

Vnútorne ovzdušie (indoor air) v školskom prostredí a vplyv na zdravie detí

MUDr. Daniela Krajčová, Mgr. Diana Vondrová, RNDr. Katarína Hirošová, prof. MUDr. Ľudmila Ševčíková, CSc.
Ústav hygieny LF UK, Bratislava

Čoraz viac pozornosti sa venuje hodnoteniu kvality nielen vonkajšieho, ale aj vnútorného ovzdušia (indoor air). Keďže deti trávajú veľkú časť svojho času v školskom prostredí, viacero štúdií sa zameriava práve na monitoring vnútorného ovzdušia v školských zariadeniach. Tieto štúdiá potvrdili priamy vzťah medzi jeho nedostatočnou kvalitou a výskytom astmy a iných respiračných ochorení detí. Medzi najrizikovejšie škodliviny vnútorného ovzdušia patria prachové častice, anorganické a prchavé organické zlúčeniny, zložky tabakového dymu, plesne a roztoče. Zabezpečenie zdravého prostredia škôl by malo byť jedným zo základných postupov ochrany a podpory telesného a duševného zdravia a rozvoja detí.

Kľúčové slová: deti, vnútorné ovzdušie, školské prostredie, astma, alergie.

Indoor air in school environment and the impact on children's health

More attention is paid to assessing the quality of not only outdoor but also indoor air. Since children spend large part of their time at schools, several studies are aimed at indoor air monitoring in schools. These studies confirmed association between poor quality of indoor environment and the incidence of asthma and other respiratory diseases of children. The most serious indoor air pollutants includes dust particles, inorganic and volatile organic compounds, components of tobacco smoke, mold and dust mites. Providing healthy school environment should be one of the basic methods to protect and support physical and mental health and development of children.

Key words: children, indoor air, school environment, asthma, allergies.

Pediatr. prax, 2014, 15(4): 160–162

Úvod

Pôsobeniu environmentálnych faktorov je človek vystavený počas celého života. Ukazuje sa však, že kvalita životného prostredia vplyva v oveľa väčšej miere práve na detský organizmus, keďže deti vzhľadom na svoje telesné proporcie dýchajú väčší objem vzduchu a v ich organizme prebieha intenzívny vývoj. Expozícia detí environmentálnym faktorom tak môže v konečnom dôsledku viesť k narušeniu ich fyziologického vývoja a k rozvoju viacerých, najmä respiračných ťažkostí ako akútna či chronická nádcha, kašeľ, bronchitída, zníženie pľúcnych funkcií až rozvoj astmy (7, 11).

V poslednom období sa zvýšená pozornosť výskumu zameriava na kvalitu vnútorného ovzdušia. Výsledky viacerých štúdií poukázali na priamu súvislosť medzi zhoršujúcim sa zdravotným stavom ľudí a ich pobytom v znečistenom vnútornom prostredí. Keďže v súčasnosti ľudia trávajú 80 – 95 % svojho času v interiéri (domácnosti, školy, administratívne budovy, obchodné centrá), stáva sa pre nich kvalita vnútorného ovzdušia jedným z dôležitých faktorov determinujúcich zdravie (3, 17).

Viacero autorov zistilo vzťah medzi exacerbáciami astmy u detí a expozíciou faktorov vnútorného prostredia, ako sú napríklad rôzne alergény, PM (Particulate Matter – jemné prachové častice), NO_x či zložky tabakového dymu (6).

Hodnotenie miery rizika rastúceho výskytu alergií a astmy u detí je aj jedna z priorit

Akčného plánu pre životné prostredie a zdravie detí v Európe (CEHAPE – Children's Environment and Health Action Plan for Europe) (20). Rovnako aj v zámorských krajinách je tomuto problému venovaná zvýšená pozornosť.

Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) trpí astmou približne 235 miliónov ľudí na celom svete, stala sa problémom nielen vyspelejšieho sveta, ale vyskytuje sa vo všetkých krajinách bez ohľadu na stupeň rozvoja (19). Alarmujúce je, že jej výskyt sa neustále zvyšuje, a to aj v detskom veku. V uvádzaných príčinách súvislostiach dominujú práve environmentálne faktory a taktiež faktory životného štýlu asociované s prebiehajúcimi procesmi modernizácie (5).

Deti trávajú podstatnú časť svojho času v školskom prostredí. Monitoring a zabezpečenie kvality vnútorného ovzdušia na školách je základným prostriedkom v prevencii respiračných a iných ochorení detského organizmu.

Predložená práca poskytuje prehľad štúdií, ktoré prinášajú exaktné analýzy vzťahov medzi vnútorným prostredím škôl a ich vplyvom najmä na respiračné zdravie detí.

Vybrané štúdie

Najčastejšie sa vyskytujúci škodlivinami vo vnútornom prostredí, pri sledovaní chemických, fyzikálnych a biologických parametrov znečistenia, je koncentrácia CO₂, NO_x, VOCs (Volatile

Organic Compounds – prchavé organické zlúčeniny) či PM (Particulate Matter – jemné prachové častice). Taktiež sú často prítomné alergény roztočov a plesní (2). Tieto riziká boli sledované v mnohých krajinách štandardnými metodickými postupmi a navzájom porovnávané.

K najobsiahlejším štúdiám patrí európsky projekt SINPHONIE (Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe). Od roku 2010 na ňom participuje 38 zdravotných inštitúcií z 25 krajín Európy vrátane Slovenska. Na Slovensku bola štúdia realizovaná na piatich základných školách v Bratislavskom kraji (september 2011 – marec 2012). Hodnotilo sa 18 fyzikálnych, chemických a biologických faktorov vnútorného a súvisiaceho vonkajšieho ovzdušia škôl, zdravotný stav detí a učiteľov sa sledoval prostredníctvom dotazníkovej metódy, z fyziologických parametrov sa hodnotili pľúcne funkcie a psychologickými testami sa posúdila sústredenosť a pozornosť žiakov. Zhodnotili sa údaje o charaktere a údržbe školských budov a tried (12).

Projekt SEARCH (School Environment and Respiratory Health of Children), do ktorého sa spojili Albánsko, Bosna a Hercegovina, Maďarsko, Srbsko a Čierna Hora, Taliansko a Slovensko, vychádzal taktiež z Akčného plánu pre životné prostredie a zdravie detí v Európe. Hodnotila sa kvalita ovzdušia z hľadiska fyzikálnych parametrov a množstva vybraných chemických

znečisťujúcich látok podieľajúcich sa na výskyte respiračných ochorení u detí. Na Slovensku sa realizoval na desiatich vybraných školách (15). Následne v rokoch 2011 – 2013 prebehla doplnujúca štúdia k projektu SEARCH, tzv. SEARCH II, do ktorej boli zapojené štyri nové krajiny – Bielorusko, Kazachstan, Tadžikistan, Ukrajina (4).

HESE (Health Effects of School Environment) je prierezová štúdia (2004 – 2005) zameraná na hodnotenie koncentrácie chemických polutantov a fyzikálnych parametrov ovzdušia asociovaných s výskytom suchého kašľa. Zapojených bolo do nej 21 škôl z Talianska, Francúzska, Nórska, Švédska a Dánska (13).

Medzi ďalšie štúdie spojené s kvalitou vnútorného a vonkajšieho ovzdušia na školách patrí štúdia realizovaná na základných školách v Mníchove, v ktorej sa sledovala a hodnotila koncentrácia PM_{10} častíc v šiestich mníchovských školách. Zároveň sa zisťovalo zloženie týchto častíc v oboch prostrediach a porovnávala sa ich toxicita na ľudský organizmus (9).

Vo Francúzsku sa sledoval stav vnútorného ovzdušia šiestich základných škôl a spojitost s prevalenciou astmy a rinitídy u detí, ktoré tieto školy navštevovali. Zo znečisťujúcich látok prítomných v ovzduší boli v tejto štúdii hodnotené jemné prachové častice ($PM_{2,5}$), NO_2 a vybrané VOC (1). Sledovaniu množstva VOC v školskom ovzduší sa venoval i prieskum na troch školách v tureckom meste Izmir. Výskyt prchavých častíc sa pozoroval aj v škôlkach, ktoré boli súčasťou základných škôl (16).

Prierezová štúdia vo švédskom meste Uppsala sa zameriavala na hodnotenie priechodnosti nosových dutín a biomarkerov prítomných v nosovej laváži v závislosti od znečisteného ovzdušia škôl, polutantov CO_2 , NO_2 , prachových častíc a plesní prítomných vo vnútornom ovzduší (8).

Na Slovensku sa uskutočnila štúdia, pri ktorej sa hodnotil stupeň výskytu alergénov roztočov v prachu a úroveň biologickej kvality ovzdušia v interiéroch vybraných zariadení pre deti a mládež (14).

Vplyv najzávažnejších rizikových faktorov vo vnútornom ovzduší škôl na zdravie detí

Vyššie uvedené štúdie priniesli poznatky cenné pre pediatrickú prax a ochranu zdravia detí a mládeže v školskom prostredí.

Výsledky monitoringu vnútorného ovzdušia v školách v Európe vrátane Slovenska (1, 8, 9, 13, 14, 15, 16), ktoré poukázali na viaceré riziká pre zdravý vývoj a zdravie školských detí sú uvedené v tabuľkách 1 – 6.

Tabuľka 1. Výskyt PM_{10} a CO_2 vo vnútornom ovzduší škôl európskych krajín vrátane Slovenska

Rizikový faktor	Krajina/lokalita	Koncentrácia/obsah	Zdroj	Vplyv na zdravotný stav	Referencie
PM_{10}	Slovensko	nad 50 $\mu g/m^3$	vonkajšie/vnútorné zdroje znečistenia, nedostatočné vetranie	chronický kašeľ, bronchitída, dýchavičnosť, konjunktivitída	13, 15
	Taliansko Francúzsko Nórsko Švédsko Dánsko	limit: 50 $\mu g/m^3$			
CO_2	Taliansko Francúzsko	nad 1000 ppm	nedostatočná ventilácia	rinitída, suchý kašeľ	13
	Nórsko Švédsko Dánsko	limit: 1000 ppm			

Tabuľka 2. Výskyt PM_{10} vo vnútornom ovzduší škôl v Mníchove

Rizikový faktor	Krajina/lokalita	Koncentrácia/obsah	Zdroj	Vplyv na zdravotný stav	Referencie
PM_{10}	Mníchov (Nemecko)	$117 \pm 48 \mu g/m^3$ limit: 50 $\mu g/m^3$	bytové textilie prítomné v triedach	toxická pre keratinocyty, oxidačný stres	9

Tabuľka 3. Výskyt $PM_{2,5}$ častíc vo vnútornom ovzduší škôl vo Francúzsku

Rizikový faktor	Krajina/lokalita	Koncentrácia/obsah	Zdroj	Vplyv na zdravotný stav	Referencie
$PM_{2,5}$	Francúzsko	nad 10 $\mu g/m^3$ limit: 10 $\mu g/m^3$	vonkajšie/vnútorné zdroje znečistenia, nedostatočné vetranie	ponámahová astma	1

Výsledky projektu SEARCH (15) ukázali vo všetkých sledovaných slovenských školách prekročené hranice koncentrácie prachových častíc v ovzduší, čo sa dáva do súvislosti s výskytom bronchitídy u detí (tabuľka 1). Pozorovaná bola i najvyššia prevalencia výskytu alergických reakcií v porovnaní s inými krajinami zapojenými do projektu. Ukázalo sa, že medzi najrizikovejšie faktory ovplyvňujúce výskyt sledovaných respiračných ochorení patrí nedodržovanie kapacity školských zariadení, druh podlahy a spôsob upratovania v školských zariadeniach. Nedostatočná kapacita, plastická podlaha a dezinfekčné prostriedky používané pri upratovaní sú asociované s rizikom rozvoja symptómov astmy, bronchitídy a prejavov alergií.

Výsledky projektu SEARCH II poslúžia ako podklad k opatreniam zameriavajúcim sa na zlepšenie kvality vnútorného prostredia a na zvýšenie energetickej efektívnosti školských budov (4).

V prierezovej štúdii HESE boli zvýšené hodnoty PM_{10} častíc a CO_2 asociované s výskytom suchého kašľa a rinitídou (13), (tabuľka 1).

Riziko výskytu uvedených respiračných ochorení bolo významne vyššie v školských triedach s nedostatočnou ventiláciou. Slabé vetranie sa dáva do súvisu aj s vysokými množstvami prchavých organických látok a biologickým znečistením ovzdušia (baktérie, plesne, roztoče), (10).

Zaujímavé výsledky priniesla štúdia realizovaná na základných školách v Mníchove v roku 2011, v ktorej vyššie koncentrácie PM_{10} častíc vo vnútornom prostredí tried v porovnaní s vonkajším prostredím vykazovali odlišné chemické zloženie, a taktiež sa vyznačovali toxicitou pre keratinocyty a viedli k nadmernej expresii génov CYP2B6 a CYP3A4, čo v konečnom dôsledku poškodzuje bunky oxidačným stresom. Toxický efekt vonkajších PM_{10} častíc pre ľudské bunky nebol v tejto štúdii preukázaný (tabuľka 2). Sledované triedy boli vetrané prirodzeným spôsobom, avšak zaujímavé je, že v triedach boli prítomné pohovky s vankúšmi (tzv. „cozy corners“). Optimálnym riešením sa ukázalo zlepšenie prirodzenej ventilácie tried (9).

Súvislosť zvýšeného množstva polutantov vo vnútornom ovzduší škôl a vyššej prevalencie výskytu astmy potvrdila štúdia realizovaná na francúzskych základných školách. Zvýšená prevalencia prítomnosti rinokonjunktivitídy bola asociovaná s vyššími koncentraciami formaldehydu vo vnútornom ovzduší. Ako uvádzajú tabuľky 3 – 5, astma alergického pôvodu bola pozorovaná v spojitosti s nadlimitnými koncentraciami $PM_{2,5}$, NO_2 a akroleínu (1).

Medzi najrizikovejšie organické zlúčeniny patrí formaldehyd so svojimi dokázanými karcinogénnymi účinkami. Štúdia v tureckom meste

Tabuľka 4. Výskyt VOC vo vnútornom prostredí škôl a škôlok vo Francúzsku a Turecku

Rizikový faktor	Krajina/ lokalita	Koncentrácia/ obsah	Zdroj	Vplyv na zdravotný stav	Referencie
VOC	Francúzsko Turecko	–	povrchové nátery, čistiace prostriedky	astma, rinokonjunktivitída, karcinogénne účinky	1, 16

Tabuľka 5. Výskyt NO₂ a plesní vo vnútornom ovzduší škôl vo Francúzsku a Švédsku

Rizikový faktor	Krajina/ lokalita	Koncentrácia/ obsah	Zdroj	Vplyv na zdravotný stav	Referencie
NO ₂	Francúzsko Uppsala (Švédsko)	nad 40 µg/m ³ limit: 40 µg/cm ³	exhaláty z áut	astma, znížená priechodnosť nosových dutín	1, 8
plesne	Uppsala (Švédsko)	–	vysoká vlhkosť vzduchu	znížená priechodnosť nosových dutín, zvýšené množstvo lyzozýmu v nosovej laváži	8

Tabuľka 6. Výskyt alergénov roztočov vo vnútornom ovzduší zariadení pre deti a mládež na Slovensku

Rizikový faktor	Krajina/ lokalita	Koncentrácia/ obsah	Zdroj	Vplyv na zdravotný stav	Referencie
roztoče	Slovensko	nad 2 µg/g prachu limit: 2 µg/g prachu	bytové textilie, pasívny prenos	astma, rinitída, ekzém, atopická dermatitída	14

Izmir preukázala vysoké hodnoty formaldehydu, benzénu, toluénu a naftalénu vo vnútornom ovzduší škôl a škôlok (16), (tabuľka 4).

Nedostatočná ventilácia bola aj dôsledkom zvýšených koncentrácií NO₂ a plesní v školách vo švédскеj Uppsale. Tieto polutanty boli príčinou zníženej priechodnosti nosových dutín a zvýšeného množstva lyzozýmu v nosovej laváži, čo môže spôsobiť zápalové reakcie a s tým spojené ochorenia horných dýchacích ciest (8), (tabuľka 5).

Dôležitosť pravidelného vetrania vo vnútornom prostredí potvrdil aj prebiehajúci európsky projekt HealthVent, ktorý porovnáva rôzne typy vetrania v budovách úradov, škôl a iných zariadení a navrhuje smernice na zlepšenie a skvalitnenie vnútorného prostredia (18).

Taktiež prítomnosť roztočov v interiéri je v poslednom čase veľmi sledovaným problémom v dôsledku alergénov nachádzajúcich sa v ich exkrementoch. Roztoče sa nachádzajú hlavne v bytových textíliách, takže ich výskyt je vyšší najmä v obytných domoch, ale pasívnym prenosom prenikajú aj do budov pre verejnosť (školy, úrady). Výsledky výskumu realizovaného v zariadeniach pre deti a mládež na Slovensku ukázali nevyhovujúcu úroveň biologickej kvality vnútorného ovzdušia a zvýšené hodnoty obsahu alergénov roztočov v prachu sledovaných miestností (4), (tabuľka 6).

Výsledky projektu SINPHONIE (12) sú významným podkladom na opatrenia smerujúce k zlepšeniu kvality vnútorného ovzdušia škôl v Európe vrátane školských budov na Slovensku, povedú ku konkrétnym návrhom praktických

postupov na minimalizáciu negatívnych vplyvov vnútorného ovzdušia škôl na zdravie detí.

Záver

Deti patria k najzraniteľnejším skupinám populácie, preto je dôležité zabezpečiť im zdravé životné prostredie, v ktorom sú minimalizované, respektíve eliminované zdravotné riziká.

Súčasný intenzívny výskumy z oblasti kvality vnútorného školského prostredia odhalili mnohé negatívne vplyvy zvýšeného znečistenia ovzdušia na zdravotný stav detí. Dominujú respiračné symptómy a ochorenia (chronický kašeľ, dýchavičnosť, rinitída, bronchitída, astma), ale aj konjunktivitída a rôzne formy dermatitídy. Boli zaznamenané zvýšené aktivity imunitného systému detí.

Iné štúdie ukázali vplyv znečisteného ovzdušia v školách na schopnosť koncentrácie a pozornosť žiakov a tým ovplyvnenie celkovej kvality a efektivity výučby.

Ochorenia v školskom veku majú vplyv na celkový vývin dieťaťa a môžu priamo a nepriamo ovplyvniť zdravie v neskoršom veku až v dospelosti. Zabezpečiť zdravé prostredie škôl je dôležité nielen z dôvodu znižovania detskej morbidity, ale aj pre ochranu a podporu telesného a duševného rozvoja detí a z dôvodu investície do populácie zdravých a kvalifikovaných dospelých jedincov.

Prezentované projekty a štúdie priniesli výsledky poukazujúce na potrebu monitorovania a efektívnej úpravy kvality vnútorného ovzdušia v prostredí škôl.

Literatúra

- Annesi-Maesano I, Hulín M, Lavaud F, et al. Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study. *Thorax* 2012;67:682–688.
- Bernstein JA, Alexis N, et al. The health effects of non-industrial indoor air pollution. *J Allergy Clin Immunol.* 2008; 121(3):585–91.
- Butz AM, Breyse P. Household smoking behavior: effects on indoor air quality and health of urban children with asthma. *Matern Child Health J* 2011;15:460–468.
- Csobod E, Prokai R, Rudnai P, et al. Search II. Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe [online]. Available from: <http://search.rec.org>. Accessed June 25, 2013.
- Douwes J, Pearce N. Asthma and the westernization „package“. *Int J Epidemiol.* 2002;31(6):1098–1102.
- Fabian PM, Stout NK, Adamkiewicz G, et al. The effects of indoor environmental exposures on pediatric asthma: a discrete event simulation model. *Environmental Health* 2012;11:66.
- Mohail P, Kweon B, Lee S, Ard K. Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance. *Health Aff.* 2011;30(5):852–862.
- Norbäck D, Walinder R, Wieslander G, et al. Indoor air pollutants in schools: nasal patency and biomarkers in nasal lavage. *Allergy* 2000;55(2):163–170.
- Oeder S, Dietrich S, Weichenmeier I, et al. Toxicity and elemental composition of particulate matter from outdoor and indoor air of elementary schools in Munich, Germany. *Indoor Air* 2012;22:148–158.
- Pegas PN, Alves CA, Evtyugina MG, et al. Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring. *Environ Geochem Health.* 2011;33:455–468.
- Pronczuk J. Where the child learns. In Pronczuk-Garbino J, eds. *Children's health and the environment. A global perspective.* Geneva: WHO; 2005: 40–45.
- Regional Environmental Center. Sinphonie [online]. Available from: <http://www.sinphonie.eu/about>. Accessed July 3, 2013.
- Simoni M, Annesi-Maesano I, Sigsgaard T, et al. School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children. *Eur Respir.* 2010;35:742–749.
- Slotová K, Dáteľová M, Janeščíková L, Lafféřsová J. Alergény roztočov bytového prachu v zariadeniach pre deti a mládež. In: Ševčíková L, Jurkovičová J, eds. *Ochrana a podpora zdravia detí a mládeže v Slovenskej republike.* Bratislava: LF UK; 2010: 39–44.
- Slotová K, Šaligová D, Jajcaj M, Miklánková O, Halzlová K. Prevencia a redukcia chronických respiračných ochorení u detí v európskych školách a na Slovensku – projekt SEARCH. In: Jurkovičová J, Štefániková Z, eds. *Životné podmienky a zdravie.* Bratislava: ÚVZ SR; 2010: 89–94.
- Sofuoglu SC, Aslan G, Inal F, Sofuoglu A. An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2011;214:36–46.
- Urbanovská-Popovičová A. Látky nežiaduce vo vnútornom prostredí. Zdroje a faktory ovplyvňujúce ich množstvo a zloženie. *Chem. Listy.* 1998;92:799–806.
- Technical University of Denmark. HealthVent [online]. Available from: <http://www.healthvent.byg.dtu.dk>. Accessed July 3, 2013.
- World Health Organization. Asthma [online]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs307/en/>. Accessed February 10, 2014.
- World Health Organization. CEHAPE [online]. Available from: <http://www.hpa.org.uk/cehape/>. Accessed July 10, 2013.

MUDr. Daniela Krajčová

Ústav hygieny LF UK

Špitálska 24, 813 72 Bratislava

daniela.krajcova@fmed.uniba.sk