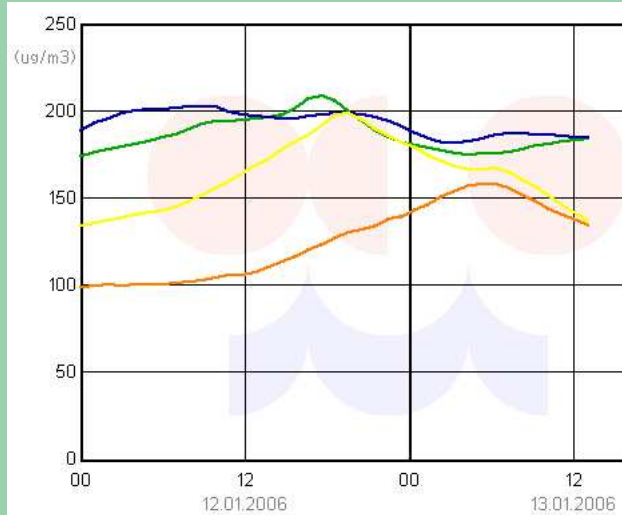
BRNO-TUŘANY

ZNOJMO

MIKULOV-SEDEC

PM10 – prašný aerosol
(převládající velikost částic 10 μ m)

Imise 40/50
Interiér 150



BRNO-
STŘED

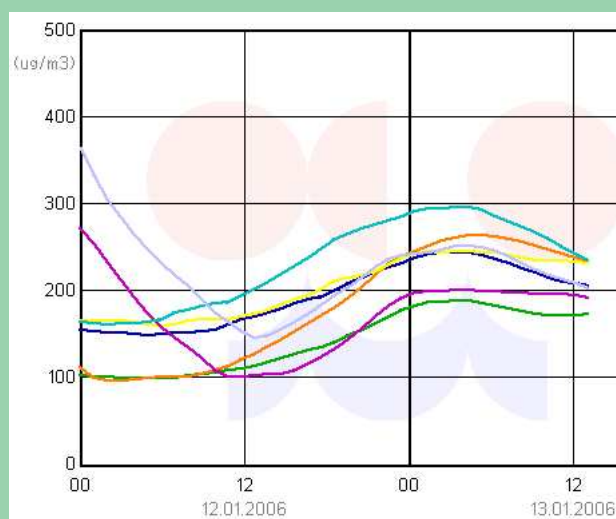
BRNO-
TUŘANY

ZNOJMO

MIKULOV
-SEDEC

PM10 – prašný aerosol
(převládající velikost částic 10 μ m)

Imise 40/50
Interiér 150



OSTRAVA
- FIFEJDY

KARVINÁ

HAVÍŘOV

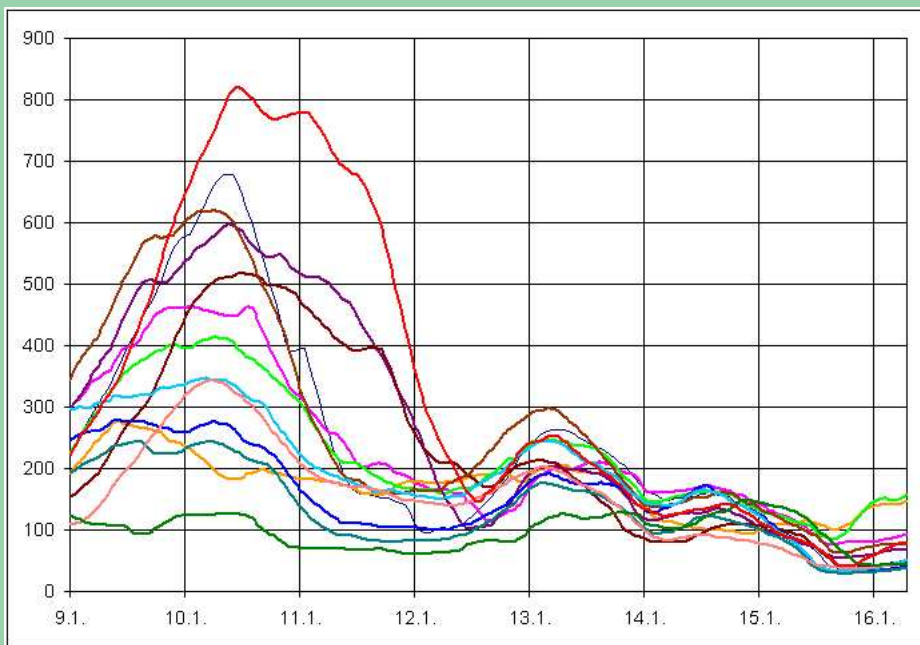
VĚŘŇOVICE

BOHUMÍN

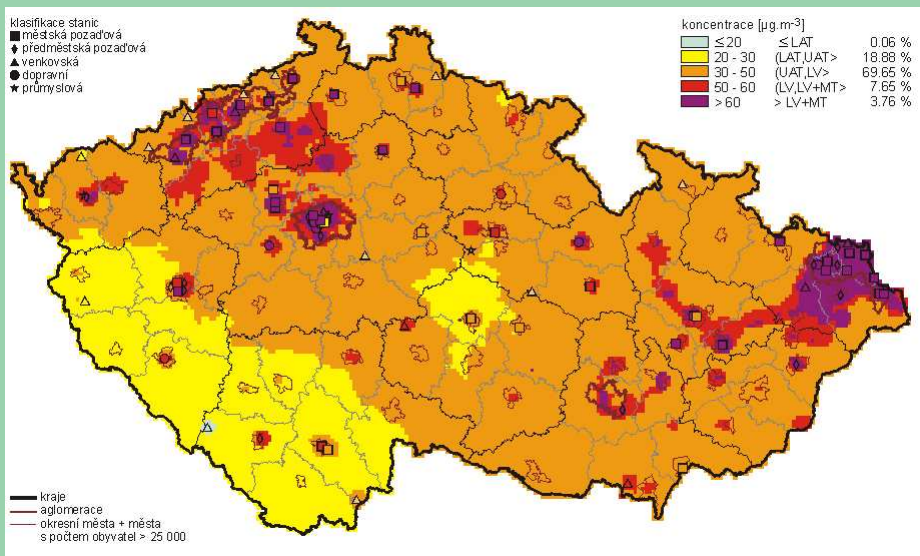
OSTRAVA
- PŘÍVOZ

ORLOVÁ

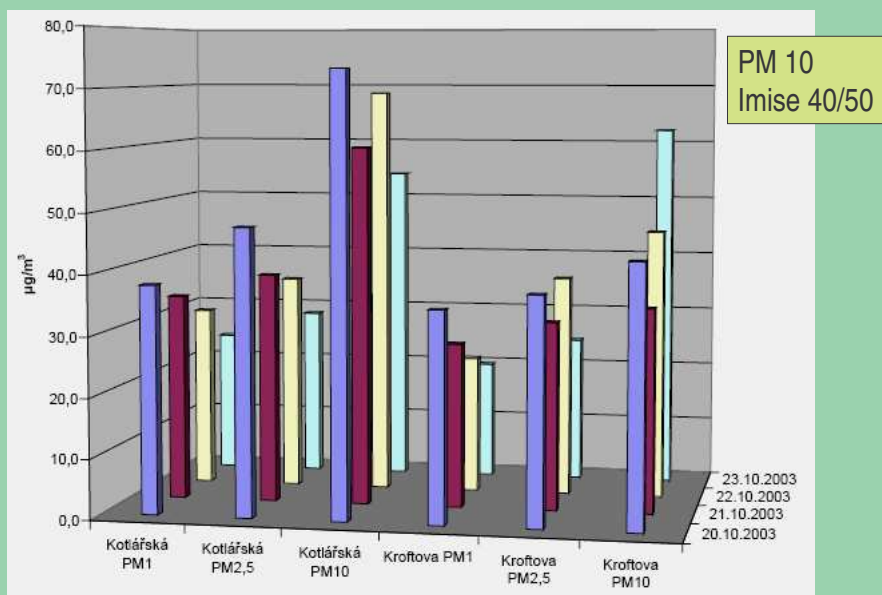
PM10 – Moravskoslezský kraj, inverze v lednu 2006



PM10 – prašný aerosol Nejvyšší 24hod. koncentrace PM₁₀ v roce 2003



PM1, PM2,5 a PM10 – Brno 2004



<http://www.cdv.cz/text/szp/13904/zprava13904/2004/du04.pdf>

OZÓN

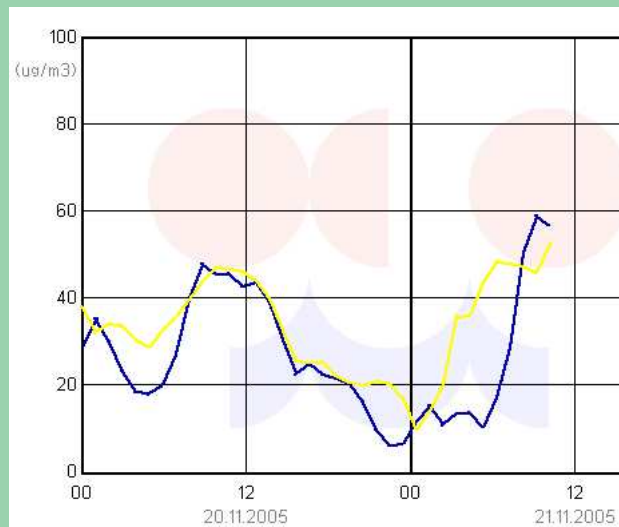
Ozón vzniká přímo v atmosféře působením slunečního ultrafialového záření chemickými reakcemi z oxidů dusíku a zbytku nespálených uhlovodíků, zejména z automobilových výfuků. Ozón je nejnebezpečnější součástí fotochemického smogu .

V některých částech Evropy překračuje hodinová průměrná koncentrace ozonu v **městských oblastech 350 µg/m³**, zatímco v **USA** tato hodnota často překračuje **400 µg/m³**. Všeobecně jsou koncentrace ozonu v ovzduší městských center nižší než v předměstských oblastech, hlavně v důsledku oxidů dusíku vznikajících v motorových vozidlech, které se účastní reakcí spotřebovávajících ozon.



OZÓN O₃

Imise 120
Interiér 100



BRNO-
TUŘANY

ZNOJMO

Oxid uhelnatý

CO je plyn bezbarvý, bez zápachu, nepatrně lehčí než vzduch, hoří modrým plamenem. Je-li ve vzduchu přítomen v množství 12,5 až 74,2%, vybuchuje za vzniku oxidu uhličitého.

Špatně postřehnutelný smysly, vzniká při nedokonalém spalování.

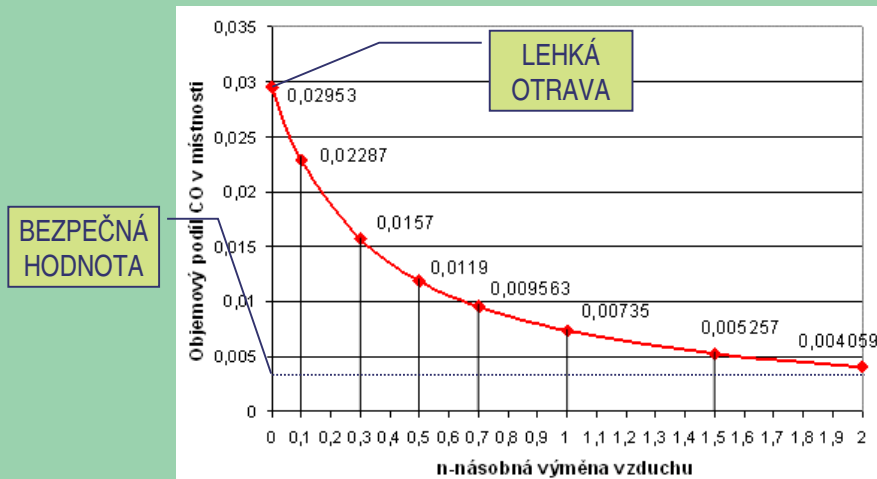
Lehčí otravy se projevují bolestmi hlavy, bušením krve v hlavě, tlakem na prsou, závratěmi. Dostavuje se celková nevolnost, zvracení. Pocity však nejsou vždy jen nepříjemné. Často se dostavuje jistý druh opilosti. V tomto stavu se může zvyšovat agresivita a postižený se může dopustit trestného činu. Barva kůže se mění na třešňově červenou, což je způsobeno přítomností krve s karboxyhemoglobinem v kapilárách. Pokud je dotyčný přenesen na čerstvý vzduch, dojde k rychlému zotavení.

Při těžších otravách oxidem uhelnatým se projevuje značný sklon k mdlobám. Nejprve slábnou nohy, člověk přestává cítit půdu pod nohama, předměty se zdají být větší. Tělesná teplota stoupá až na 42°C.

Na krevní barvivo - hemoglobin se váže 260x rychleji než kyslík. Vyskytuje-li se ve vdechovaném vzduchu, pohlcuje jej hemoglobin na úkor kyslíku. Mezní hodnotou koncentrace je 0,03% obj.CO. Při této hodnotě se již na pobytových osobách začne projevovat lehká otrava (bolest hlavy, nevolnost, únava). Za bezpečnou je považována hodnota 0,003% CO. Koncentrace 0,3% Co způsobí silnou otravu s přímým ohrožením života.

Oxid uhelnatý

Závislost objemového podílu CO v místnosti kuchyně o objemu 20m³ s plynovou vestavěnou varnou deskou s potřebou plynu 0,7m³/hod. a X násobku výměny vzduchu v místnosti při době provozu spotřebiče 1h.



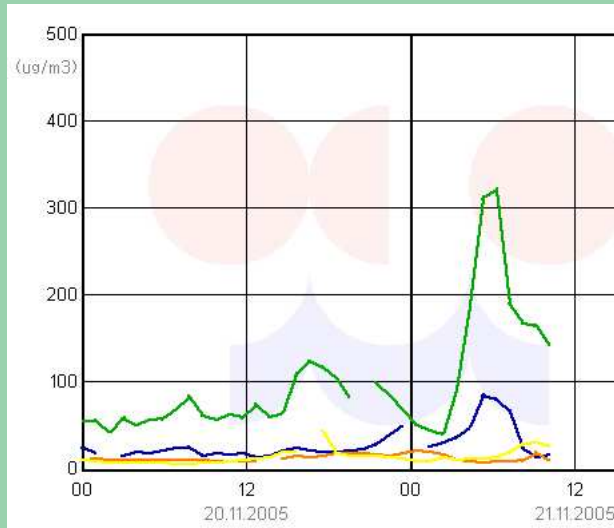
OXID UHELNATÝ CO

Imise 10 000
Interiér 5 000



BRNO-
STŘED

OXIDY DUSÍKU NO_x



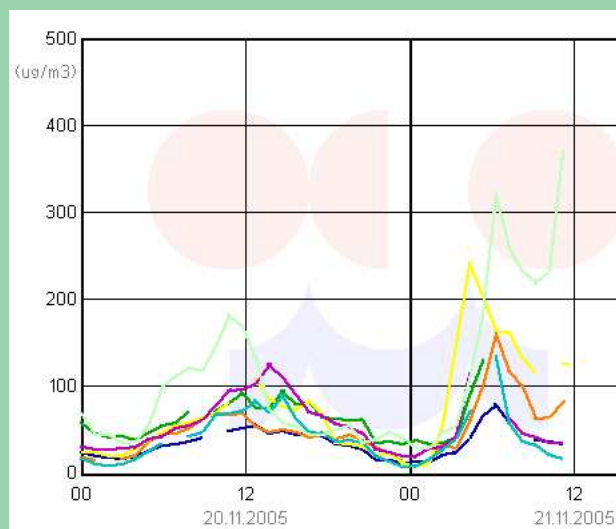
BRNO-STŘED

BRNO-TUŘANY

ZNOJMO

MIKULOV-SEDELEC

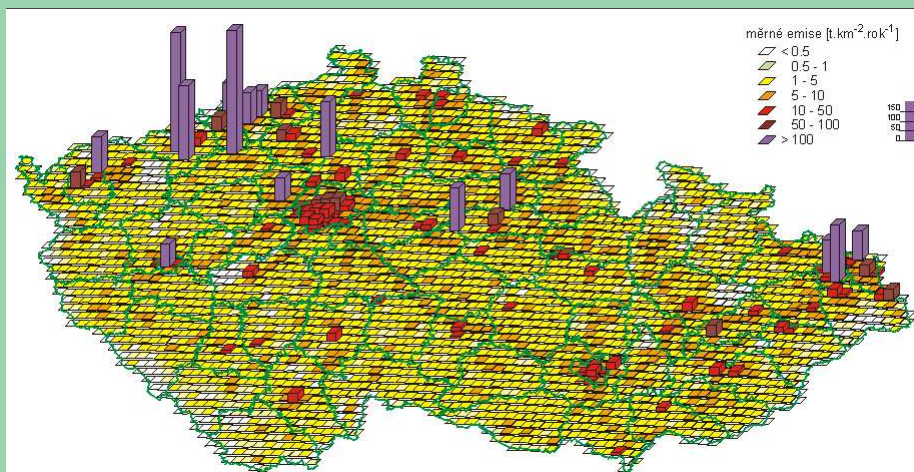
OXIDY DUSÍKU NO_x



PRAHA
VNITŘNÍ ČÁST

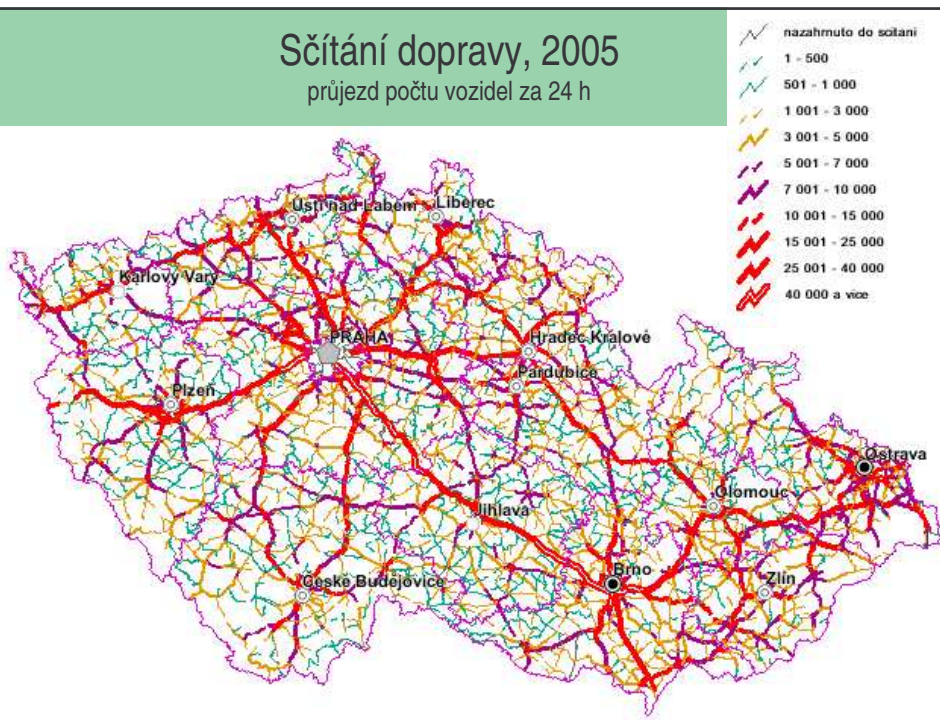
OXIDY DUSÍKU

Emisní hustoty oxidů dusíku ze čtverců 5x5 km, 2002



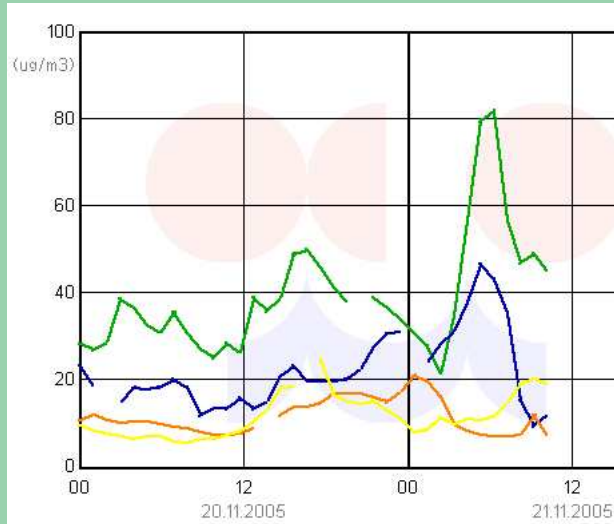
Sčítání dopravy, 2005

průjezd počtu vozidel za 24 h



OXID DUSIČITÝ NO₂

Imise 40/200
Interiér 100



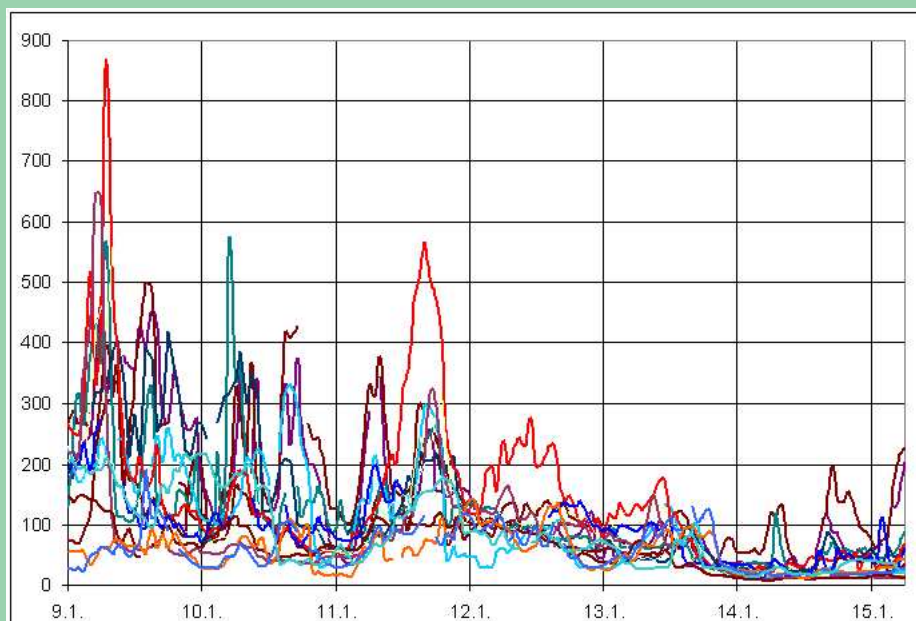
BRNO-
STŘED

BRNO-
TUŘANY

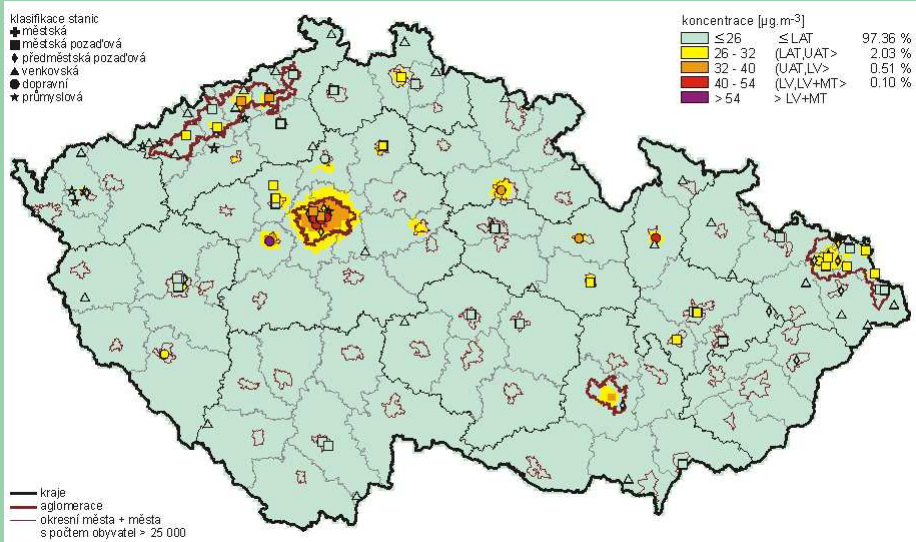
ZNOJMO

MIKULOV
-SEDEC

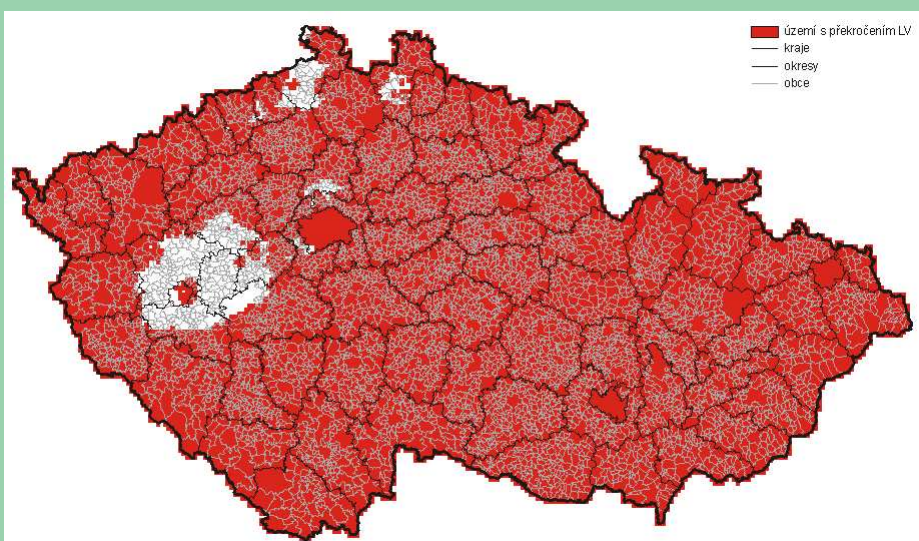
NO_x – Moravskoslezský kraj, inverze v lednu 2006



OXID DUSIČITÝ NO₂ Pole roční průměrné koncentrace NO₂ v roce 2003

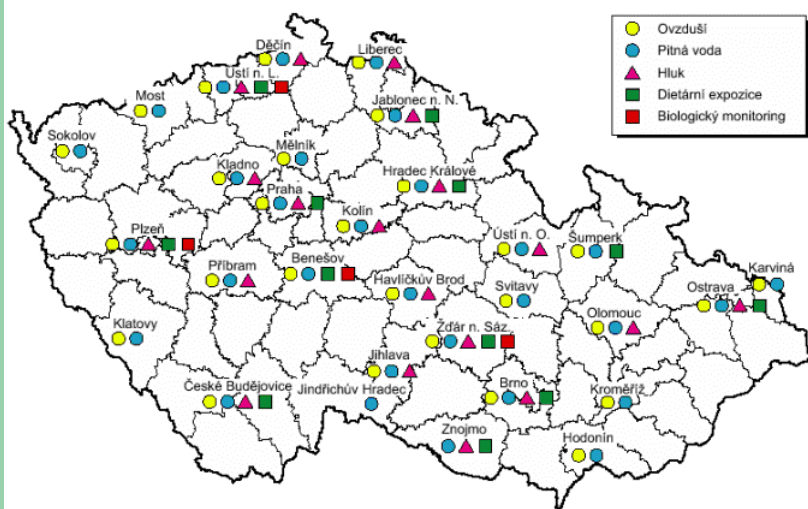


Vyznačení oblastí/obcí se zhoršenou kvalitou ovzduší vzhledem k limitům pro ochranu zdraví, se zahrnutím ozonu, 2003



Monitorování zdravotního stavu obyvatelstva - města

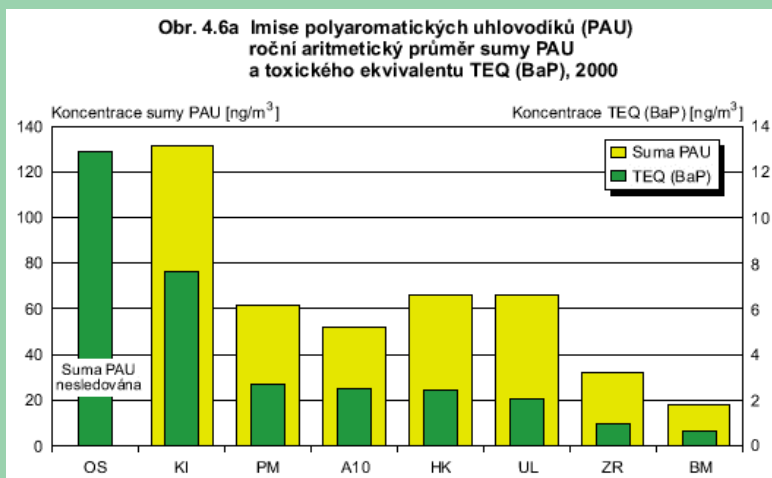
Obr. 3.1 Účastníci Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí



Monitorování zdravotního stavu obyvatelstva - PAU

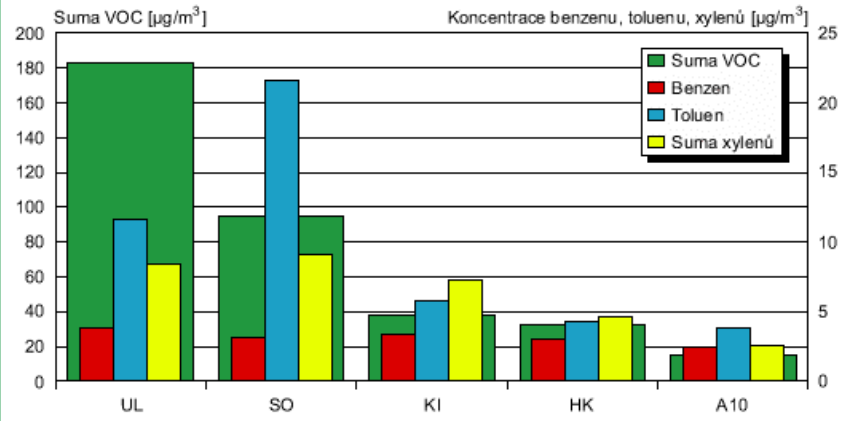
Karcinogenní potenciál směsi PAU v ovzduší je možné vyjádřit pomocí toxického ekvivalentu (TEQ), který odráží skutečnost, že jednotlivé PAU jsou různě silnými karcinogeny. Za základ vyjádření potenciálního karcinogenního rizika byl vzat benzo(a)pyren.

Obr. 4.6a Imise polyaromatických uhlovodíků (PAU) roční aritmetický průměr sumy PAU a toxického ekvivalentu TEQ (BaP), 2000



Monitorování zdravotního stavu obyvatelstva - VOC

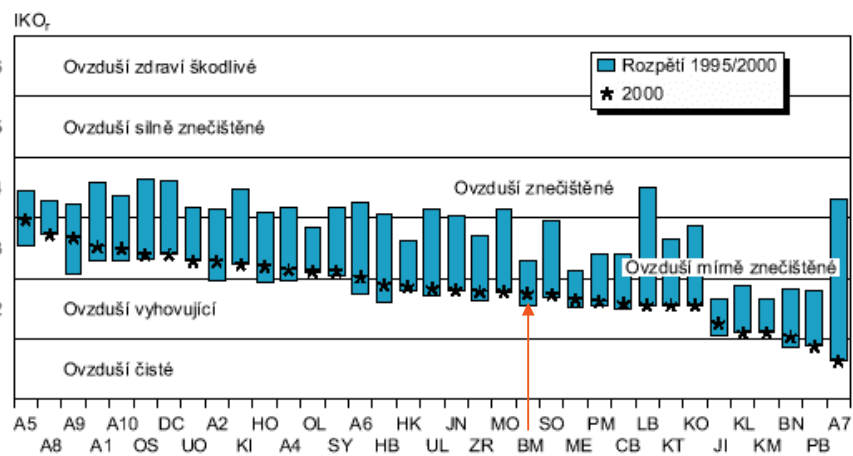
Obr. 4.6c Imise těkavých organických látek (VOC)
roční aritmetický průměr, 2000



Kvalita ovzduší ve vybraných městech ČR

Do zpracování indexu kvality ovzduší (IKO_r) byly zahrnuty naměřené koncentrace SO_2 , NO_x , TSP a PM_{10} .

Obr. 4.4 Roční index kvality ovzduší (IKO_r), 1995–2000



SZÚ - Centrum hygieny životního prostředí Celkové hodnocení sledování kvality ovzduší

- Pokles koncentrace oxidu siřičitého bez překračování ročních imisních limitů. Nárůst koncentrací nebyl zaznamenán v žádném městě.
- Ve všech monitorovaných sídlech přetrvává výrazné **znečištění ovzduší poletavým prachem**. Přes polovinu obyvatel monitorovaných měst je vystaveno potenciální expozici polétavému prachu nad imisním limitem a situace se v posledních letech (1999 - 2003) postupně zhoršuje.
- Roční imisní limit ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) u koncentrací sumy **oxidů dusíku** je v jednotlivých letech překračován jen v **Praze 1, 5 a 8**.
- Obsah toxických kovů v polétavém prachu klesá, výrazně u olova, mírně u arzenu. Podle modelového odhadu expozice toxickým kovům nepřekračuje tato 2,5 % denního přípustného limitu.
- Výskyt **polyaromatických uhlovodíků** v ovzduší je zjišťován výběrově od roku 1997 v osmi městech ČR. Na většině z nich koncentrace benzo(a)pyrenu, nejzávažnějšího karcinogenu, **dlouhodobě překračují roční imisní limit**. Situace je závažná a bude jí věnována patřičně zvýšená pozornost.
- Koncem roku 1996 bylo zahájeno monitorování **mutagenní aktivity suspendovaných částic PM_{10}** v ovzduší. Od roku 1997 probíhá kontinuální měření s 18ti denními odběrovými intervaly. Výsledky mutagenní aktivity detekované u indikátorového kmene bakterie Salmonella Typhimurium YG 1041 signalizují zvyšující se koncentraci chemických struktur s mutagenním potenciálem vázaných na suspendované částice.

Hodnocení oděrového mikroklimatu

koncentrace CO_2
koncentrace TVOC

Dávka větracího vzduchu na osobu
Olf, decipol
Decicarbdióx (dCd), decitvoc (dTv)

LIDÉ

STAVBA A ZAŘÍZENÍ

§ Průměrná hodnota CO_2 v průběhu 24 h, která se předpisuje klasickou hodnotou 1000 ppm ($1800 \text{mg}/\text{m}^3$), stanovenou v 19. stol. Maxem von Pettenkoferem, což odpovídá cca 20 % nespokojených neadaptovaných osob. Na tuto hodnotu je třeba dimenzovat vzduchotechnická zařízení.

§ Nejvýše přípustná hodnota CO_2 , která by nikdy neměla být překročena (v průběhu celých 24 h) je koncentrace 1200 ppm ($2160 \text{mg}/\text{m}^3$), tato hodnota se blíží hodnotě 30 % nespokojených neadaptovaných osob.

Průtok větracího vzduchu podle znečištění venkovního vzduchu

Předpokládáme-li koncentraci CO₂

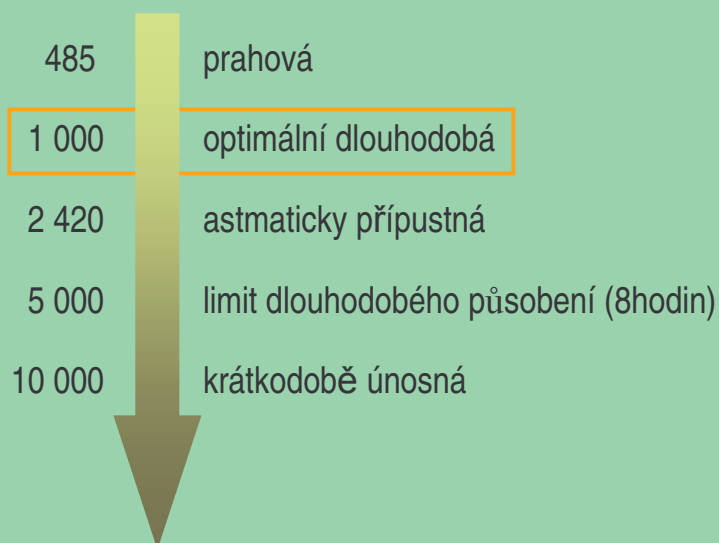
- v čistém venkovním vzduchu 390 ppm,
- ve znečištěném vzduchu 440 ppm,
- produkci CO₂ 19 l/h.os (EUR 14 449 EN),

pak platí:

Pro koncentraci CO₂ v interiéru 1000 ppm je nutný přívod čistého vzduchu 25 - 30 m³/h.os, znečištěného vzduchu (zvláště ve městech) až 34 m³/h.os. Rozptyl hodnot v závislosti na kvalitě venkovního vzduchu činí 100 až 135%.

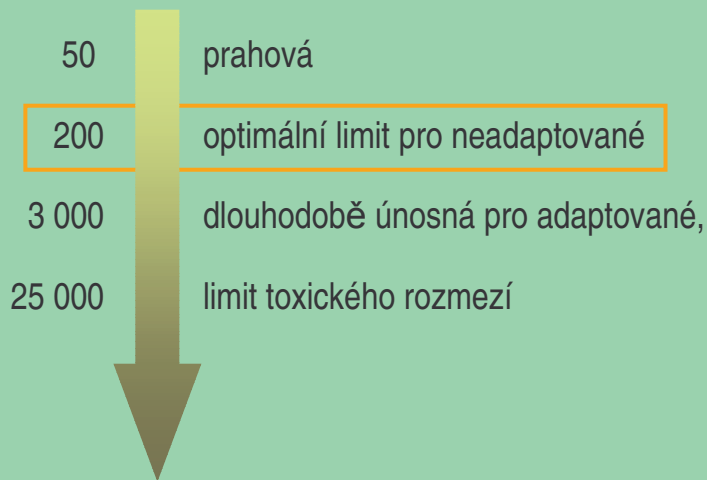
Oděrové mikroklima

Vnímání koncentrace CO₂ (ppm)



Odérové mikroklima

Vnímání koncentrace TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



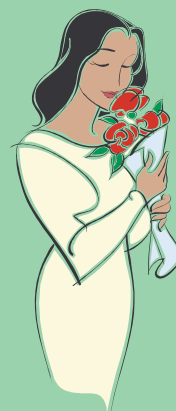
Hodnocení odérového mikroklimatu OLF A DECIPOL (Fanger 1988)

Subjektivní vnímání látek různé povahy a
původu

Vnímání TVOC lidmi

1 olf = znečištění vzduchu jednou standardní osobou (kancelářská práce v tepelné pohodě), která se 0,7x denně koupe.

1 decipol = kvalita vzduchu znečištěného jednou standardní osobou (1 olf) s větráním 10l/s (36m³/h) venkovního vzduchu (subjektivní hodnocení).



→ **LIDÉ + STAVBA A ZAŘÍZENÍ**

$$V = \frac{olf}{decipol_i - decipol_e} \cdot \frac{1}{\epsilon} \quad [l/s]$$

OLF A DECIPOL (Fanger 1988)

Zdroje znečištění v olfech - lidé

Člověk a jeho činnost		Smyslová zátěž (olf/os.)
sedící (1-1,2 met)	0% kuřáků	1
	20% kuřáků	2
	40% kuřáků	3
	100% kuřáků	6
Fyzicky aktivní	3 met	4
	6 met	10
	10 met	20

Počítač s CRT monitorem – 3 olfy !!!

Kouřící kuřák 25 olfů !!!

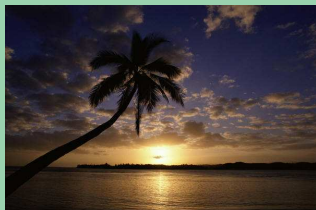
OLF A DECIPOL (Fanger 1988)

Zdroje znečištění v olfech – stavba a zařízení

Větraný prostor	Smyslová zátěž olf/m ²		Počet osob na m ² podlahy
	Rozmezí	Průměrně	
Administrativní budova	0,02 – 0,95	0,3	0,07
Školy	0,12 – 0,54	0,3	0,5
Mateřské školy	0,2 – 0,74	0,4	0,5
Shromažďovací prostory	0,13 – 1,32	0,5	1,5

Odérové mikroklima

Kvalita venkovního vzduchu v decipolech



Lokalita	Kvalita venkovního vzduchu (decipol)
U moře	0
Město s dobrou kvalitou vzduchu	0,1
Město se špatnou kvalitou vzduchu	0,5



Výzkum subjektivního vnímání kvality vzduchu člověkem



Výzkum působení různých materiálů na kvalitu vzduchu vnímanou člověkem. Příprava podlahové krytiny; přes zkoumaný materiál proudí vzduchu, který posuzuje větší množství osob (statistika).

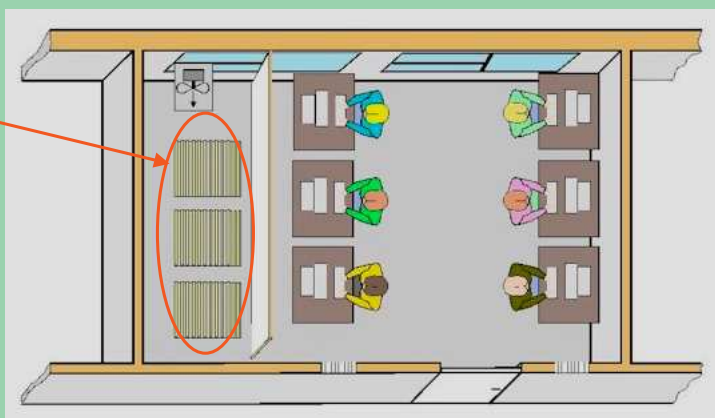
Výzkum je zaměřen na vliv kvality vzduchu na lidské zdraví, pohodu a produktivitu.

DTU Kvalita vzduchu, symptomy SBS a produktivita práce
v běžné a nízkoemisivní budově (Pawel Wargocki)

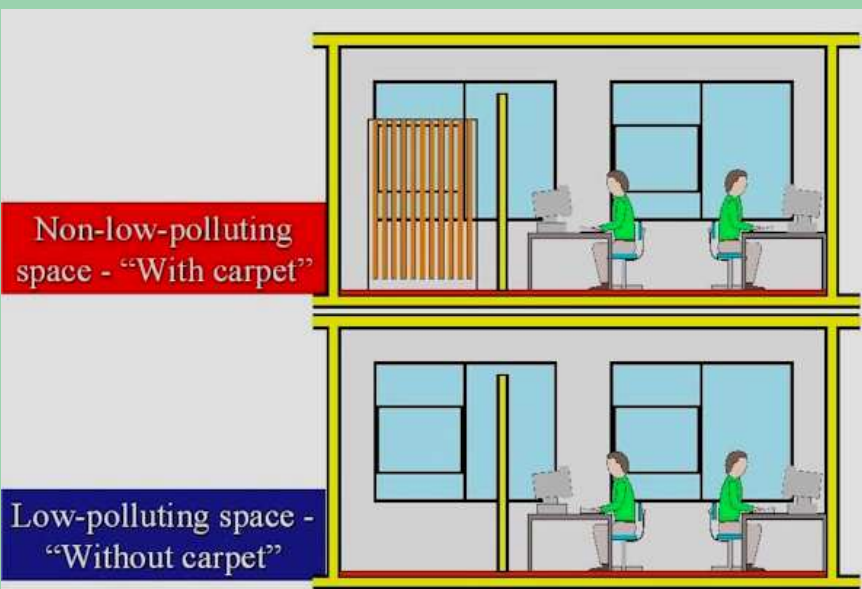
Prostředí: Operativní teplota 24°C
Hladina hluku 42 dB/A

Relativní vlhkost 50%;
Průtok vzduchu 10l/s.os.

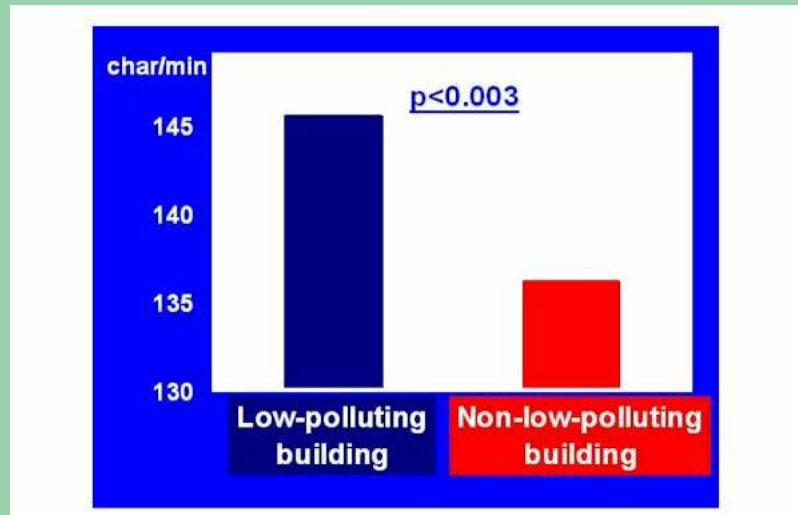
Zdroj znečištění:
20 let používaný
koberec
z kancelářské
budovy



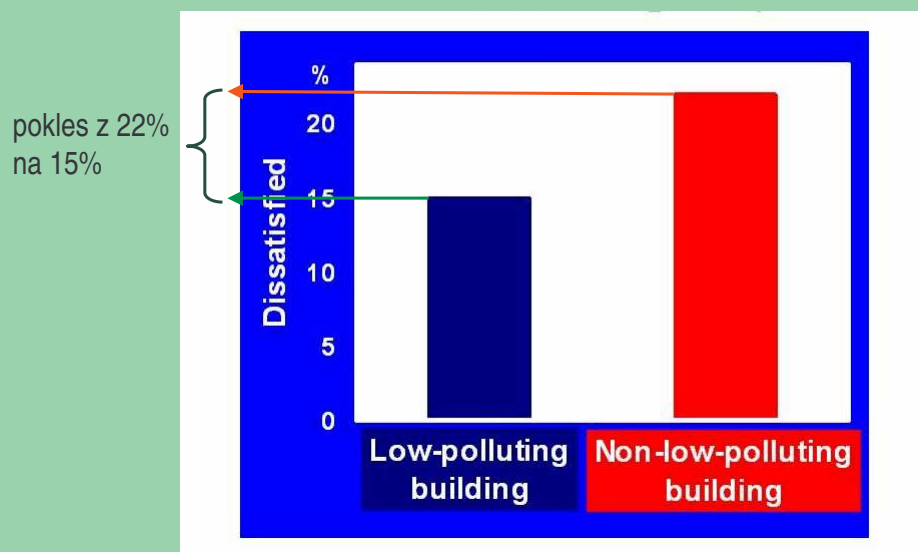
Uspořádání experimentu



Výsledky – produktivita práce: rychlost psaní na stroji



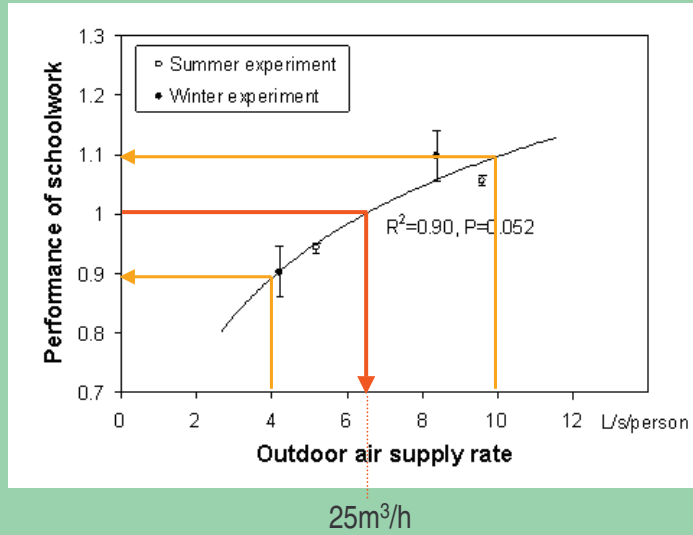
Výsledky – hodnocená kvalita vzduchu podíl nespokojených osob





Vnitřní prostředí a učení ve školách

Experimenty v dánských základních školách na 100 žácích ve věku 10 až 12 let při běžném školním provozu (od čtení po matematiku).



Hladiny odérů

= upravené dekadické logaritmy koncentrací vztažené k prahovým hodnotám (jako v akustice hladiny hluku)

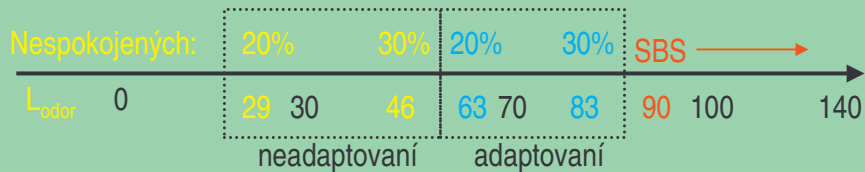
LIDÉ

$$L_{odor(CO_2)} = 90 \log \frac{\rho_{i(CO_2)} [ppm]}{485} \quad [decicarbdióx], [dCd]$$

$$L_{odor(TVOC)} = 90 \log \frac{\rho_{i(TVOC)} [\mu g / m^3]}{50} \quad [decitvoc], [dTv]$$

STAVBA A ZAŘÍZENÍ

STUPNICE



Hladiny odérů

- vjem člověka je úměrný logaritmu podnětu – výstižněji popisuje lidské vnímání než koncentrace
- hodnoty číselně odpovídají adekvátním hodnotám hladiny hluku (NR) – jednoduché posouzení všech parametrů prostředí
- ze vzájemného porovnání dCd a dTv lze určit, které škodliviny převažují
- jsou měřitelné (přístroje mohou být v těchto jednotkách přímo cejchovány)

Kvalita vzduchu v pracovním prostředí

Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci (změna: 523/2002 Sb.).

Přípustné expoziční limity (PEL) jsou celosměnové časově vážené průměry koncentrací a platí za předpokladu, že zaměstnanec je zatěžován tělesnou prací, při které jeho průměrná plicní ventilace nepřekračuje 20 litrů za minutu a doba výkonu práce nepřesahuje 8 hodin

Nejvyšší přípustné koncentrace (NPK) chemických látek v pracovním ovzduší jsou koncentrace látek, kterým nesmí být zaměstnanec vystaven v žádném časovém úseku osmihodinové pracovní směny .

Imisní limity (IL) hodnoty nejvýše přípustné úrovně znečištění ovzduší. Imisní limity se pro některé v příručce uváděné nebezpečné chemické látky (oxid siřičitý, oxid dusičitý a oxidy dusíku, oxid uhelnatý, amoniak) stanovují podle nařízení vlády č. 350/2002 Sb

Kvalita vzduchu v pracovním prostředí

- **chemické látky v ovzduší** (aceton, chlor, rtuť, toluen, fosgen ...)
- **prach s převážně fibrogenním účinkem, s možným fibrogenním účinkem** (křemen, slída, šamot)
- **prach s nespécifickým účinkem** (cement, hliník, popílek)
- **Prach s dráždivým účinkem** (textilní a živočišné prachy)
- **minerální vláknité materiály** (azbestová aj. vlákna)
- **biologické činitele** tř. 1, 2, 3 (podle působení na člověka)



Příklad – Posuďte odérové mikroklima zadaného prostředí

9/2

Měřením bylo zjištěno, že v prostředí se vyskytují tyto chemické látky v koncentracích:

amoniak 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
toluen 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
formaldehyd 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
trichloretylen 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- Určete hladinu z koncentrací TVOC a určete přibližný počet nespokojených osob.
- Posuďte, zda nejsou překročeny přípustné koncentrace z hlediska limitních koncentrací dle tab.5 Vyhlášky č.6/2003 Sb.
- Koncentrací uvedených v zadání se dosahuje při 2-násobné výměně vzduchu v prostoru za hodinu; posuďte jak se změní hodnocení dle bodu a) a b), pokud bude výměna vzduchu zvýšena na 3-násobnou; koncentrace ve venkovním prostředí uvažujte jednotně jako 30% z původních koncentrací ve vnitřním prostoru.