

- of the Royal Society of Medicine, 1953, vol. 47, no. 2, p. 91–100.
- SILVEIRA, AM., FISHMAN, LS., SUBTELNY, JD., KASSEBAUM, DK. Facial growth during adolescence in early, average and late maturers. *The Angle Orthodontist*, 1992, vol. 62, no. 3, p. 185–190.
- ŠMAHEL, Z. *Principy, teorie a metody auxologie*. Praha: Karolinum, 2001.
- TANNER, JM. Growth and Maturation during Adolescence. *Nutrition Reviews*, 1981, vol. 39, no. 2, p. 43–55.
- ZEBROWITZ, LA. *Reading faces: window to the soul?* Oxford: Westview Press, 1997.

VPLYV KONCENTRÁCIE TUHÝCH ČASTÍC PM₁₀ V OVZDUŠÍ NA VÝSKYT BRONCHIÁLNEJ ASTMY NA SLOVENSKU V OBDOBÍ ROKOV 2004–2009

The influence of solid particles PM₁₀ and their concentration in the air on the prevalence of bronchial asthma in the Slovak Republic in period between years 2004 and 2009

**Mária Fuchsová¹, Margita Hlatká¹,
Diana Fúry¹, Eva Neščáková²,
Silvia Bodoriková², Elena Szabová³**

¹Katedra biológie, Pedagogická fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

²Katedra antropológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

³Slovak Medical University, Bratislava, Slovenská republika

Abstract

Recent researches support causal relation between polluted air and lower function of lungs. The main pollutants are particulate matter with a diameter less than 10 µm (PM₁₀) and ozone. Portion of diseases caused by PM is adequate to value of this indicator, which combines concentration of PM₁₀ and abundance of afflicted population. Intensity of average long-term exposition determines the risks of chronic pollution effects on health.

The authors focused on observing bronchial asthma, which is important indicator of impaired quality of air in relation to health of population. The prevalence was observed in scope of the whole Slovak Republic as well as on the level of individual regions. There was also considered the extent of the prevalence of the stated diseases in relation to pollution caused by PM₁₀ particles.

Conclusions of report confirm the rising tendency of prevalence of bronchial asthma in the Slovak Republic in period between years 2004 and 2009. Simultaneously, there was not confirmed positive association between the prevalence of allergic diseases and polluted air by PM₁₀ particles.

Key words: bronchial asthma, particulate matter (PM), slovak population, slovak regions

Úvod

Kvalitu ovzdušia vo všeobecnosti určuje obsah znečisťujúcich látok vo vonkajšom ovzduší. Kvalita ovzdušia je považovaná za dobrú, ak úroveň znečistenia neprekračuje limitné hodnoty (Ronchetti et al., 2010).

Na Slovensku, ako aj vo väčšine európskych krajín, predstavuje najväčší problém kvality ovzdušia jeho znečistenie časticami PM₁₀ (tuhé častice s priemerom menším ako 10 mikrometrov). Priemerné úrovne vystavenia PM₁₀ pre krajinu sú v rozsahu od 13–14 µg/m³ (Fínsko, Írsko) po 53–56 µg/m³ (Bulharsko, Rumunsko a Srbsko). Väčšina ľudí v európskych mestách, kde sa monitoruje koncentrácia PM₁₀, je vystavených úrovniam koncentrácie PM₁₀, ktoré prekračujú úroveň stanovenú v smernici WHO pre kvalitu ovzdušia (AQG) (20 µg/m³), čo výrazne zvyšuje riziko poškodenia zdravia. Limitná hodnota Európskej únie (EÚ) 40 µg/m³ je tak prekročená pre 14 % ľudí (WHO, 2005).

Expozícia znečistenému ovzdušiu determinuje nižšiu úroveň funkcie pľúc, čím následne spôsobuje vyšší výskyt alergických ochorení (alergickej nádchy, bronchiálnej astmy, exogénnej alergickej alveolitídy, chronickej obštrukčnej choroby pľúc ai.) (Marshall, 2004). Rastúci trend vo výskyte alergií je obzvlášť zrejmy v mestských oblastiach, kde sa zistilo, že obyvatelia majú viac alergických reakcií na exteriérové a interiérové alergény. Nie je zatiaľ celkom jasné, akým mechanizmom vystavenie vplyva na vývoj ochorení. Je však známe, že malé častice v ovzduší spôsobujú zápal dýchacích ciest a oslabujú imunitnú reakciu organizmu. Zhoršená funkčnosť respiračného systému má negatívne účinky aj na výkonnosť pohybového aparátu (Sidjimov, Zurlýté, 2008).

Cieľ

Cieľom štúdie bolo zanalyzovať vývoj priemerných hodnôt ročných koncentrácií PM_{10} , vývoj prevalence bronchiálnej astmy na 10 100 obyvateľov v jednotlivých krajoch SR v období rokov 2004–2009 a zistiť možný vplyv koncentrácie tuhých častíc PM_{10} v ovzduší na výskyt bronchiálnej astmy na Slovensku.

Metodika

V štúdiu boli použité priemerné ročné koncentrácie PM_{10} na porovnanie znečistenia ovzdušia v jednotlivých krajoch SR za obdobie rokov 2004 až 2009 (Burda et al., 2008, Ronchetti et

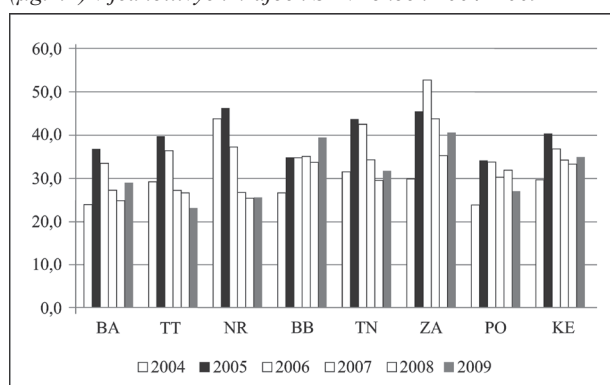
al., 2005, Ronchetti et al., 2006, Ronchetti et al., 2009, Ronchetti et al., 2010). Z alergických ochorení boli v štúdiu hodnotené priemerné ročné hodnoty prevalence bronchiálnej astmy (BrA) v prepočte prevalence ochorenia na 10 000 obyvateľov za každý kraj SR v období rokov 2004 až 2009 (NCZI 2010, 2009, 2008, 2007, 2006, 2005).

Na štatistické spracovanie údajov bol použitý štatistický program SPSS vs. 11. Analýza bola zameraná na testovanie rozdielov daných ukazovateľov (PM_{10} , BrA) medzi jednotlivými krajoch SR za obdobie rokov 2004 až 2009 použitím dvojvýberového t-testu alebo neparametrických testov v závislosti od normality rozdelenia parametrov. Na vyjadrenie závislosti medzi priemernými ročnými hodnotami koncentrácie PM_{10} a početnosťami alergického ochorenia (BrA) v prepočte na 10 000 obyvateľov boli vypočítané korelačné koeficienty (r – normálne rozdelenie, r_s – ak dáta nemali normálne rozdelenie).

Výsledky

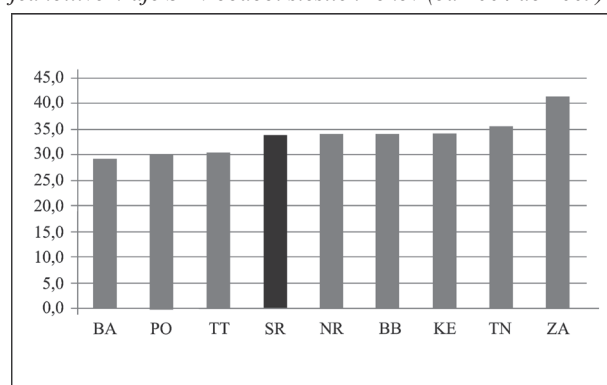
Pri analýze vývoja priemerných hodnôt ročných koncentrácií PM_{10} v jednotlivých krajoch SR v období rokov 2004–2009 sme najvyššiu hodnotu parametra zaznamenali v roku 2005 takmer vo všetkých krajoch SR. Hodnota koncentrácie za nasledujúce ďalšie tri roky sa postupne znižovala. Nárast koncentrácie vidíme opäť v roku 2009 a to v Bratislavskom, Banskobystrickom, Trenčianskom, Žilinskom a Košickom kraji (obr. 1).

Obrázok 1. Priemerné ročné hodnoty koncentrácie PM_{10} ($\mu g \cdot m^{-3}$) v jednotlivých krajoch SR v rokoch 2004–2009



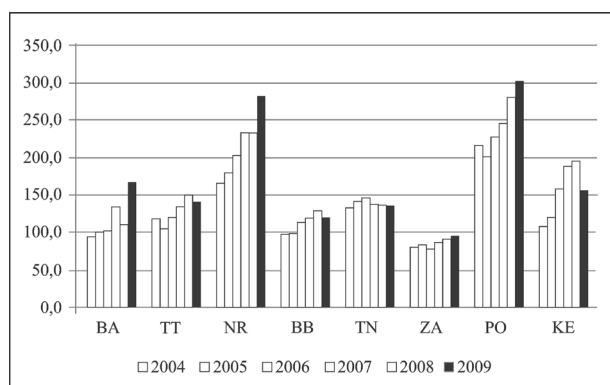
Poznámka: BA – Bratislavský kraj; TT – Trnavský kraj; NR – Nitriansky kraj; BB – Banskobystrický kraj; TN – Trenčiansky kraj; ZA – Žilinský kraj; PO – Prešovský kraj; KE – Košický kraj.

Obrázok 2. Priemerné hodnoty koncentrácie PM_{10} ($\mu g \cdot m^{-3}$) za jednotlivé kraje SR v období šiestich rokov (od 2004 do 2009)



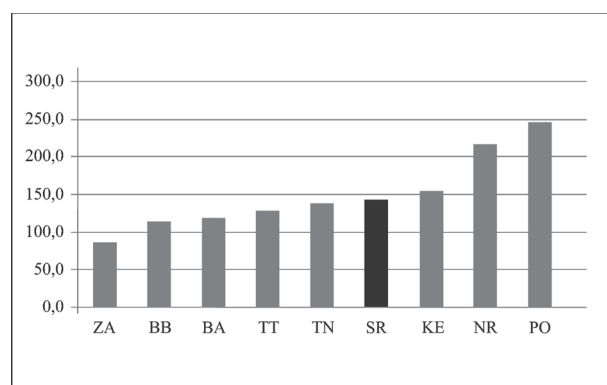
Poznámka: BA – Bratislavský kraj; PO – Prešovský kraj; TT – Trnavský kraj; SR – Slovenská republika; NR – Nitriansky kraj; BB – Banskobystrický kraj; KE – Košický kraj; TN – Trenčiansky kraj; ZA – Žilinský kraj.

Obrázok 3. Priemerné ročné hodnoty prevalence bronchiálnej astmy v prepočte na 10 000 obyvateľov v jednotlivých krajoch SR v rokoch 2004–2009



Poznámka: BA – Bratislavský kraj; TT – Trnavský kraj; NR – Nitriansky kraj; BB – Banskobystrický kraj; TN – Trenčiansky kraj; ZA – Žilinský kraj; PO – Prešovský kraj; KE – Košický kraj.

Obrázok 4. Priemerné hodnoty prevalence bronchiálnej astmy v prepočte na 10 000 obyvateľov za jednotlivé kraje SR v rokoch 2004–2009



Poznámka: ZA – Žilinský kraj; BB – Banskobystrický kraj; BA – Bratislavský kraj; TT – Trnavský kraj; TN – Trenčiansky kraj; SR – Slovenská republika; KE – Košický kraj; NR – Nitriansky kraj; PO – Prešovský kraj.

Za celé obdobie rokov 2004–2009 (za obdobie šiestich rokov) boli namerané najvyššie priemerné koncentrácie PM_{10} v Žilinskom kraji, najmenšie v Bratislavskom kraji (obr. 2). Rozdiely v hodnotách priemernej koncentrácie PM_{10} týchto krajov boli aj štatisticky potvrdené ($p < 0,05$).

Ďalej sme sa vo výskume zaoberali analýzou vývoja prevalence bronchiálnej astmy v prepočte na 10 000 obyvateľov v jednotlivých krajoch SR v období rokov 2004–2009. Výsledky nášho výskumu potvrdzujú zvyšovanie prevalence astmy bronchiale vo všetkých krajoch SR (obr. 3). Najvyšší výskyt za obdobie šiestich rokov od roku 2004 po rok 2009 sme zaznamenali v Prešovskom, Nitrianskom a Košickom kraji so štatistickým rozdielom oproti ostatným krajom SR (obr. 4, $p < 0,05$).

V závere našej štúdie sme hodnotili, či priemerné ročné hodnoty koncentrácie PM_{10} majú vplyv na výskyt bronchiálnej astmy, jedno z najčastejších sa vyskytujúcich alergických ochorení na Slovensku.

Naše výsledky nepotvrdili signifikantný vzťah medzi prevalence astmy a klesajúcou hodnotou priemernej ročnej koncentrácie častíc PM_{10} (okrem Trenčianskeho kraja, $r = 0,888$, $p < 0,05$). Výskyt ochorenia v jednotlivých krajoch SR za obdobie rokov 2004–2009 nie je priamo úmerný priemerným ročným koncentráciám hodnôt PM_{10} (tab. 1). Najvyšší výskyt astmy sme zaznamenali v Prešovskom a Nitrianskom kraji v roku 2009, zatiaľ čo najvyšší výskyt priemernej ročnej hodnoty PM_{10} bol v Žilinskom kraji v roku 2006.

Tabuľka 1. Korelácie medzi priemernými ročnými hodnotami koncentrácie PM_{10} a prevalenceou ochorenia bronchiálnej astmy v prepočte na 10 000 obyvateľov podľa krajov SR za obdobie 2004–2009 ($p = 0,05$)

	r	p
BA	–0,115	0,829
TT	–0,843	0,035
NR	–0,896	0,016
BB	0,537	0,272
TN	0,888	0,018
ZA	–0,253	0,628
PO	–0,229	0,662
KE	–0,019	0,971

Poznámka: r – hodnota korelačného koeficientu vyjadrujúca závislosť medzi hodnotou koncentrácie tuhých častíc PM_{10} a prevalenceou ochorenia bronchiálnej astmy v prepočte na 10 000 obyvateľov; p – najväčšia hodnota, pri ktorej ešte nezamietame nulovú hypotézu (H_0 = ukazovatele koncentrácia tuhých častíc PM_{10} a prevalence bronchiálnej astmy sú nezávislé; BA – Bratislavský kraj; TT – Trnavský kraj; NR – Nitriansky kraj; BB – Banskobystrický kraj; TN – Trenčiansky kraj; ZA – Žilinský kraj; PO – Prešovský kraj; KE – Košický kraj.

Diskusia

V súlade s požiadavkami zákona o ochrane ovzdušia je územie SR rozdelené do 8 zón a 2 aglomerácií pre merania SO_2 , NO_2 , NO_x , Pb, PM_{10} , $PM_{2,5}$, benzén a CO. Hranice zón sú identické s hranicami krajov, pričom z Bratislavského a Košického kraja sú vybrané územné celky Bratislavy a Košíc, ktoré sa posudzujú samostatne ako aglomerácie (Ronchetti et al., 2010). V každej zóne je umiestnených 2 až 5 meracích staníc. V štúdií sú hodnotené priemerné ročné koncentrácie PM_{10} nameraných v miestach jednotlivých meracích staníc za daný kraj SR v období rokov 2004–2009. Pri hodnotení koncentrácie PM_{10} v období rokov 2004–2009 sme najvyššiu hodnotu parametra zaznamenali v roku 2005 takmer vo všetkých krajoch SR. Hodnota koncentrácie za nasledujúce ďalšie tri roky sa postupne znižovala.

Jedným z hlavných faktorov vzniku a rozvoja chronických respiračných ochorení je znečistené životné a pracovné pro-

stredie. Stúpajúci trend v počte dispenzarizovaných pacientov v pneumologických a ftizeologických ambulanciách má aj asthma bronchiale, zápalové ochorenie tkaniva dýchacích ciest (Správa o zdravotnom stave obyvateľstva SR za roky 2006–2008). Výsledky nášho výskumu tento stúpajúci trend potvrdzujú vo všetkých krajoch SR.

Hodnotenie expozície populácie v dôsledku znečisteného ovzdušia je pomerne ťažké, keďže sú ľudia exponovaní zmesou škodlivín emitovaných do atmosféry z rôznych zdrojov a rozptýlených častíc v ovzduší v rôznych časových a priestorových vzorkách. Zo zdravotného hľadiska za najzávažnejšie sú považované emisie z dopravy, najmä jemné prachové častice PM_{10} (Správa o zdravotnom stave obyvateľstva SR za roky 2006–2008). Ako uvádza Nordenhall et al. (2001) častice z výfukov zvyšujú imunologickú reakciu na alergie a vyvolávajú zápalovú reakciu v dýchacích cestách už pri relatívne nízkej koncentrácii. Určiť vplyv jednotlivých znečisťujúcich látok na výskyt alergických reakcií je však náročné. V našej štúdií sme hodnotili, či priemerné ročné hodnoty koncentrácie PM_{10} majú vplyv na výskyt bronchiálnej astmy. Závery našej štúdie, podobne ako aj iné výskumy v európskych štátoch (Anderson et al., 2010; Bayer-Oglesby et al., 2005; Braun-Fahrlander et al., 1997; Zemp et al., 1999.), nepotvrdili signifikantný vzťah medzi prevalence astmy a klesajúcou hodnotou priemernej ročnej koncentrácie častíc PM_{10} . Signifikantný vzťah alergických ochorení zistili niektorí autori v Amerike, Taiwane a v Rakúsku s inými emisiami z dopravy, napr. NO_2 (Barnett et al., 2005; Hwang a Lee, 2010; Studnička et al., 1997). Výsledky celosvetových štúdií potvrdzujú, že spoločnosť je svedkom meniaceho sa znečistenia ovzdušia SO_2 zo spaľovania uhlia, na znečistené ovzdušie výfukovými plynmi z automobilov (hlavne NO_2), ktoré pravdepodobne môžu zvyšovať aj výskyt astmy. Celosvetové odchýlky v prevalencii astmy sú však tak široké, že sa nedá jednoznačne povedať, že by hlavným determinantom tejto odchýlky bolo iba znečistené ovzdušie emisiami z dopravy (Brunekreef, Sunyer, 2003). Dokazujú to aj výsledky McConnella et al. (2002). Brunekreef, Sunyer (2003) a McConnella et al. (2002) tvrdia, že u detí cvičiacich na území s vyšším výskytom ozónu sa vo väčšej miere vyskytovala aj astma.

Záver

Výsledky výskumu potvrdzujú rastúcu tendenciu vo výskyte bronchiálnej astmy v SR za obdobie rokov 2004 až 2009. Zároveň sa nepotvrdil signifikantný vzťah medzi výskytom astmy a znečisteným ovzduším časticami PM_{10} .

Zo záverov nášho výskumu je evidentné, že na určenie jednoznačného vplyvu znečisťujúcich látok v ovzduší na výskyt alergických reakcií je potrebné uskutočniť viac prieskumov zameraných na analýzu polutantov v konkrétnych oblastiach znečistenia, kde sú umiestnené jednotlivé dopravné meracie stanice a skúmať dlhodobý vplyv na priebeh alergického ochorenia.

Literatúra

- ANDERSON, R., RUGGLES, R., PANDEY, K.D., KAPETANAKIS, V., BRUNEKREEF, B., LAI, CH KW., STRACHAN, D.P., WEILAND, S.K. Ambient particulate pollution and the world-wide prevalence of asthma, rhinoconjunctivitis and eczema in children: Phase One of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Occup Environ Med*, 2010, vol. 67, p. 293–300.
- BARNETT, A.G., WILLIAMS, G.M., SCHWARTZ, J., NELLER, A.H., BEST, T.L., PETROESCHEVSKY, A.L., SIMPSON, R.W. Air Pollution and Child Respiratory Health. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2005, vol. 171, p. 1272–1278.
- BAYER-OGLESBY, L., GRIZE, L., GASSNER, M., TAKKENSAHLI, K., SENNHAUSER, F.H., NEU, U., SCHINDLER,

- CH., BRAUN-FAHRLÄNDER, CH. Decline of Ambient Air Pollution Levels and Improved Respiratory Health in Swiss Children. *Environmental Health Perspectives*, 2005, vol. 113, no. 11, p. 1632–1637.
- BRAUN-FAHRLÄNDER, C., VUILLE, JC., SENNHÄUSER, FH., NEU, U., KUNZLE, T., GRIZE, L., GASSNER, M., MINDER, C., SCHINDLER, C., VARONIER, HS., WUTHRICH, B. Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL Team. Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 1997, vol. 155, no. 3, p. 1042–1049.
- BRUNEKREEF, B., SUNYER, J. Asthma, rhinitis and air pollution: is traffic to blame? *Eur. Respir. J.*, 2003, vol. 21, no. 6, p. 913–915.
- BURDA, C., MITOŠINKOVÁ, M., KOZAKOVIČ, E., ZÁVODSKÝ, D., SAJTÁKOVÁ, E., SZEMESOVÁ, J. *Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike 2007*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor ochrana ovzdušia, Bratislava, 2008.
- BURDA, C., KOZAKOVIČ, E., MITOŠINKOVÁ, M., RONCHETTI, L., SZABÓ, G., ZÁVODSKÝ, D., PUKANČÍKOVÁ, K. *Hodnotenie kvality ovzdušia v SR. MŽP SR a SHMÚ*, Bratislava, 2006.
- HWANG, BF., LEE, YL. Air Pollution and Prevalence of Bronchitic Symptoms Among Children in Taiwan. *CHEST*, 2010, vol. 138, no. 4, p. 956–964.
- MARSHALL GD. Internal and external environmental influences in allergic diseases. *Journal of the American Osteopathic Association*, 2004, vol. 104, suppl. 5, p. S1–6.
- MCCONNELL, R., BERHANE, K., GILLILAND, F. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet*, 2002, vol. 359, p. 386–391.
- NCZI (Národné centrum zdravotníckych informácií). Ambulantná starostlivosť o deti a dorast v SR 2009 (2008, 2007, 2006). Edícia Zdravotnícka štatistika, Bratislava, 2010.
- NCZI (Národné centrum zdravotníckych informácií). Ambulantná starostlivosť o deti a dorast v SR 2005 (2004). Edícia Zdravotnícka štatistika, Bratislava, 2006.
- NORDENHALL, C., POURAZAR, J., LEDIN, MC., LEVIN, JO., SANDSTROM, T., ADELROTH, E. Diesel exhaust enhances airway responsiveness in asthmatic subjects. *Eur. Respir. J.*, 2001, vol. 17, p. 909–915.
- RONCHETTI, L., MITOŠINKOVÁ, M., KOZAKOVIČ, E., FÓGELOVÁ, B., UHLÍK, J., SZEMESOVÁ, J. *Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike 2009 (2008)*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor ochrana ovzdušia, Bratislava, 2010.
- RONCHETTI, L., MITOŠINKOVÁ, M., KOZAKOVIČ, E., ZÁVODSKÝ, D., SAJTÁKOVÁ, E., SZEMESOVÁ, J. *Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike 2005 (2004)*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor ochrana ovzdušia, Bratislava, 2006.
- SIDJIMOV, M., ZURLYTÉ, I. Podiel detí, ktoré žijú v domácnostiach, kde sa používajú tuhé palivá. In: *ENHIS: Fakty životného prostredia a zdravia detí v Európe*. Úrad verejného zdravotníctva SR, 2008.
- SPRÁVA O ZDRAVOTNOM STAVE OBYVATELSTVA SR ZA ROKY 2006 – 2008 <http://www.cme.sk/sz/content/689-41781/sprava-o-zdravotnom-stave-obyvateľstva-sr-za-roky-2006-2008.html?print=1>
- STUDNICKA, M., HACKL, E., PISCHINGER, J. Traffic-related NO₂ and the prevalence of asthma and respiratory symptoms in seven year olds. *Eur. Respir. J.*, 1997, vol. 10, p. 2275–2278.
- WHO. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Ženeva. (<http://www.who.int/phe/air/aqg2006execsum.pdf>, verzia zo 6. marca 2007).
- ZEMP, E., ELSASSER, S., SCHINDLER, CH., KÜNZLI, N., PERRUCHOUD, AP., DOMENIGHETTI, G., MEDICI, T., ACKERMANN-LIEBRICH, U., LEUENBERGER, P., MONN, CH., BOLOGNINI, G., BONGARD, JP., BRÄNDLI, O., KARRER, W., KELLER, R., SCHÖNI, MH., TSCHOPP, JM., VILLIGER, B., ZELLWEGER, JP., SAPALDIA Team. Long-Term Ambient Air Pollution and Respiratory Symptoms in Adults (SAPALDIA Study). *AM J RESPIR CRIT CARE MED*, 1999, vol. 159, p. 1257–1266.