



LEARNING TOXICOLOGY  
THROUGH OPEN EDUCATIONAL  
RESOURCES

# VNITŘNÍ “INDOOR” ZNEČIŠTĚNÍ

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Brasov

[d.perniu@unitbv.ro](mailto:d.perniu@unitbv.ro), [i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro)



Erasmus+

This work is licensed under a Creative  
commons attribution – non commercial 4.0  
international license



## 1. ÚVOD

Důležitost vnitřního znečištění vychází předpokladu, že dnešní člověk tráví převážnou většinu času ve vnitřních prostorách domova, na pracovišti nebo v prostorách pro volný čas. Interiéry jsou velmi rozmanité, pro kvalitu ovzduší je typická různorodost a fakt, že mnohdy může mít nepříznivé účinky na lidské zdraví.

## 2. MIKROPROSTŘEDÍ, KDE LIDÉ ŽIJÍ

K vystavení člověka znečišťujícími látkami dochází, pokud je jednotlivec po určitý čas v kontaktu se znečišťující látkou určité koncentrace. K expozici nejvíce dochází v místech častého pobytu, která se obecně označují jako "mikroprostředí". Mikroprostředí je definováno jako trojrozměrný prostor, kde je úroveň znečišťující látky v určitém stanoveném čase stejná. Mikroprostředí je tedy charakterizováno konstantní statistickou koncentrací látek. Vzhledem k používané klasifikaci globálního prostředí (včetně přírodního a socioekonomického prostředí) a také s přihlédnutím k mezinárodním statistikám, lze zhruba říci, že většina lidstva tráví většinu času ve venkovských mikroprostředích v rozvojových zemích.

Nezanedbatelná část lidstva žije ve městech a díky tomu, že v postindustriální éře došlo k posunu od výrobního sektoru k sektoru služeb a znalostí, tak pracuje v kancelářském prostředí.

V této části kurzu si představíme aspekty, které se týkají problematiky kvality vnitřního ovzduší v různých mikroprostředích v různých oblastech.

Kvalita vnitřního ovzduší samozřejmě závisí na faktorech, jako jsou kvalita venkovního prostředí, socioekonomické rysy obyvatel vnitřních prostor, a také jejich aktivita a životní styl.

indoor vs  
outdoor

- people spend the majority of time (80 - 90%) in **indoors**

developed vs  
developing  
countries

- over 80% of the world's population lives in **developing countries**

urban vs rural

- urbanization is occurring rapidly: ~55% of population live in **urban** area
- in developed countries: ~75% of population live in urban area
- in developing countries: ~60% live in **rural** area

### 3. KVALITA VNITŘNÍHO OVZDUŠÍ – TERMINOLOGIE

V terminologii je třeba věnovat pozornost několika často používaným výrazům.

*Vnitřní („indoor“) prostředí* se nachází uvnitř budovy nebo jiného uzavřeného prostoru, kde se nalézají lidé. Například kancelářská budova, byt v panelovém domě, interiér autobusu.

*Kvalita vnitřního ovzduší* je kvalita vzduchu uvnitř takové budovy (nebo uzavřeného prostoru), který je analyzována.

*Vnitřní znečištění* vzniká přítomností zvýšených koncentrací chemických látek (např. oxidu uhelnatého), fyzikálních dějů (příklad hluku) nebo biologických kontaminantů (např. prachových roztočů).

Mezi *zdroje znečišťování vnitřního ovzduší* patří spalování fosilních paliv pro vytápění a vaření, kouření, emise ze stavebních materiálů, nábytku, kobereců, používání úklidových chemikálií, nesprávné větrání nebo nesprávná údržba klimatizace a infiltrace atmosférických polutantů z blízkého venkovního prostředí.

Indoor environment	<ul style="list-style-type: none"><li>• environment situated in the inside of a building and other enclosed spaces occupied by humans</li></ul>
Indoor air quality	<ul style="list-style-type: none"><li>• quality of air inside buildings</li></ul>
Indoor air pollution	<ul style="list-style-type: none"><li>• caused by concentrations of chemical, physical or biological contaminants in the air inside buildings and other enclosed spaces occupied by humans</li></ul>
Indoor pollution sources	<ul style="list-style-type: none"><li>• combustion of fossil fuels for cooking and heating</li><li>• tobacco smoking</li><li>• emission from construction materials, furnishing, rugs</li><li>• use of chemicals for housekeeping</li><li>• improper maintenance of air ventilation and air conditioning systems</li><li>• penetration of outdoor air pollutants</li></ul>

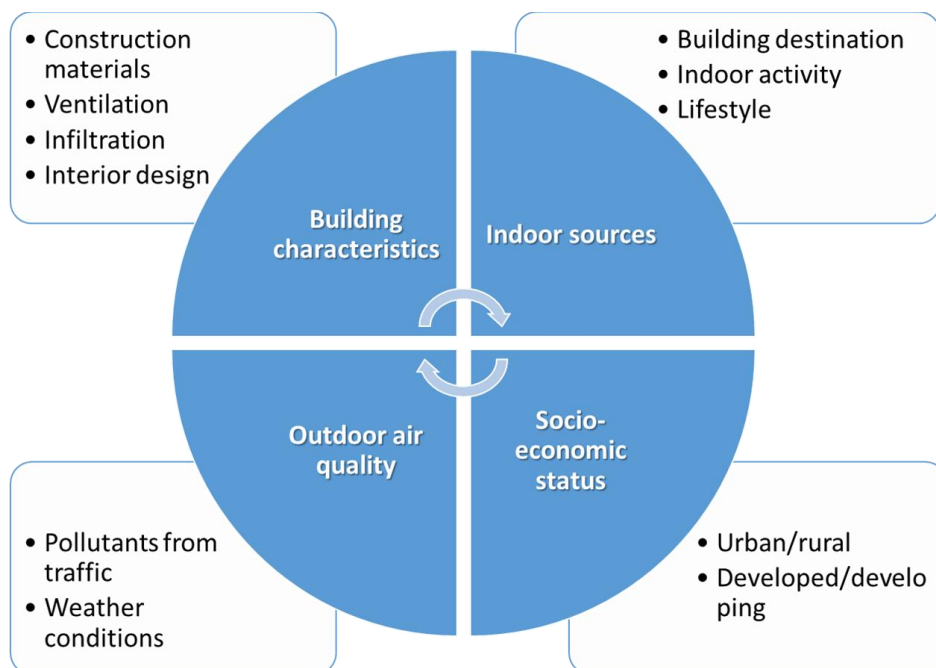
### 4. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU VNITŘNÍHO OVZDUŠÍ

Kvalita vnitřního ovzduší závisí na několika faktorech, které si nyní uvedeme:

Za prvé, *socioekonomický status* oblasti, kde se budova nalézá. Dále se budovy liší podle *konstrukčních charakteristik a designu*. Konstrukce a design buď umožňují přirozenou nebo umělou ventilaci a/nebo naopak spíše napomáhají infiltraci znečišťujících látek. Větrání a infiltrace zahrnují i výměnu znečišťujících látek mezi venkovním a vnitřním prostředím. Větrání je úmyslný proces ovlivněný návyky obyvatel a závislý na sezónních a meteorologických podmínkách. Infiltrace je neúmyslná a umožňuje pronikání polutantů s velmi malými rozměry z venkovního prostředí (obvykle submikronické částice).

Z *vnějšího prostředí* se ve vnitřních prostorách často vyskytují znečišťující látky ze silniční dopravy. Pro kvalitu ovzduší ve vnitřním prostoru je klíčové, zda budova stojí v blízkosti zdroje znečištění, což silně závisí na socioekonomickém postavení obyvatel.

V neposlední řadě jsou zdroje vnitřního znečištění budovy závislé na účelu budovy, na aktivitě obyvatel, na životním stylu a návycích, a všechny tyto aspekty silně ovlivňují kvalitu vnitřního ovzduší.



## 5. Polutanty vnitřního prostředí a jejich zdroje

Ve vnitřním prostředí se může nalézat řada znečišťujících látek, které, jak již bylo uvedeno, pocházejí jak z vnitřních, tak i z venkovních činností a zdrojů.

*Plynné znečišťující látky*, jako *oxid uhelnatý*, *oxid dusičitý* a *oxid siřičitý*, vznikají převážně spalováním fosilních paliv. Při použití nevhodných spotřebičů může koncentrace oxidu dusičitého v domácnostech během vaření výrazně převýšit venkovní a to zejména v kuchyni. Oxid uhelnatý je bezbarvý a nedráždivý plyn bez zápachu, který vzniká při neúplném spalování organických látek a je jednou z nejzávažnějších příčin otrav. Uvolňuje se ve vnitřních prostorách při užívání plynových spotřebičů, nevětraných petrolejových (kerosenových) ohřívačů a z tabákového kouře. Hlavní účinek CO spočívá v zmenšení schopnosti hemoglobinu vázat kyslík. Účinky otravy závisejí na koncentraci, délce expozice a celkovém zdravotním stavu exponované osoby.

Volné radikály, jako *hydroxylové* a *hydroxyperoxylové radikály* a také *ozon*, vznikají chemickými reakcemi. Ozon, sekundární znečišťující látka, převážně pochází z venkovního prostředí a zejména se týká budov v blízkosti silnic s intenzivním provozem a v letních, slunečných dnech. Významným zdrojem vnitřního ozonu jsou čističe vzduchu, které přinášejí úlevu při mnoha respiračních onemocněních a nebo snižují pachy a ničí mikroby.

*Částice* mohou obsahovat velké množství znečišťujících látek, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, pesticidy, těžké organické sloučeniny a biologické kontaminující látky. Vznikají spalováním paliv a tabáku ve vnitřních prostorách a také pronikají zvenčí. Částice mohou být uvolňovány přímo nebo mohou být výsledkem chemických reakcí plynných

prekursorů (tzv. sekundární částice), které pocházejících jak z vnitřních, tak z venkovních zdrojů. Vlastnosti částic jsou dány jak jejich původem a vznikem, tak i post-emisními procesy, které podstupují.

Dalším vnitřním zdrojem znečištění, který vytváří aerosoly bohaté na *těkavé a polotěkavé organické látky*, jsou úklidové a čisticí chemikálie. Mezi zdroje emisí těkavých organických látek (VOC) ve vnitřních prostorech se řadí nový nábytek, koberce, dlaždice, vinylové stěny, barvy a lepidla. Ve vnitřních prostorech, kde se nachází dřevěný nábytek a různé lepidla, se může uvolňovat toxický *formaldehyd*. Kombinace více zdrojů uvolňujících VOC ve vnitřních prostorech může mít za následek vystavení obyvatel komplexní "chemické polévce" obsahující 50 až 300 různých VOC.

*Tabákový kouř* obsahuje přes 4000 chemických látek ve formě částic a plynů, z nichž mnohé jsou považované za karcinogeny.

Do vnitřního prostředí budov se může uvolňovat radioaktivní radon z podlží nebo stavebních materiálů.

Konečně musí být alespoň zmíněny *biologické kontaminanty* vnitřního prostředí, jako jsou roztoci v domácím prachu a bakterie.

<b>Carbon monoxide</b> fuel/tobacco combustion; outdoor	<b>Nitrogen oxides</b> fuel combustion; outdoor (traffic)	<b>Sulfur dioxide</b> coal combustion; outdoor	<b>Free radicals and ozone</b> indoor chemistry; outdoor
<b>Fine particles</b> fuel/tobacco combustion, cleaning operations, cooking; outdoor (traffic)	<b>Polycyclic aromatic hydrocarbons</b> fuel/tobacco combustion, cooking; outdoor (traffic)	<b>Asbestos</b> remodeling/demolition, construction materials	<b>Pesticides</b> household products, dust from outside
<b>Aldehydes (Formaldehyde)</b> furnishings, construction materials, cooking, adhesives	<b>Volatile organic compounds</b> fuel/tobacco combustion, housekeeping operations, furnishings, construction materials; outdoor (traffic)	<b>Radon</b> soil under building, construction material	<b>Biological contaminants</b> damp materials, furnishings, components of climate control systems, occupants, outdoor air, pets

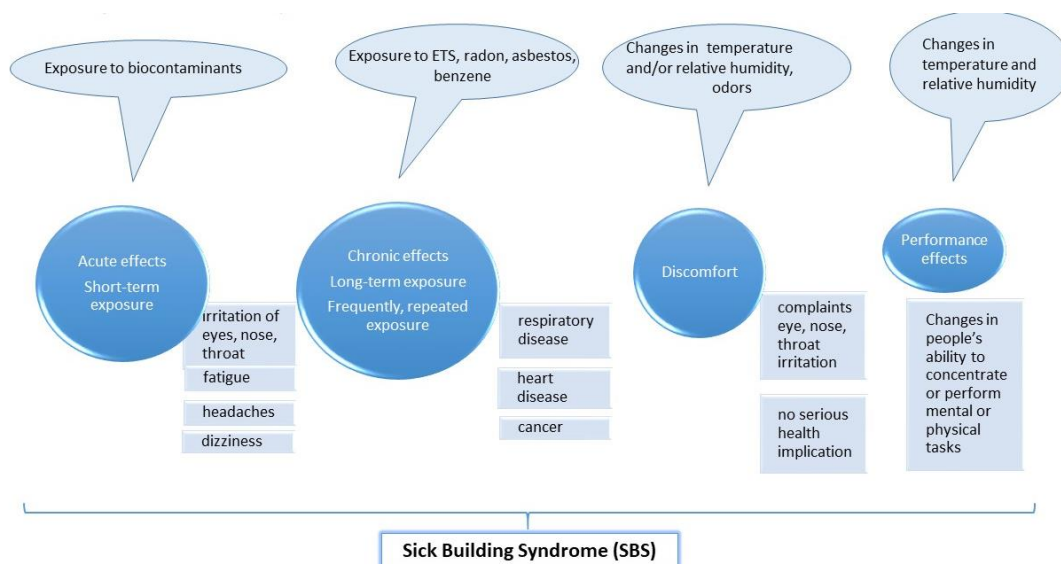
## 6. Účinky expozice znečištěnému vzduchu vnitřního prostředí

Při expozici znečištění v uzavřených prostorech závisí účinky na jednotlivce hlavně na typu znečišťující látky a na době expozice. Doba odezvy po expozici je důležitým faktorem při hodnocení účinku. Ihned po expozici se projevují akutní účinky jako podráždění, únava, bolesti hlavy a závratě. Obvykle vznikají expozicí biologickým kontaminujícím látkám a emisím ze stavebních materiálů a hlavně jsou způsobeny nedostatečným větráním.

Jako reakce na dlouhodobou expozici nebo opakované expozice se objevují chronické účinky, včetně nádorových onemocnění. Mezi takové polutanty patří např. tabákový kouř, radon, benzen a azbest.

Účinky bez závažných zdravotních důsledků zahrnují nepohodlí a zhoršení pracovního výkonu způsobené změnami fyzikálních parametrů vnitřního vzduchu.

Obecně se používá koncepce "umbrella" (deštník), která propojuje akutní účinky vlivem expozice znečištění v budovách "sick building syndrome" (syndrom nemocných budov). V důsledku nevhodného větrání a nahromadění plynných znečišťujících látek a/nebo biologických kontaminantů ve vnitřních prostorech si zaměstnanci z takových budov často stěžují, ale neexistuje žádná zjevná příčina ani lékařské testy neodhalují žádné zvláštní abnormality. Lidé trpí příznaky, když jsou v budově, a tyto příznaky mizí, když ji opustí. To obvykle vede k absencím a/nebo ke snížení pracovního výkonu a efektivity práce exponovaných osob.



## PŘÍKLADY

Mnoho vnitřních znečišťujících látek, ať už anorganické, organické nebo biologické povahy, které jsou potenciálně rizikové pro lidské zdraví, dosahuje ve vnitřních prostorech vyšších koncentrací než ve vnějších. Expozice osob proto může být výrazně vyšší ve vnitřním než vnějším prostředí. Dále si uvedeme příklady mikroprostředí s potenciálním rizikem pro zdraví člověka.

## 7. PŘÍSTUP K ENERGII V DOMÁCNOSTECH

Spotřeba energie v domácnostech je pro lidskou společnost zásadní. Energie se využívá pro nejrůznější účely, včetně vaření, vytápění, osvětlení, různé domácí práce i pro zábavu. Přístup k energii je definovaný jako "domácnost, která má spolehlivý a cenově dostupný přístup jak k čistým zařízením na vaření, tak i k elektřině na pokrytí základních energetických potřeb, a poté i pro navyšování množství elektřiny v čase k dosažení regionálního průměru" (IEA)

Jak bylo zmíněno na začátku, většina lidstva tráví většinu času ve vnitřním prostředí na venkově v rozvojových zemích. Vzhledem k nízkému příjmu a nízkému životnímu standardu, existenci významné části světové populace definuje právě přístup ke zdrojům energie pro základní potřeby jako strava a bydlení.

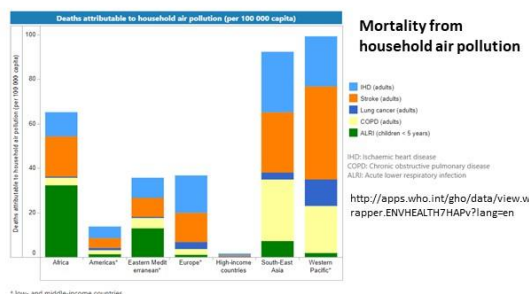
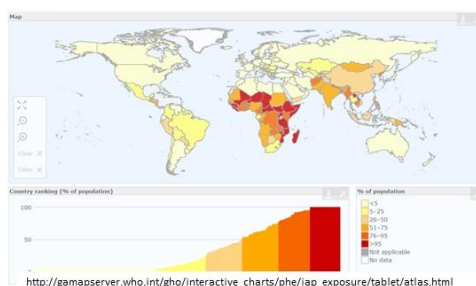
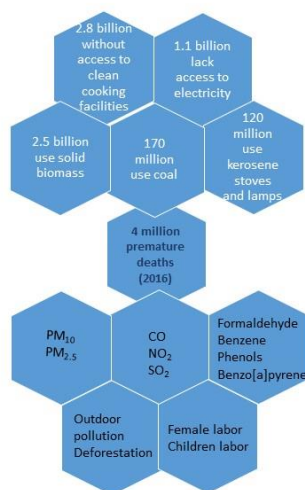
Nedávná mezinárodní statistika uvádí, že 2,8 miliardy lidí nemá přístup k čistému palivu na vaření a 1,1 miliardy lidí nemá přístup k elektřině. K zajištění základních potřeb pro vaření a vytápění využívá 2,5 milionu lidí pevnou biomasu, 170 milionů využívá uhlí a 120 milionů využívá petrolej (kerosen). Obrovský počet osob je díky tomu ve svých vlastních domech

vystaven polutantům včetně částic, oxidu uhelnatého, oxidu dusičitého, oxidu siřičitého, těkavých a polotěkavých organických látek. Podle údajů Světové zdravotnické organizace znečišťování ovzduší spalováním paliva v domácnostech dnes představuje nejvýznamnější globální zdravotní riziko pro životní prostředí. V důsledku znečištění vnitřního ovzduší byly v roce 2016 v rozvojových zemích zaznamenány 4 miliony předčasných úmrtí způsobených kardiovaskulárními chorobami, rakovinou plic a akutními respiračními onemocněními.

Kromě přímých účinků na lidské zdraví způsobuje vnitřní znečištění vyvolané fosilními palivy pro vaření a ohřev i znečištění blízkého venkovního ovzduší, čímž ovlivňuje okolí včetně odlesňování v důsledku těžby dřeva jako zdroje energie.

Tímto druhem znečištění jsou nejvíce postiženy ženy a děti. Ženy tradičně chystají stravu pro celou rodinu, takže tráví dlouhý čas ve vnitřním prostředí. Děti jsou vnitřními polutantů silně ovlivněny kvůli nedostatečně vyvinutému imunitnímu systému.

ENERGY ACCESS IN HOUSEHOLDS



## 8. Mikroprostředí během spánku

Celosvětově je považováno za vhodné, aby lidé spali v průměru 8-9 hodin denně, což znamená třetinu veškerého času. Proto je mikroprostředí, kde jsme během spánku, významné také z hlediska expozice vnitřním znečišťujícím látkám.

Mikroprostředí v době spánku můžeme definovat jako prostor zahrnující matraci, polštář, lůžkoviny, rám postele a vzduch nad těmito předměty. Všechny tyto složky lze považovat za zdroje vnitřního znečištění, protože jsou v bezprostřední blízkosti jednotlivce a dochází k dlouhodobé expozici prostřednictvím inhalace a dermálního kontaktu. Expozice je mnohem intenzivnější v případě dětí, zejména nejmenších, vzhledem k času, který prospí, a také k nízké tělesné hmotnosti.

V mikroprostředí, kde spíme, se může nacházet široké spektrum látek se škodlivými účinky na lidské zdraví. Matrace, polštáře i lůžkoviny často obsahují biologický materiál, např. roztoče, houby a bakterie. Jsou to zdroje buď přímo uvolňovaných polutantů nebo nahromaděných na prachových částicích. Zde uvádíme několik příkladů.

Chemické látky typu plastifikátory a retardéry hoření, které se přidávají do pěnových matrací, mají nepříznivé účinky na dýchací systém, mohou způsobit poškození kůže a nádorová onemocnění. Tyto látky se mohou nalézat v ložnicích, dokonce i když je jejich užití v postelích zakázáno.

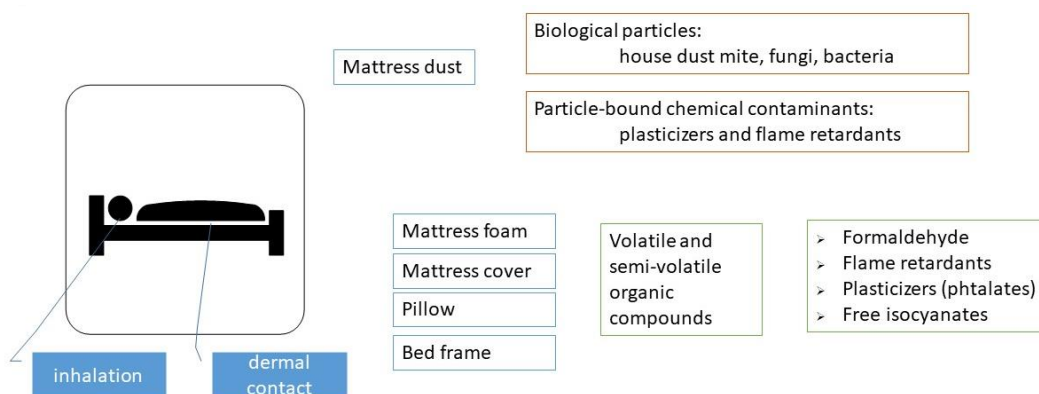
Prostředky zpomalující hoření jsou součástí matrací z polyuretanové pěny. Postupně se používaly různé organické perzistentní sloučeniny, např. polybromované difenyly a organofosfáty.

Plasticizéry, např. ftaláty, se užívají k zvýšení měkkosti a pružnosti většiny dětských postýlkových matrací.

Do matrací z polyuretanové pěny se přidávají diisokyanáty a ty mohou být zdrojem vysoce toxického zbytkového izokyanátu.

Z kategorie těkavých organických sloučenin emitovaných v spánkovém mikroprostředí je třeba zmínit formaldehyd, který je oblíbený v lepidlech v dřevěných částech lůžka.

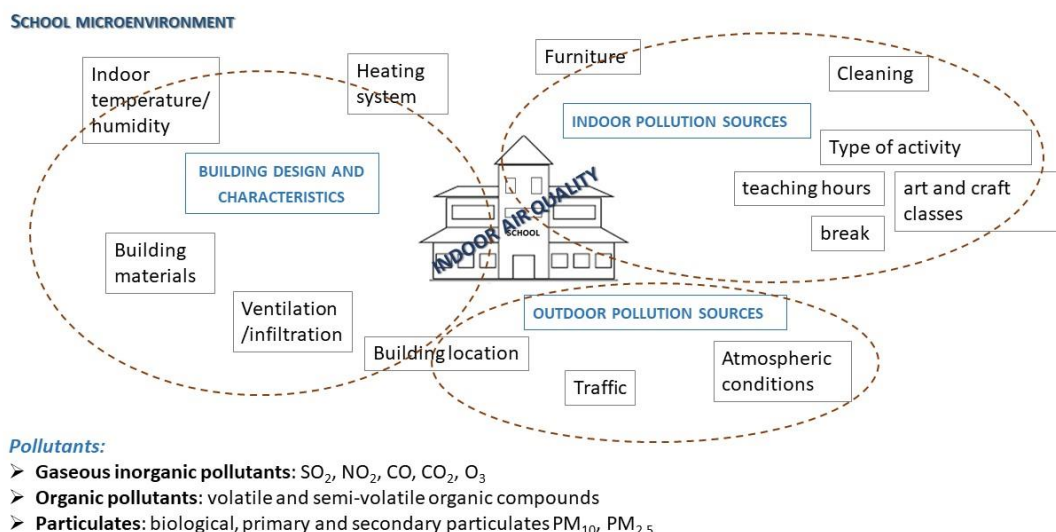
Koncentraci znečišťujících látek ovlivňuje možnost větrání, ale také osobní faktory jako tělesná teplota během spánku, vlhkost těla, osobní hygiena a individuální chování během spánku.



## 9. Školní mikroprostředí

Je jasné, že škola je klíčová pro rozvoj lidstva, a nabídka kvalitní školy pro děti je povinností pro každou generaci. Kvalita školy se ale netýká jen didaktických otázek, nýbrž také kvality mikroprostředí, kde se děti učí a rozvíjí.





Mikroprostředí školy může být nevhodné, pokud jde o kvalitu vnitřního ovzduší, protože se obvykle nachází v blízkosti zón s intenzivním silničním provozem. Žáci jsou citliví k poškození také díky svému věku i v důsledku dlouhé doby strávené ve škole. Ve škole je navíc vysoká koncentrace osob, děti bývají velmi aktivní a prostory nejsou vždy dobře větrané.

Ve školách existuje velké množství plynných polutantů anorganické, organické nebo biologické povahy a to díky aktivitě přítomných osob, vlivem infiltrace škodlivin z venku a vlivem konstrukčních charakteristik budovy, to vše v závislosti na ročním období, zvycích a chování. Pokud se k ohřevu používají fosilní paliva, uvolňují se plynné znečišťující látky jako *oxid siřičitý*, *oxid dusičitý*, *oxid uhelnatý* a *oxid uhličitý*. Pokud nejsou účinně odvětrávány, mohou dosáhnout vysokých koncentrací.

V důsledku infiltrace znečišťujících látek z venkovního prostředí je ve školách, které se nacházejí v blízkosti intenzivního provozu v letních slunečních dnech, přítomen ozon. *Oxid uhličitý* může dosáhnout velmi vysokých koncentrací ve špatně větraných místnostech s intenzivní aktivitou velkého počtu dětí. *Oxid uhličitý* je obvykle považován za referenční parametr kvality ovzduší uvnitř budov a dostatečného větrání. Znečištění způsobuje snížený výkon žáků a také možnou kumulaci dalších znečišťujících látek ve vnitřních prostorech.

Významné zvýšení koncentrace *organických polutantů* souvisí s používáním nátěrových hmot a lepidel a také s úklidem a čištěním za použití *detergentů*. Dalším zdrojem organických sloučenin s velmi nepříznivými účinky na zdraví dětí mohou být tkaniny, vybavení a stavební materiály, např. se to týká *formaldehydu* a *polychlorovaných bifenyků*.

U *prachových částic* mají roli jak vnitřní, tak venkovní zdroje. Hodnoty PM mohou být ve vnitřním prostředí někdy výrazně vyšší, než vnějším, což je obvykle způsobeno resuspencí, která se týká zejména jemnějších frakcí částic. Škodlivý účinek částic závisí jak na jejich schopnosti pronikat do nejhlubších oblastí dýchacích cest, tak na toxických látkách eventuálně absorbovaných na jejich povrchu, což mohou být i těžké kovy, polycyklické aromatické uhlovodíky a dioxiny/furany.

V zimním období bývají zavřené dveře a okna a výsledkem je kumulace znečišťujících látek ve vnitřním prostředí, nevyměňovaný vzduch může podpořit růst biologických kontaminantů, jako jsou bakterie, houby a plísně.

## 10. ODKAZY

<http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc/en/>  
<http://www.who.int/indoorair/publications/household-fuel-combustion/en/>  
[http://www.who.int/gho/phe/indoor\\_air\\_pollution/burden/en/](http://www.who.int/gho/phe/indoor_air_pollution/burden/en/)  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/HAP\\_BoD\\_results\\_March2014.pdf?ua=1](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/HAP_BoD_results_March2014.pdf?ua=1)  
<http://apps.who.int/gho/data/view.wrapper.ENVHEALTH7HAPv?lang=en>  
[http://gamapserver.who.int/gho/interactive\\_charts/phe/iap\\_exposure/tablet/atlas.html](http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/iap_exposure/tablet/atlas.html)  
<https://www.iea.org/energyaccess/>  
[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport\\_EnergyAccessOutlook.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2017SpecialReport_EnergyAccessOutlook.pdf)

Bernstein, J., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I.L., Friz P., Horner E., Li, N., Mason S., Nel, A., Oullette, J., Reijula, K., reponen, T., Selzer, J., Smith A., Tarlo, S., The health effects on nonindustrial indoor air pollution, in: The Journal of Allergy and Clinical Immunology, vol. 121 (3), 2008, 585 - 591

Barron, M., Torero, M., Household electrification and indoor air pollution, in: Journal of Environmental Economics and Management, 86 (2017) 81-92.

Boor, B.E., Spilak, M.P., Laverge, J., Novoselak, A., Xu, Y., Human exposure to indoor air pollutants in sleep microenvironments: A literature review, in: Building and Environment, 125 (2017) 528-555

Salthammer, T., Udhe, E., Schripp, T., Schieweck, A., Morawska, L., Mazaheri, M., Clifford, S., He, C., Buonanno, G., Querol, X., viana, M., Kumar, P., Children's well-being at schools: Impact of climatic conditions and air pollution, in: Environmental International, 94 (2016) 196-210

Pacitto, A., Stabile, L., Viana, M., Scungio, M., Reche, C., Querol, X., Alastuey, A., Rivas, I., Alvarez-Pedrerol, M., Sunyer, J., van Drooge, B.L., Grimalt, J.O., Sozzi, R., Vigo, P., Buonanno., Particle related exposure, dose and lung cancer risk of primary school children in two European countries, in: Science of the Total Environment, 616-617 (2018) 729-729



**VNIVERSIDAD  
DE SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

**U. PORTO**



**Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov**



**UNIVERZITA  
KARLOVA**



**ИКИТ**

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales  
Headquarters office in Salamanca.  
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.  
Contact Phone: +34 663 056 665