

Představuje vnitřní ovzduší zdravotní riziko?

M. Vít, L. Dobiáš: *Does Inner Air Mean a Health Risk? Život. Prostr., Vol. 31, No. 3, 117–121, 1997.*

The authors characterize the factors influencing the state of indoor air and assess possible sources of chemical pollutants in indoor environment. They introduce studies monitoring the indoor quality and health. In 4 towns of the Czech Republic an extensive Project 1. B – Indoor air within the frame of “System of monitoring of state of health of inhabitants in relation to the environment” is being carried out, coordinated by the State Institute of Health in Prague. It monitors the quality of indoor flat environment of families with children in pre-school ages. The authors point at the narrow connection between the quality of indoor and outdoor air in industrial areas. The Research within the frame of the project Ostrava Health Study deals with this problem.

Na kvalitu volného ovzduší v bytech, kancelářích, veřejných budovách, tzn. v neprůmyslovém prostředí, se jakoby zapomnělo. Zlom nastává v 70. letech s nástupem energetické krize. Celosvětový vzrůst cen všech druhů energie vedl k úspoře energie při vytápění budov, zvýšilo se používání klimatizačních systémů. Tato opatření se projevila kumulací škodlivin ve vnitřním ovzduší. Rovněž se začaly používat nové konstrukční stavební materiály s vyššími tepelněisolačními vlastnostmi s využitím široké škály chemických přípravků. V 70. letech se projevil zvýšený vzestup používání chemických přípravků v běžném životě. U osob, které pobývaly v klimatizovaných budovách nebo v budovách z atypických stavebních materiálů se postupně začalo objevovat dráždění sliznic dýchacích cest (záněty nosní sliznice a vedlejších nosních dutin, ucha, spojivek), nesoustředěnost, zvýšená únavnost, alergické projevy (astma, alergické alveolitidy – alergické postižení plicních sklípků), objevily se i epidemie infekčních nemocí dýchacího systému (např. "legionářská nemoc" – zápal plic vyvolaný bakterií *Legionella pneumophila* a pod.). Kvalita vnitřního ovzduší se pravděpodobně podílí i na vzniku poruch imunitního systému. V posledních letech narůstá výskyt syndromu chronické únavy, do kterého je dnes řazen i "syndrom nemocných budov". Rovněž změny životního stylu, změny chování lidí se projevují v kvalitě vnitřního prostředí. Oproti vyspělým

státům světa se u nás snižuje pobyt ve venkovním prostředí. Na základě epidemiologických studií prováděných v 80. a 90. letech v zemích EU (např. Holandsku) i USA se odhaduje, že denní pobyt ve venkovním prostředí trvá dnes pravděpodobně 2–3 hodiny, zbylou část dne lidé tráví v bytě, v práci nebo v dopravním prostředku. Podle výsledků dotazníkové studie v Projektu 1. B *Vnitřní prostředí Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí*, který se provádí v rámci ČR, tráví dnes většina našich dětí 14–15 hodin v bytě a přibližně 6–7 hodin ve škole. Uvědomíme-li si tato expoziční data je zřejmé, že z hlediska ochrany, ale i podpory zdraví je důležité identifikovat, objektivizovat nepříznivě působící faktory vnitřního prostředí, odhadnout míru jejich zdravotního rizika a navrhnout opatření k jejich snížení.

Faktory, které ovlivňují kvalitu vnitřního ovzduší můžeme rozdělit do tří základních kategorií:

1. **Fyzikální:** teplota, vlhkost, proudění vzduchu,
2. **Chemické:** anorganické a organické škodliviny,
3. **Biologické:** bakterie, viry, plísně, pyly, roztoči, prvoci, části rostlin, prach ze srsti a exkrementů zvířat, textilní prach a pod.

Kromě akutně se vyskytujících krátkodobých koncentrací některých škodlivin ve vnitřním prostředí, které mohou mít převážně dráždivý vliv, je velmi důle-

Tab. 1. Anorganické sloučeniny monitorované ve vnitřním ovzduší a jejich nepříznivé projevy

Sloučenina	Nepříznivý vliv
Oxid dusičitý (NO ₂)	dráždění dýchacích cest, systémové působení
Oxid uhelnatý (CO)	systémové působení
Oxid siřičitý (SO ₂)	dráždění dýchacích cest
Oxid uhličitý (CO ₂)	systémové působení
Ozón (O ₃)	dráždění sliznic, obtěžování zápachem, dráždění dýchacích cest
Asbest	karcinom plic, pleury, nemoci respiračního systému
Minerální vlákna	dráždění dýchacích cest, karcinom plic
Radon + dceřinné produkty	karcinom plic

Tab. 2. Organické sloučeniny monitorované ve vnitřním ovzduší a jejich nepříznivé projevy

Sloučenina	Nepříznivý vliv
VOC	dráždění sliznic, obtěžování zápachem, dráždění dýchacích cest, systémové působení, karcinom plic
Formaldehyd	dráždění sliznic, obtěžování zápachem, dráždění dýchacích cest, systémové působení, karcinom
PAU	dráždění sliznic, obtěžování zápachem,
Nitrosaminy	dráždění dýchacích cest, systémové působení
Aromatické aminy	karcinom dýchacího systému
Acrolein	dráždění sliznic dýchacích cest, zápach
Etylbenzen	dráždění sliznic dýchacích cest
Styren	dráždění sliznic dýchacích cest, pravděpodobně karcinogen
Toluen	dráždění sliznic dýchacích cest
Xylen	dráždění sliznic dýchacích cest

žitá chronická dlouhodobá expozice relativně nízkým koncentracím chemických škodlivin, které mohou působit genotoxicky, tzn. mohou vyvolávat změny genetického materiálu a následně po řadě let vznik pozdních účinků (mutagenní a karcinogenní působení). Rovněž velmi závažné jsou látky senzibilizující (alergogenní). V tab. 1 a 2 jsou uvedeny chemické škodliviny, které dle odborných zpráv WHO byly monitorovány ve vnitřním ovzduší neprůmyslových budov a jejich nepříznivé vlivy na lidské zdraví.

S rozvojem tzv. "domácí chemie" (kosmetiky, použí-

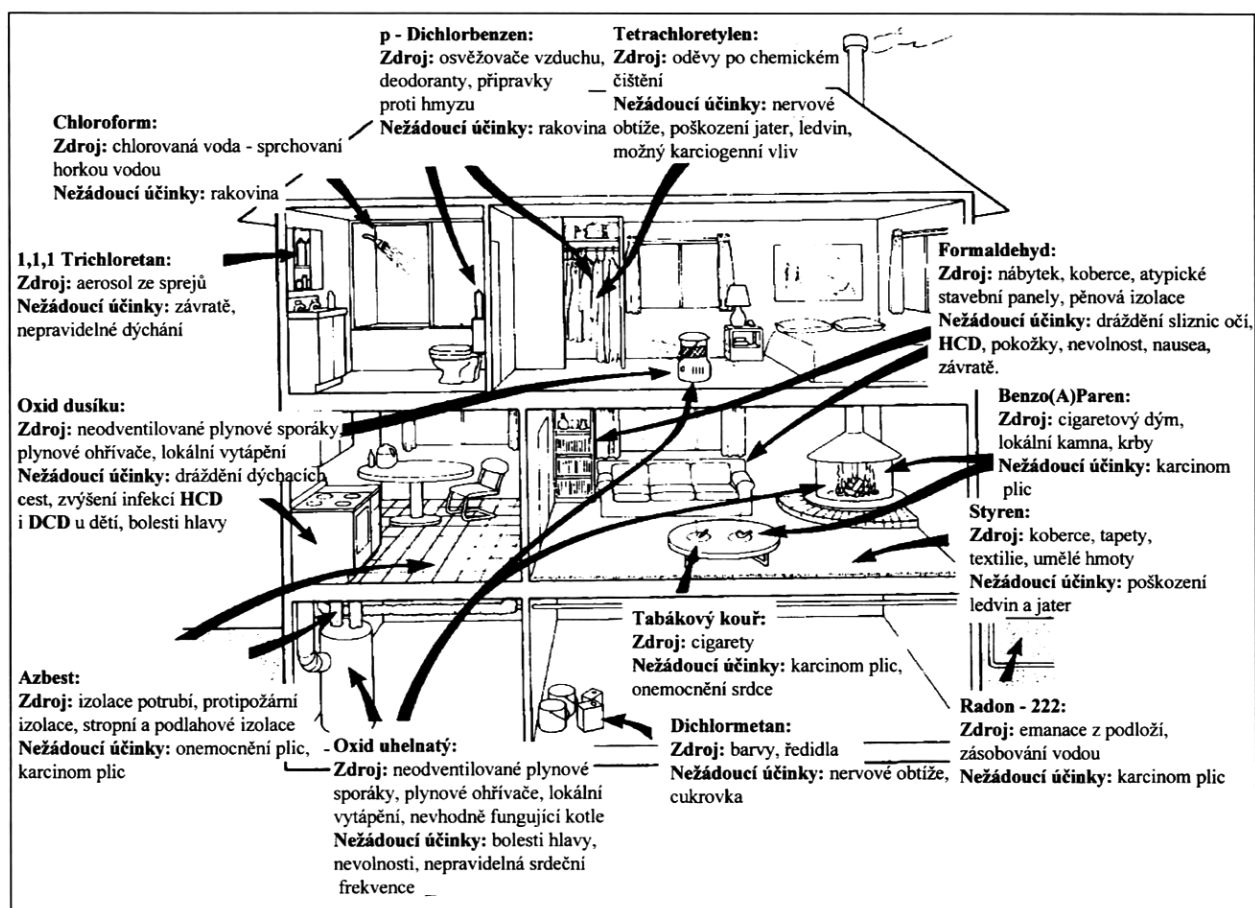
vaní barev, rozpouštědel, lepidel a pod.) roste závažnost zátěže vnitřního ovzduší převážně organickými škodlivinami a z nich těkavými, t.j. volatilními organickými sloučeninami (VOC).

Působení řady sloučenin řazených mezi VOC je spojováno s potenciálními karcinogenními účinky, což se projevuje ve výši doporučených přípustných koncentrací. Pro porovnání uvádíme doporučené limitní koncentrace vypracované Státním zdravotním ústavem (SZÚ) v Praze, doporučené koncentrace podle WHO a tzv. rizikové koncentrace (Risk Based Concentrations – RBC) podle US EPA. Risk Based Concentrations jsou takové koncentrace karcinogenních látek ve volném ovzduší, které odpovídají přídatnému karcinogennímu celoživotnímu individuálnímu riziku ve výši 1×10^{-6} . U nekarcinogenních škodlivin výše RBC odpovídá hazard indexu (dále HI) nižšímu než 1,0. Většina VOC uváděných v tabulce č. 3 jsou podle renomovaných světových institucí pravděpodobnými chemickými karcinogeny.

V posledních letech byly nebo jsou prováděny studie monitorující kvalitu vnitřního prostředí. Základní studie, která má za cíl objektivizovat kvalitu vnitřního prostředí v ČR je *Projekt 1. B – Vnitřní ovzduší* v rámci celostátního programu *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí*, který koordinuje SZÚ v Praze. Tato studie probíhá od r. 1994 a první výsledky byly publikovány r. 1995. Druhá studie je tzv. *Ostrava Health Study*, která r. 1995 a 1996 proběhla v rámci *Projektu Slezsko* v Ostravě ve spolupráci s US EPA a měla za cíl objektivně stanovit personální celodenní expozice respirabilní prachové frakci PM_{2,5} a polycyklickým aromatickým uhlovodíkům (PAU), které představují z hlediska zdravotních rizik ve městě Ostrava jednu z nejrizikovějších zátěží volného ovzduší. Tato nejrizikovější prашná frakce s naabsorbovanými PAU tvoří přibližně 85 % celkových prашných částic tuhého aerosólu v zevním prostředí města Ostrava. V rámci projektu PHARE se v současné době realizuje další studie, která má v Ostravě objektivizovat vliv kvality průmyslového ovzduší na zdravotní stav obyvatelstva. V rámci této studie (CESAR STUDY), koordinované EU, probíhá dílčí úkol, který objektivizuje kvalitu vnitřního prostředí, dále objektivizuje a porovnává použití pasivních dozimetrů a klasických stacionárních odběrových metod.

Projekt 1. B – Vnitřní ovzduší (SZÚ) Praha, KHS Ostrava)

Projekt probíhá v Brně, Hradci Králové, Ostravě a Plzni. Monitoruje kvalitu vnitřního prostředí bytů rodin s dětmi v předškolním věku. 81% těchto rodin bydlelo v činžovních domech (50 % panelová, 46 % cihlová zástavba). V monitorovaných bytech byly převážně 3 obytné místnosti, nejčastější počet obyvatel byly čtyři.



(podle G. Tyller Miller, jr.: Living in the Environment, Wadsworth Publishing Company, 1990)

Sledovaly se chemické škodliviny (oxidy dusíku, suma VOC, toluen, xylen, styren, benzen, dichlorbenzen, trichloretylen), dále teplota, vlhkost, počet bakterií, plísni, roztočů v m^3 vnitřního ovzduší a to během topné a netopné sezóny. V tab. 4 jsou uvedeny průměrné naměřené hodnoty a rozpětí měřených hodnot.

Dosavadní výsledky projektu lze shrnout do následujících zjištění:

- Za nejvýznamnější škodliviny v ovzduší bytových interiérů je možno považovat oxidy dusíku a chemické organické látky typu VOC (toluen, xylen, chlorované uhlovodíky).
- Závažné je zjištění běžné se vyskytujícího benzenu ve vnitřním ovzduší, rovněž i značně vysoké koncentrace chlorovaných uhlovodíků v jednotlivých případech!
- Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku byly naměřeny v kuchyních, nejvyšší koncentrace VOC v dětských pokojích!!

Tab. 3. Doporučené přípustné koncentrace VOC

VOC	SZU [$\mu g \cdot m^{-3}$]	WHO** [$\mu g \cdot m^{-3}$]	US EPA* [$\mu g \cdot m^{-3}$]
Benzen	15,0	0,25*	0,22*
Chloroform	–	ns	0,078*
Dichlormetan	300,0	3,0	3,8*
Tetrachlormetan	–	ns	0,12*
1,2 dichloreten	1000,0	0,7	0,069*
1,1,2 trichloreten	–	ns	0,11*
1,1,1, trichloreten ^N	200,0	ns	1000
Trichloretylen	1000,0	1,0	3,1*
Tetrachloretylen	60,0	5,0	1,0*
1,4 dichlorbenzen	50,0	ns	0,26*

^Nnení karcinogen podle Air Quality Guidelines, 1987

*Risk based concentrations * ILCR 1×10^{-6}

** příloha AHEM č. 6/1986

Tab. 4. Koncentrace chemických škodlivin v topné a netopné sezóně

Škodlivina	Topná sezóna		
	venku	kuchyň	dětský pokoj
[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			
NO _x	47,2 (5–270)	81,1 (5–361)	52,3 (5–399)
Formaldehyd	4,2 (0–19)	20,4 (0–78)	20,2 (0–88)
VOC celkem	18,6 (0–156)	94,6 (5–726)	121,9(23–758)
Toluen	5,1 (0–24)	44,3 (5–516)	37,2 (6–410)
Xylen	4,5 (0–11)	18,9 (5–90)	21,9 (2–64)
Styren	2,5 (0–4)	2,3 (0–13)	0,5 (0–4)
Benzen	7,9 (0–32)	10,5 (1–72)	15,6 (0–330)
Dichlorbenzen	–	6,0 (5–18)	7,7 (5–61)
Trichloretylen	–	7,5 (5–75)	10,7 (5–142)
Škodlivina	Netopná sezóna		
[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			
NO _x	25,5 (7–230)	47,3 (0–253)	33,8 (0–146)
Formaldehyd	9,1 (4–58)	29,6 (0–96)	30,8 (4–146)
VOC celkem	14,5 (0–42)	68,6 (5–427)	60,0(16–238)
Toluen	7,9 (1–17)	26,0 (5–198)	24,8 (5–109)
Xylen	5,4 (0–18)	17,3 (1–128)	15,0 (5–88)
Benzen	2,8 (0–65)	4,6 (0–101)	3,6 (0–56)

(podle Drahoňovské, 1996)

- Koncentrace oxidů dusíku a VOC jsou vyšší v topném období, formaldehydu byly vyšší v netopném období.
- Koncentrace sledovaných látek byly ve vnitřním prostředí v průměru 4–krát vyšší než ve venkovním prostředí.
- Relativní vlhkost i průměrná teplota vzduchu odpovídaly doporučeným hodnotám.

Drahoňovská, Gajdoš (1996) z toho vyvozují, že sledované byty nepředstavují riziko akutního poškození zdraví jejich obyvatelů. Nicméně, 10–15 % bytů je možno považovat za prostředí, ve kterém je alespoň jeden faktor na úrovni rizika, které může přispívat k rozvoji chronického onemocnění, zejména dýchacích cest, včetně alergií a nespecifických symptomů "syndromu nemocných budov".

Ostrava health study (KHS Ostrava, US EPA)

Druhým projektem, který se zabýval objektivizací zátěže vnějšího i vnitřního ovzduší respirabilní frakci polétavého prachu a polycyklickými aromatickými uhlovodíky, byla tzv. 30 denní studie v Ostravě. U 30 dob-

rovolníků, nekuřáků, pracovníků KHS Ostrava, kteří nebyly profesionálně exponováni PAU, byla po dobu 30 dnů 24 hodin denně sledována personální inhalační expozice. Sledovala se prašná frakce PM 2,5, karcinogenní frakce PAU, benzo(a)pyren. Dále obsahy těžkých kovů v respirabilní frakci prachu a byl stanoven koeficient B(A)P/olovo. Podle tohoto koeficientu je možno rozlišit PAU pocházející z dopravy či jiného zdroje znečištění. Výše koeficientu ve městě Ostrava svědčí pro zátěž PAU z nemobilních zdrojů (hutní prvovýroba, výroba koksu).

Denní koncentrace PM 2,5 se ve sledovaném období pohybovaly v rozmezí od 14,5 do 474 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrné denní koncentrace 90 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, průměrné noční koncentrace 43 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Noční koncentrace lépe demonstrují kvalitu vnitřního prostředí. I když jejich průměrná hodnota představovala přibližně 1/2 průměrné denní koncentrace, pohybovaly se noční koncentrace v závislosti na umístění bytu v rozmezí 5–282 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Při podrobné analýze jsou zřetelné variace koncentrací v závislosti na umístění bytu sledovaného pracovníka a meteorologických podmínkách ve sledované lokalitě.

Objektivně monitorované imisní koncentrace B(A)P i karcinogenní frakce PAU ve venkovním i vnitřním prostředí metodou personálního monitoringu potvrdily oprávněnost odhadu míry karcinogenního rizika volného ovzduší ve městě Ostrava.

Studie projektu Phare (CESAR STUDY)

V současné době probíhá studie CESAR (KHS Ostrava, RIVM Bilthoven, LSHTM London), jedním z jejích dílčích úkolů je ověření použití pasivních dozimetrů (pro NO₂, event. SO₂, VOC, O₃, formaldehyd) pro monitorování kvality volného ovzduší (venkovního i vnitřního) tak, jak jejich použití doporučuje EU.

Odhad zdravotních rizik

Pro hodnocení zdravotních rizik, tzn. možného negativního odrazu znečištěného volného ovzduší na zdraví exponovaného obyvatelstva se použila metoda Health Risk Assessment (Metoda odhadu zdravotních rizik), která vychází ze čtyř základních kroků :

- identifikace nebezpečnosti látek,
- zhodnocení vztahu a účinku,
- zhodnocení expozice obyvatelstva,
- charakteristika rizika.

Závěry studií WHO i závěry zmíněných studií prováděných v posledních dvou letech v ČR poukazují na zdravotní rizika, která představuje kvalita vnějšího, ale i vnitřního prostředí v různých oblastech ČR.

Jako velmi potřebné se jeví provedení podrobnější studie, která bude monitorovat kvalitu vnitřního ovzdu-

ší převážně z hlediska kontaminace organickými látkami a PM 2,5. Z organických látek je nutno se zaměřit na VOC (vyskytuje se zde řada chemických škodlivin s pravděpodobnými pozdními účinky) a PAU.

Odbornou veřejnost upozorňujeme na legislativní vakuum v oblasti doporučených limitů pro vnitřní prostředí. Je zřejmé, že se zvyšující se expozicí vnitřnímu prostředí, s rozvojem používání atypických stavebních prvků, dřevotřískového nábytku, nových textilních materiálů pro výrobu koberců, nábytku, tapet a pod., s používáním nových nátěrových hmot a čisticích prostředků se bude zvyšovat možnost zátěže vnitřního ovzduší hlavně organickými škodlivinami, které bude nutno legislativně ve vnitřním ovzduší regulovat.

Literatura

Assesing Human Health Risks of Chemicals, 1994: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits IPCS, Environmental Health Criteria No. 170. WHO, Geneva.

Drahoňovská, H., Gajdoš, P., 1996: Příloha č. 5 Projekt 1. B – Vnitřní ovzduší, Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k venkovnímu a vnitřnímu ovzduší, Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. SZÚ Praha, p. 58–67.

Indoor Air Quality Research, 1986: Report on a WHO Meeting. EURO Reports and Studies 103. WHO Copenhagen.

Indoor Air quality, 1987: Organics Pollutants. Report on a WHO Meeting, EURO Reports and Studies 111. WHO Copenhagen.

Indoor Air Quality, 1988: Biological Contaminants. Report on a WHO Meeting, WHO Regional Publications, European Series 31. WHO Copenhagen.

Manuál prevence v lékařské praxi, III., 1996: Prevence nepříznivého působení vlivů obytného prostředí na zdraví, Národní program obnovy a podpory zdraví. SZÚ Praha, 112 pp.

Ostrava Air Quality Monitoring and Receptor Modeling Study, 1997 PA Report, January.

Svoboda, J., Pondělíček, D., 1997: Syndrom chronické únavy a praktické možnosti jeho léčebného ovlivnění. Medica Revue, 1, p. 15–19.

Bytová výstavba v Ostravě

