

Odhad dopadu znečištění ovzduší jemnými částicemi PM_{2,5} na střední délku života v ČR

MUDr. Marek Čierný¹, Mgr. Robert Skeřil Ph.D.², Mgr. Jan Horálek²

1. Neurologická klinika, FN Brno
2. ČHMÚ, Oddělení ochrany čistoty ovzduší Brno

Konference TVIP 2016, 15.–18. března 2016

Transparentnost

- žádný konflikt zájmů
- registrační poplatek konference uhradila nadace NESEHNUTÍ Brno

Osnova

1. přehled

- zdravotní rizika expozice $PM_{2,5}$
 - “dose-effect relationship”
- limity
- publikované studie vlivu $PM_{2,5}$ v EU a v ČR

2. vliv $PM_{2,5}$ na délku života v ČR

- cíl: srovnat současný stav se třemi modelovými situacemi
- metodika, zdroje dat
- výsledky
- limitace
- interpretace
- souvislosti

3. diskuse

Jemné částice PM_{2,5}

- “fine particulate matter”, suspendované částice
- aerodynamický průměr $<2,5 \mu\text{m}$
- při vdechnutí se 90% dostává do plicních alveolů
 - dále až do krve
- fyzikální vlastnosti (velký povrch, elektrický náboj)
 - => nosiče specifických polutantů
 - např. PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky)
- součást frakce PM₁₀
 - PM_{2,5} se na PM₁₀ podílí 60 - 80 %

Proč PM_{2,5}

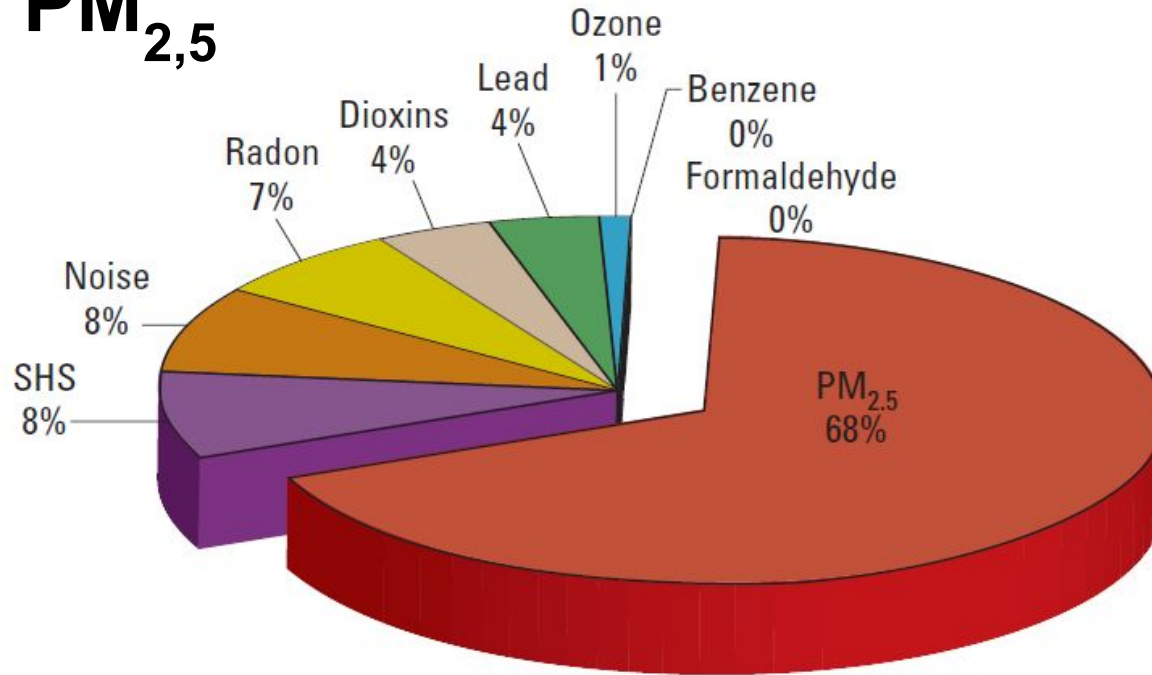


Figure 1. Relative contributions of the nine targeted risk factors to the estimated burden of disease attributed to these risk factors, averaged over the six participating countries. The figure is adapted from Hänninen and Knol (2011) with permission from the copyright holders.

Zdravotní účinky expozice PM_{2,5}

- **krátkodobá** expozice asociována se zvýšeným rizikem
 - infarktu (zodpovědná za 7% infarktů)⁴
 - hospitalizace pro srdeční selhání⁵ (o 1.28% na každých 10µg/m³)⁶
 - mrtvice/CMP (1.34krát "odds ratio" (OR) při 15-40 µg/m³)⁷
 - u těhotných a novorozenců
 - nízká porodní hmotnost¹⁰ (o 18% na každých 5µm/m³)¹¹
 - předčasný porod¹⁰

4. Nawrot TS, Perez L, Künzli N, Munters E, Nemery B. Public health importance of triggers of myocardial infarction: A comparative risk assessment. *Lancet* 2011;377:732-740. doi:10.1016/S0140-6736(10)62296-9.

5. Shah AS V, Langrish JP, Nair H, et al. Global association of air pollution and heart failure: A systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2013;382(9897):1039-1048. doi:10.1016/S0140-6736(13)60898-3.

6. Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006;295(10):1127-1134. doi:10.1001/jama.295.10.1127.

7. Wellenius G a., Burger MR, Coull B a., et al. Ambient Air Pollution and the Risk of Acute Ischemic Stroke. *Arch. Intern. Med.* 2012;172(3):229-234. doi:10.1001/archinternmed.2011.732.

10. Brauer M, Lencar C, Tamburic L, Koehoorn M, Demers P, Karr C. A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes. *Environ. Health Perspect.* 2008;116:680-686. doi:10.1289/ehp.10952.

11. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, et al. Ambient air pollution and low birthweight: A European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir. Med.* 2013;1:695-704. doi:10.1016/S2213-2600(13)70192-9.

...na délce expozice záleží

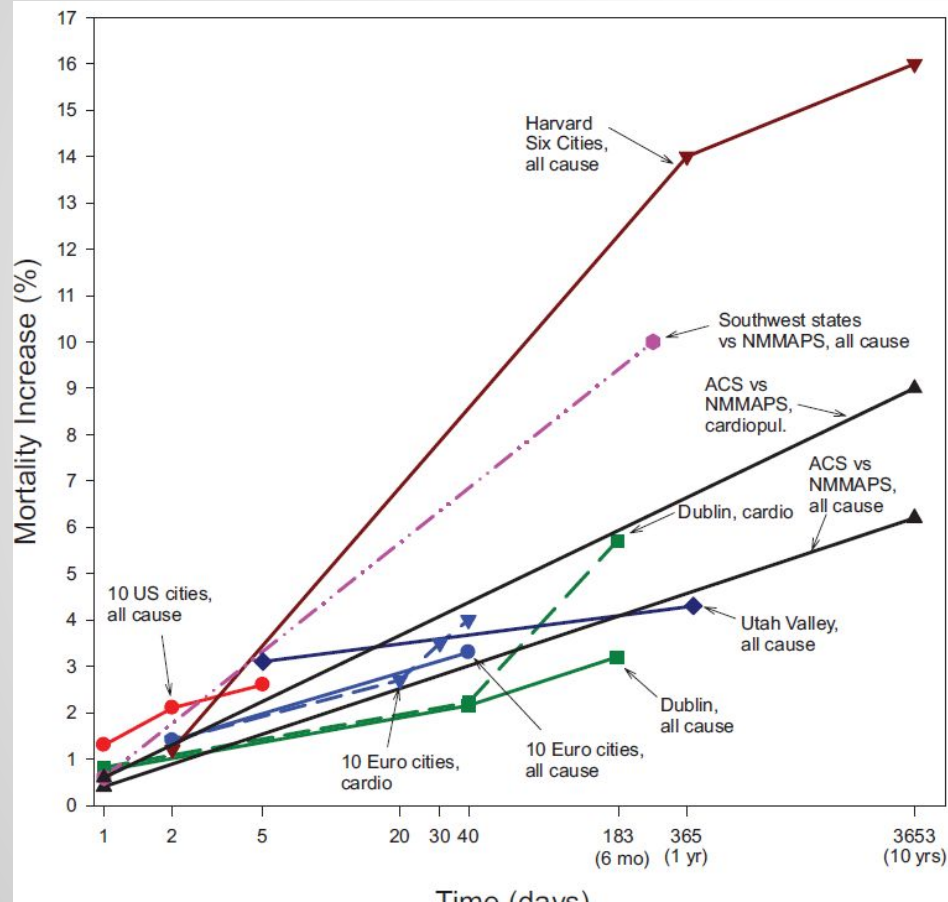


Figure 2. Comparison of estimates of percent change in mortality risk associated with an increment of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $\text{PM}_{2.5}$ or $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} or British Smoke (BS) for different time scales of exposure (log scale of approximate number of days, updated and adapted from Pope^{281a}). Euro indicates European; cardio, cardiovascular disease; and cardiopul, cardiopulmonary.

40. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010; 121:2331-2378. doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8e1.

Zdravotní účinky expozice PM_{2,5}

- **dlouhodobá** expozice asociována se zvýšeným rizikem
 - **celkové úmrtnosti** (o 6% [CI 4, 8%] na každých 10µg/m³)²⁸
 - mortality z kardiovaskulárních příčin (o 11% na každých 10µg/m³)²⁸
 - mortality z „přirozených příčin“ (o 7% na každých 5µg/m³)²
 - úmrtnost na rakovinu plic (o 14%²⁴ a 18%²⁹ na každých 5µg/m³)
 - **vážných nemocí**
 - infarktu³¹, CMP³², chronické bronchitídy¹, snížení mentálních schopností^{33,34}
 - **menšího růstu plic u dětí** (o 110-150ml při zvýšení o 10µg/m³)¹⁴

28. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ. Health 2013;12(1):43. doi:10.1186/1476-069X-12-43.

2. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: An analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. Lancet 2014;383:785-795.

24. Pope III CA. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. JAMA J. Am. Med. Assoc. 2002;287(9):1132-1141. doi:10.1001/jama.287.9.1132.

29. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: Prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). Lancet Oncol. 2013;14:813-822.

31. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, et al. Long-Term Exposure to Air Pollution and Incidence of Cardiovascular Events in Women. N. Engl. J. Med. 2007;356(5):447-458. doi:10.1056/NEJMoa054409.

32. Stafoggia M, et al. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Incidence of Cerebrovascular Events: Results from 11 European Cohorts within the ESCAPE Project Massimo. Environ. Health Perspect. 2014;122(9):919-925.

33. Weuve J, Puett RC, Schwartz J, Yanosky JD, Laden F, Grodstein F. Exposure to Particulate Air Pollution and Cognitive Decline in Older Women. Arch. Intern. Med. 2012;172(3):219-227. doi:10.1001/archinternmed.2011.683.

34. Power MC, Weisskopf MG, Alexeeff SE, Coull B a., Avron S, Schwartz J. Traffic-related air pollution and cognitive function in a cohort of older men. Environ. Health Perspect. 2011;119(5):682-687. doi:10.1289/ehp.1002767.

14. Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children. N. Engl. J. Med. 2015;372(10):905-913. doi:10.1056/NEJMoa1414123.

Zdravotní účinky expozice PM_{2,5}

- **dlouhodobá** expozice asociována se zvýšeným rizikem
 - **celkové úmrtnosti** (o 6% [CI 4, 8%] na každých 10 μ g/m³)²⁸
 - mortality z kardiovaskulárních příčin (o 11% na každých 10 μ g/m³)²⁸
 - mortality z „přirozených příčin“ (o 7% na každých 5 μ g/m³)²
 - úmrtnost na rakovinu plic (o 14%²⁴ a 18%²⁹ na každých 5 μ g/m³)
 - **vážných nemocí**
 - infarktu³¹, CMP³², chronické bronchitidy¹, snížení mentálních schopností^{33,34}
 - **menšího růstu plic u dětí** (o 110-150ml při zvýšení o 10 μ g/m³)¹⁴

28. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ. Health 2013;12(1):43. doi:10.1186/1476-069X-12-43.

2. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: An analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. Lancet 2014;383:785-795.

24. Pope III CA. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. JAMA J. Am. Med. Assoc. 2002;287(9):1132-1141. doi:10.1001/jama.287.9.1132.

29. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: Prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). Lancet Oncol. 2013;14:813-822.

31. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, et al. Long-Term Exposure to Air Pollution and Incidence of Cardiovascular Events in Women. N. Engl. J. Med. 2007;356(5):447-458. doi:10.1056/NEJMoa054409.

32. Stafoggia M, et al. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Incidence of Cerebrovascular Events: Results from 11 European Cohorts within the ESCAPE Project Massimo. Environ. Health Perspect. 2014;122(9):919-925.

33. Weuve J, Puett RC, Schwartz J, Yanosky JD, Laden F, Grodstein F. Exposure to Particulate Air Pollution and Cognitive Decline in Older Women. Arch. Intern. Med. 2012;172(3):219-227. doi:10.1001/archinternmed.2011.683.

34. Power MC, Weisskopf MG, Alexeeff SE, Coull B a., Avron S, Schwartz J. Traffic-related air pollution and cognitive function in a cohort of older men. Environ. Health Perspect. 2011;119(5):682-687. doi:10.1289/ehp.1002767.

14. Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children. N. Engl. J. Med. 2015;372(10):905-913. doi:10.1056/NEJMoa1414123.

Funkce **expozice-účinek** (i.e. dose-effect relationship)

- “There appears to be a **monotonic** (eg, linear or log-linear) **concentration-response relationship** between **PM_{2.5}** and **mortality risk** observed in cohort studies that extends below present-day regulations of 15ug/m³ for mean annual levels, **without a discernable “safe” threshold**.⁴⁰
- “This monotonic association supports the idea that **any reduction in particulate pollution will translate into health benefits** within a population of people, each with their own individual level of susceptibility.”⁴⁰

Imisní limity PM_{2,5}

- směrnice EU (2008/50/EC), zákon o ochraně ovzduší 201/2012 Sb.
 - roční průměrná koncentrace: $< 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ A
 - maximální expoziční konc.: $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015) B
 - celostátní cíl snížení expoz.: $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2020) B
 - průměr počítaný z
 - A: všech stanic
 - B: pozadových stanic v obcích nad 100.000 ob.
- doporučení WHO (WHO-AQG)
 - roční průměrná koncentrace: $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Imisní limity PM_{2,5}

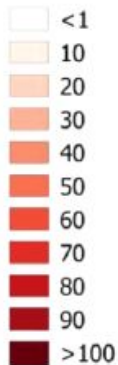
- směrnice EU (2008/50/EC), zákon o ochraně ovzduší 201/2012 Sb.
 - roční průměrná koncentrace: $< 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ A
 - maximální expoziční konc.: $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015) B
 - celostátní cíl snížení expoz.: $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2020) B
 - průměr počítaný z
 - A: všech stanic
 - B: pozadových stanic v obcích nad 100.000 ob.
- doporučení WHO (WHO-AQG)
 - roční průměrná koncentrace: $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

“The approach should aim at a **general reduction** of concentrations in the **urban background** to ensure that large sections of the population benefit from improved air quality.”

Jaký je zdravotní dopad znečištění $\text{PM}_{2,5}$?

Celosvětově

Annual Average PM_{2.5} (μg/m³)

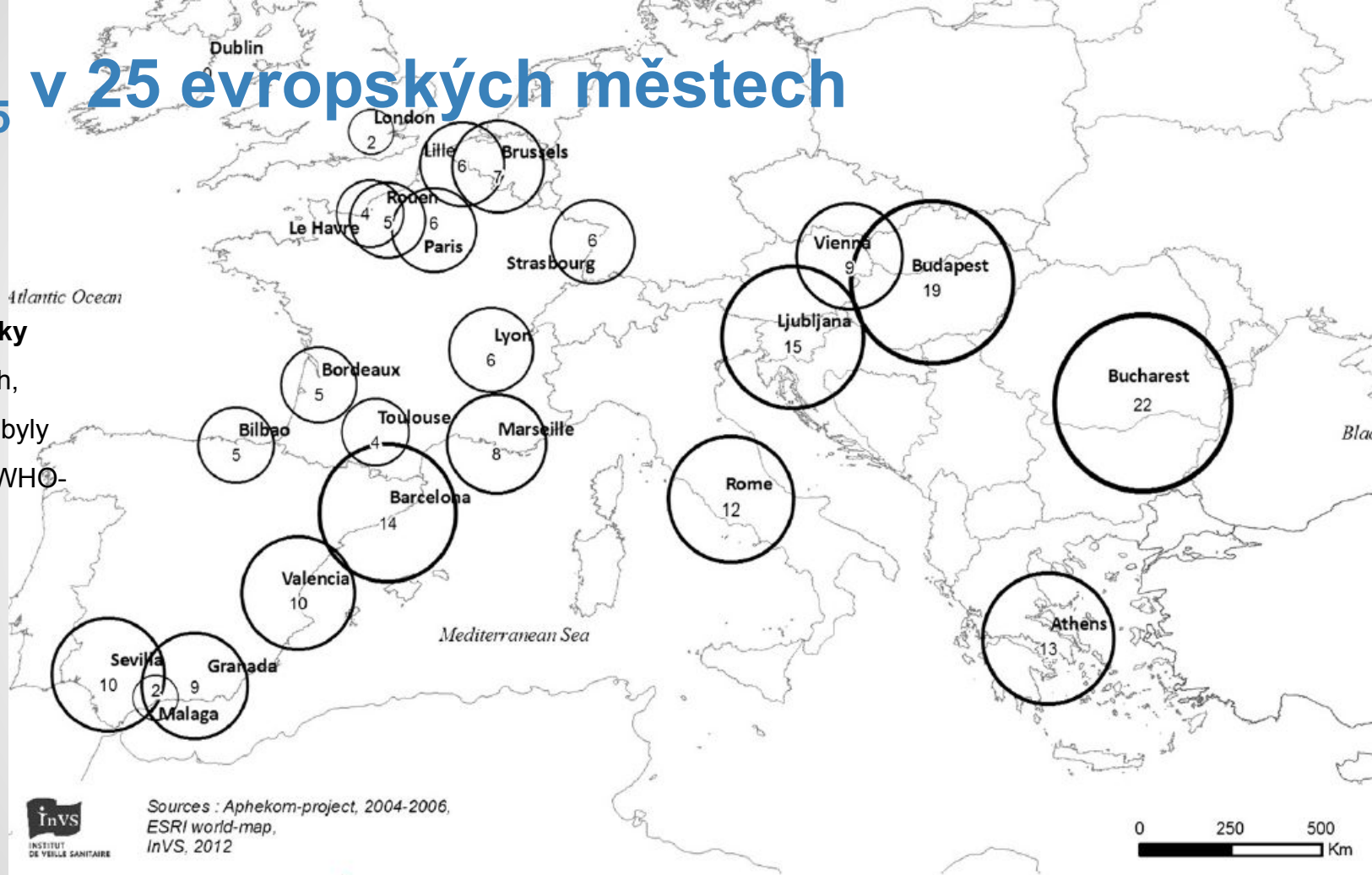


“outdoor air pollution, mostly by PM_{2.5},
leads to **3.3 million premature deaths per year worldwide**”
(95 percent confidence interval 1.61–4.81)

Figure 1. Estimated 2013 annual average PM_{2.5} concentrations (μg/m³). The PM_{2.5} estimates are generated from the grid cell average of satellite-based estimates and TM5-FASST simulations and calibrated with a prediction model incorporating surface measurements. White areas indicate no data.

PM_{2,5} v 25 evropských městech

prodloužení délky
života v měsících,
pokud by PM_{2,5} byly
na horní hranici WHO-
AQG



Pascal M, Corso M, Chanel O,
et al. Assessing the public
health impacts of urban air
pollution in 25 European cities:
Results of the Aphekom project.
Sci. Total Environ. 2013;449
(2007105):390-400. doi:10.1016
/j.scitotenv.2013.01.077.

Fig. 1. Gain in life expectancy in months at 30 if PM_{2,5} concentrations did not exceed the WHO-AQG (10 µg/m³).

v ČR

KE VLIVU ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ÚMRTNOST V ČESKÉ REPUBLICE

TOWARDS THE EFFECTS OF AIRBORNE POLLUTION ON MORTALITY-RATES IN THE CZECH REPUBLIC

VLADIMÍRA PUKLOVÁ, MICHALA LUSTIGOVÁ, HELENA KAZMAROVÁ, BOHUMIL KOTLÍK

Státní zdravotní ústav, Praha

metodika

- měřicí stanice v ČR kategorizovány podle typu lokality
 - např. “2: městská obytná zóna pouze s lokálními zdroji REZZO 3, do 2 tis. vozidel/24h”
- odhad expozice: průměr konc. v lokalitách kat. 2-5
- konc. $PM_{2,5}$ odhadnuta jako 75% konc. PM_{10}

SOUHRN

Nevýznamnějším zdravotním dopadem dlouhodobé expozice jemným aerosolovým částicím v ovzduší je předčasná úmrtnost a snižování naděje dožití. Pokusili jsme se přispět k odhadu počtu ztracených let života (YLL) a zkrácení naděje dožití v důsledku expozice obyvatel Česka aerosolovým částicím. Využili jsme k tomu imisní databázi vedenou v rámci Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí ve Státním zdravotním ústavu. Výpočet byl proveden pro dva scénáře: pro stávající situaci ve srovnání s hladinou přírodního pozadí $PM_{2,5}$ a pro případ 5% snížení střední roční koncentrace aerosolových částic frakce PM_{10} v sídlech. Podle odhadu činí podíl předčasných úmrtí v důsledku expozice částicím 6,9 % všech úmrtí (95% konfidenční interval CI 95% 2,6–12,7 %). Počet ztracených let života v důsledku znečištění ovzduší aerosolovými částicemi je odhadován na 95 719 (CI 95% 33 356–166 406) let, zkrácení naděje dožití pak o 8,6 (CI 95% 2,9–15,5) měsíce pro muže a 8,4 (CI 95% 2,8–15,1) měsíce pro ženy. Za předpokladu snížení střední koncentrační hladiny aerosolových částic frakce PM_{10} v sídlech o 5 % by bylo možno ušetřit 530 (CI 95% 190–890) předčasných úmrtí neboli 6850 (CI 95% 2440–11 570) let života.

Klíčová slova: ovzduší – znečištění, expozice aerosolovým částicím, předčasná úmrtnost, naděje dožití, Česká republika

výsledky:

- v důsledku znečištění částicemi
 - zemře předčasně 7380 lidí (CI 2570-12830) ročně, tj. 7% úmrtí v ČR
 - je ztraceno 95.700 let života (CI 33.400-166.400) ročně
 - je zkrácena střední délka dožití o 8,5 měsíce

Lze odhad provést přesněji?

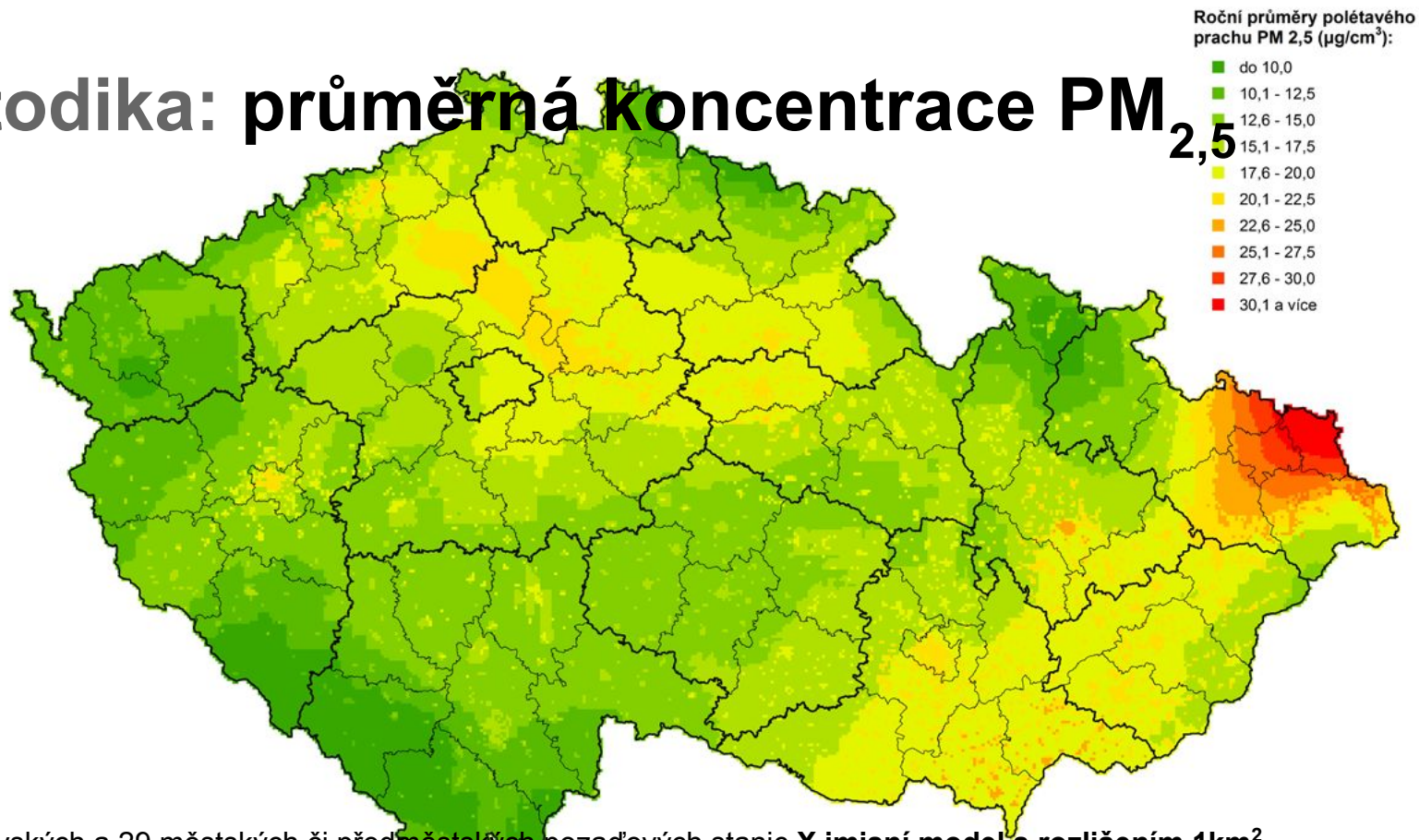
Vliv $PM_{2,5}$ na délku života v ČR

- CÍL = Kvantifikovat
 - úmrtnost,
 - střední délku života a
 - počet ztracených/získaných let života

Čechů ve dvou scénářích ve srovnání se realitou v roce 2014.

- celkový vliv znečištění ovzduší $PM_{2,5}$
 - Vliv snížení pod požadovou hladinu $5 \mu g/m^3$ byl zanedbán;

Metodika: průměrná koncentrace PM_{2,5}

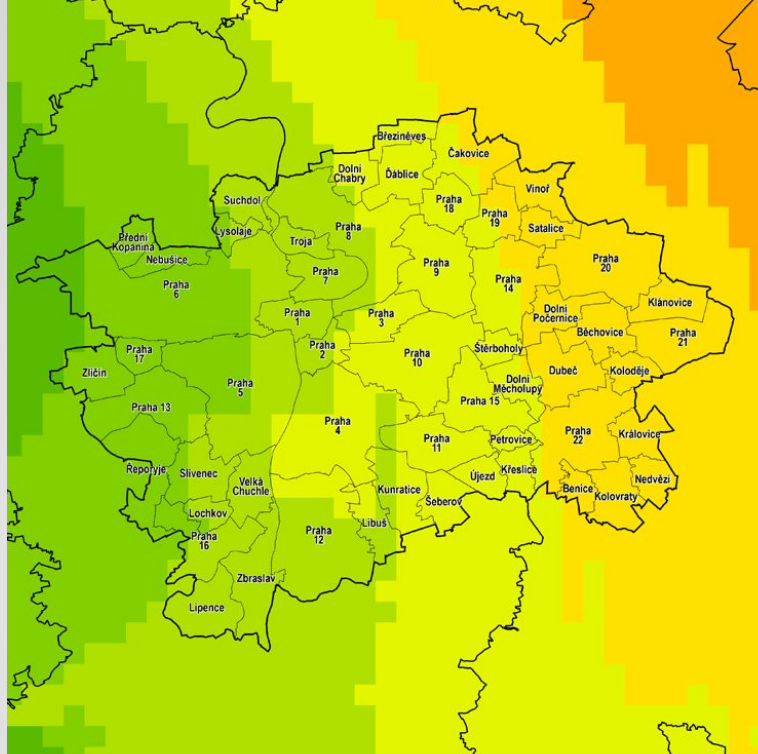


15 venkovských a 29 městských či předměstských pozadových stanic X imisní model s rozlišením 1km²

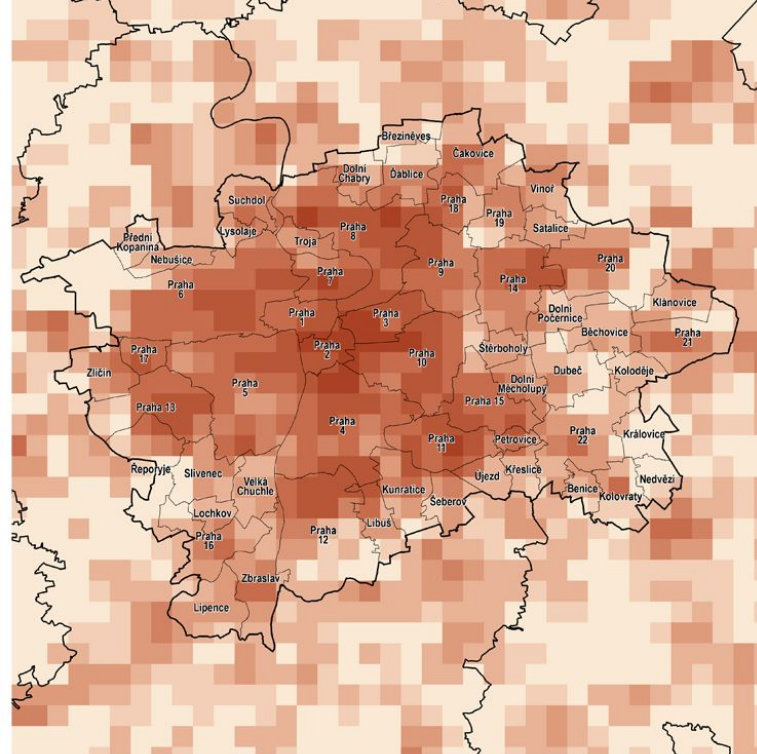
Zdroj: ČHMÚ. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2014. Praha, 2015. ISBN 978-80-87577-523.

Zdroj: Rozptylový model EMEP a CAMx na základě imisí městských a venkovních pozadových stanic v roce 2014.
Administrativní hranice: ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2014.

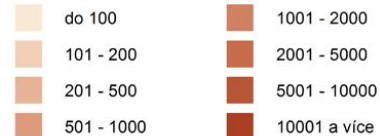
0 50 100 150 km

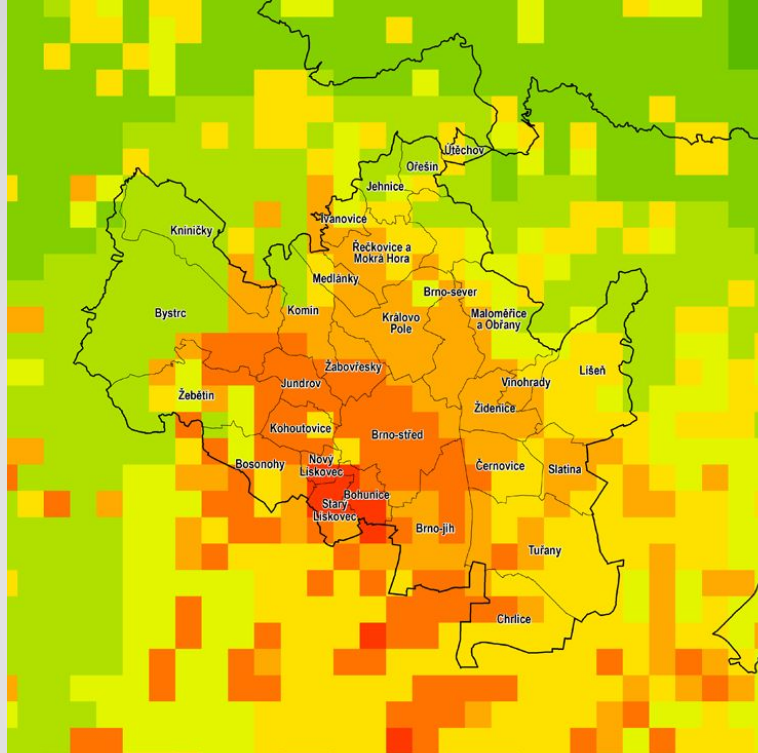


Roční průměry polétavého prachu PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$):

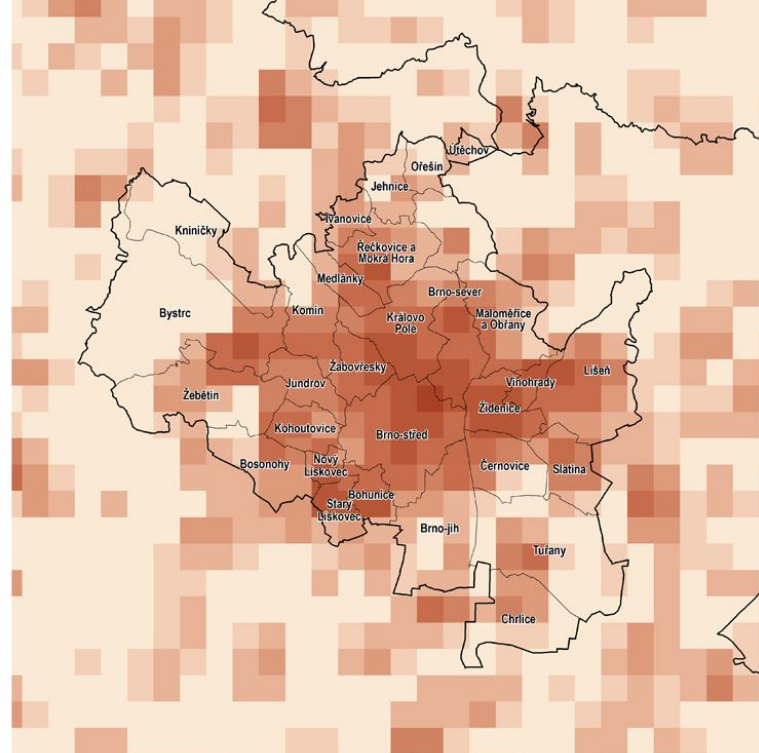


Počet obyvatel na km^2 :

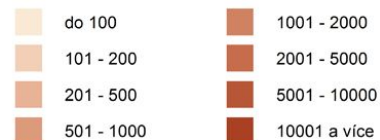




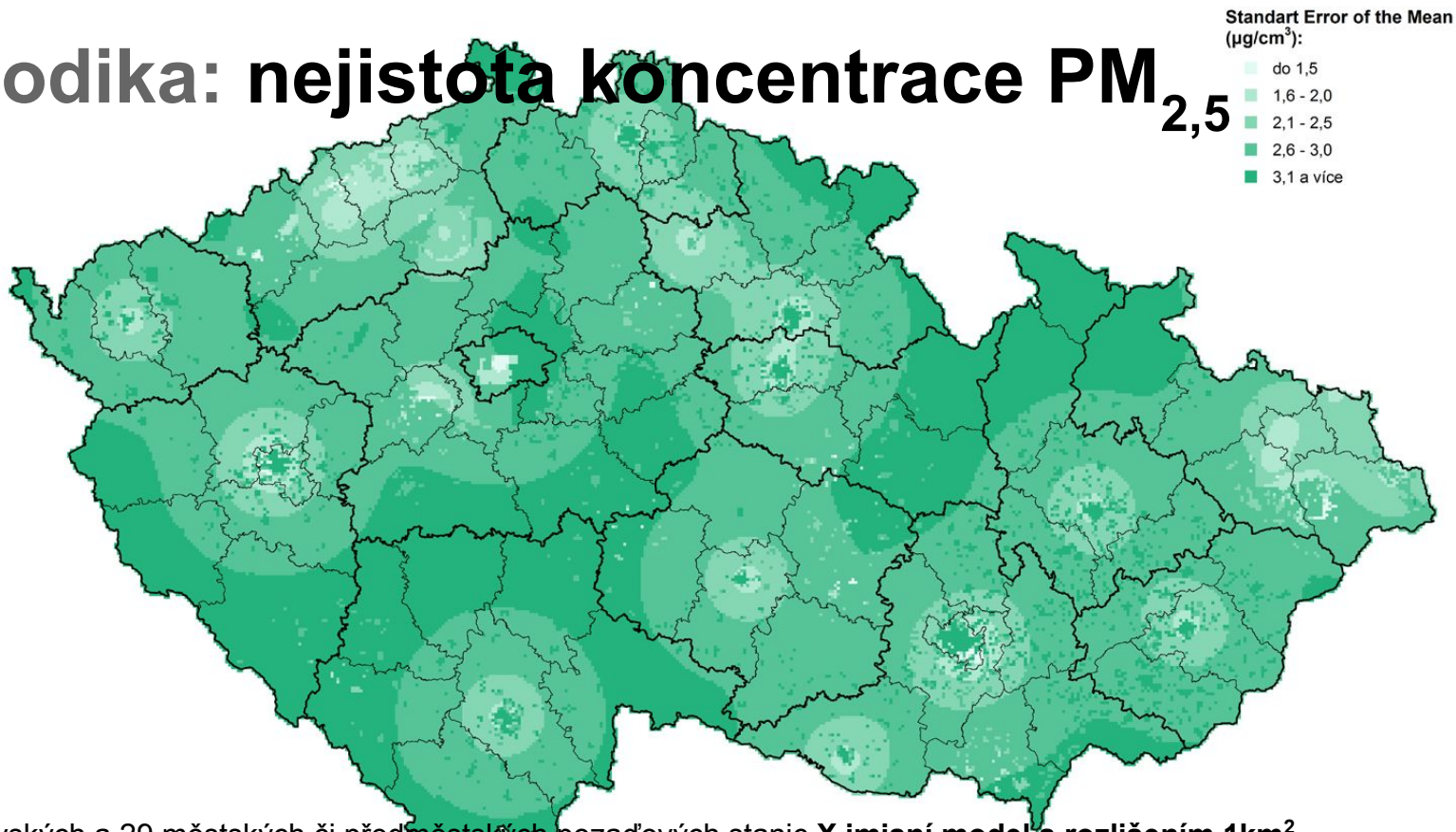
Roční průměry polétavého prachu PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$):



Počet obyvatel na km²:



Metodika: nejistota koncentrace PM_{2,5}



15 venkovských a 29 městských či předměstských pozadových stanic X imisní model s rozlišením 1km²

Zdroj: ČHMÚ. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2014. Praha, 2015. ISBN 978-80-87577-523.

Zdroj: Rozptylový model EMEP a CAMx na základě emisí městských a venkovních pozadových stanic v roce 2014.
Administrativní hranice: ©ArcCR, ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2014.

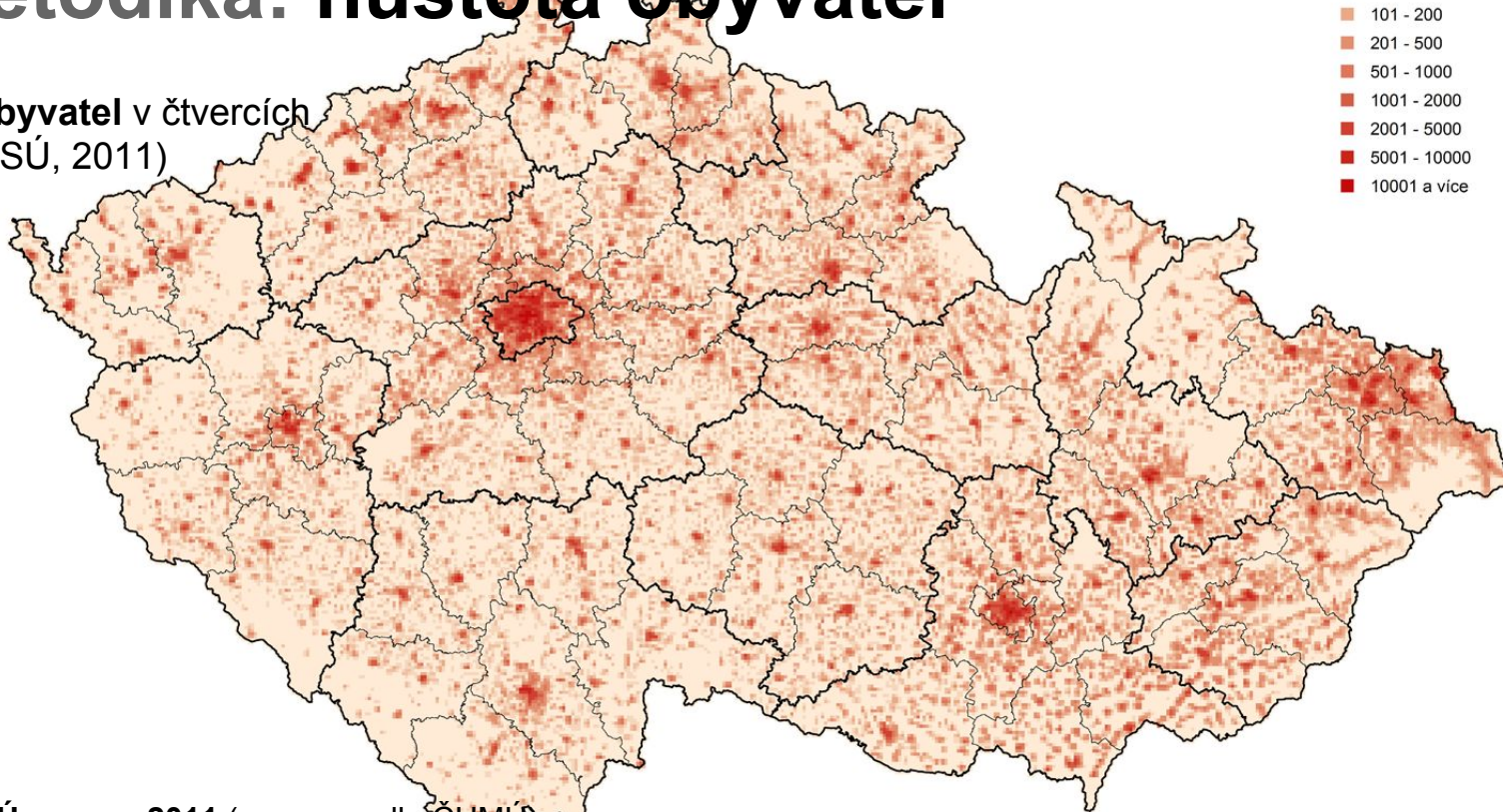
0 50 100 150 km

Metodika: hustota obyvatel

počet obyvatel v čtvercích
 1km^2 (ČSÚ, 2011)

Počet obyvatel na km^2 :

- do 20
- 21 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 500
- 501 - 1000
- 1001 - 2000
- 2001 - 5000
- 5001 - 10000
- 10001 a více



Zdroj: ČSÚ census 2011 (upraveno dle ČHMÚ):

Zdroj: ČSÚ, 2014.
Administrativní hranice: ©ArcČR, ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2014.

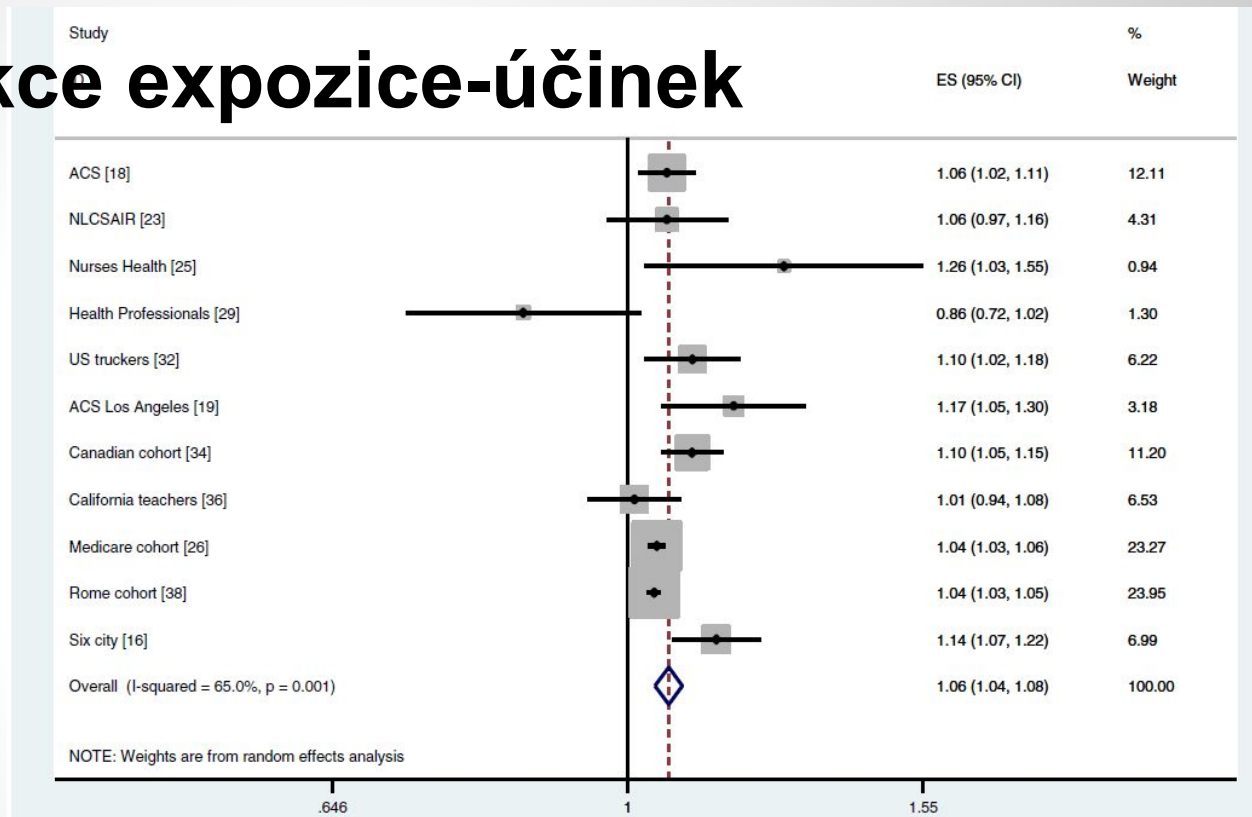
0 50 100 150 km

Metodika: exponování obyvatel

- expozice = [koncentrace] x [hustota ob.]
 - průměrná roční expozice $PM_{2,5}$ průměrného Čecha: $18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- věkové složení obyvatel (ČSÚ, 2011)
 - 7 105 317 starších 30-ti let
- věkové rozložení úmrtnosti (ČSÚ, 2014)
 - reálná úmrtnost v ČR v 2014: 104.437

Metodika: funkce expozice-účinek

zvýšení $\text{PM}_{2.5}$ o $10\mu\text{g}/\text{m}^3$
zvýší celkovou úmrtnost
1,062krát (CI: 1,044-1,084)



Meta-analysis of the association between $\text{PM}_{2.5}$ and all-cause mortality (Relative risk per $10\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Overall uses random effects.

Metodika: výpočet délky života a ztracených let

podle projektu **Aphekom**
(Improving knowledge and communication for decision making on air pollution and health in Europe, <http://si.easp.es/aphekom>)

$${}_nD_m^{impacted} = {}_nD_x \cdot e^{\beta \Delta x}$$

where ${}_nD_m$ is the total number of deaths in the age group starting at age n and covering m years.

β is the coefficient of the concentration response function.
 Δx is the decrease in the pollutant concentration in a given scenario, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Výsledky

	Počet úmrtí [střed odhadu (95% CI)]	Střední délka života [průměr (95% CI)]	Zisk/ztráta let života [průměr (95% CI)]
Celkový vliv expozice PM _{2,5} v ČR	+8400 (4200-12000), +8,7% (4-12), tj. z 96039 na 104437	-11 měsíců (5-17) na 79 let	-140.000 (67.798 - 213.778)
Srovnání se SZÚ 2010	+7379 (2572 - 12829) +6,9 % (2,6–12,7)	-8,5 měsíců (2,9– 15,3)	-95 719 (33 356 - 166 406)

Limitace

- **Nezahrnutí dopravních “hotspot” stanic** může vést k podhodnocení účinku u osob, které se v těchto lokalitách často vyskytují
- **Složení částic $PM_{2,5}$** ani koncentrace elementárního uhlíku³ nejsou rutinně měřeny a tak nemohly přispět k zpřesnění odhadu.
- Mezi výsledky jednotlivých studií v použité metaanalýze byla **středně velká heterogenita** ($I^2=65\%$)³ a proto je potřeba výsledky interpretovat s opatrností.
- Použitý model **zohledňuje pouze občany starší 30-ti let**. Zanedbání zdravotních účinků znečištění ovzduší na osoby mladší 30let může vést k podhodnocení skutečného účinku.

3.Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ. Health 2013;12(1):43. doi:10.1186/1476-069X-12-43.

13.Gauderman WJ, Urman R, Avol E, et al. Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children. N. Engl. J. Med. 2015;372(10):905-913. doi:10.1056/NEJMoa1414123..

Interpretace

1. **Devět procent (CI 4-12) Čechů zemře předčasně v důsledku expozice jemným částicím v ovzduší.**
2. Oproti předchozí studii SZÚ použití jiné metodiky nevedlo k signifikantně rozdílnému středovému odhadu, ale dolní hranice konfidenčního intervalu byla téměř dvounásobná. Rozdíl může být způsoben
 - 2.1. přesnějším prostorovým rozlišením znečištění a osídlení v prezentovaném odhadu, nebo
 - 2.2. Zohledněním nejistoty koncentrace PM_{2,5} v modelu
3. Zlepšení kvality ovduší je vhodným veřejně-zdravotním cílem a prioritou.

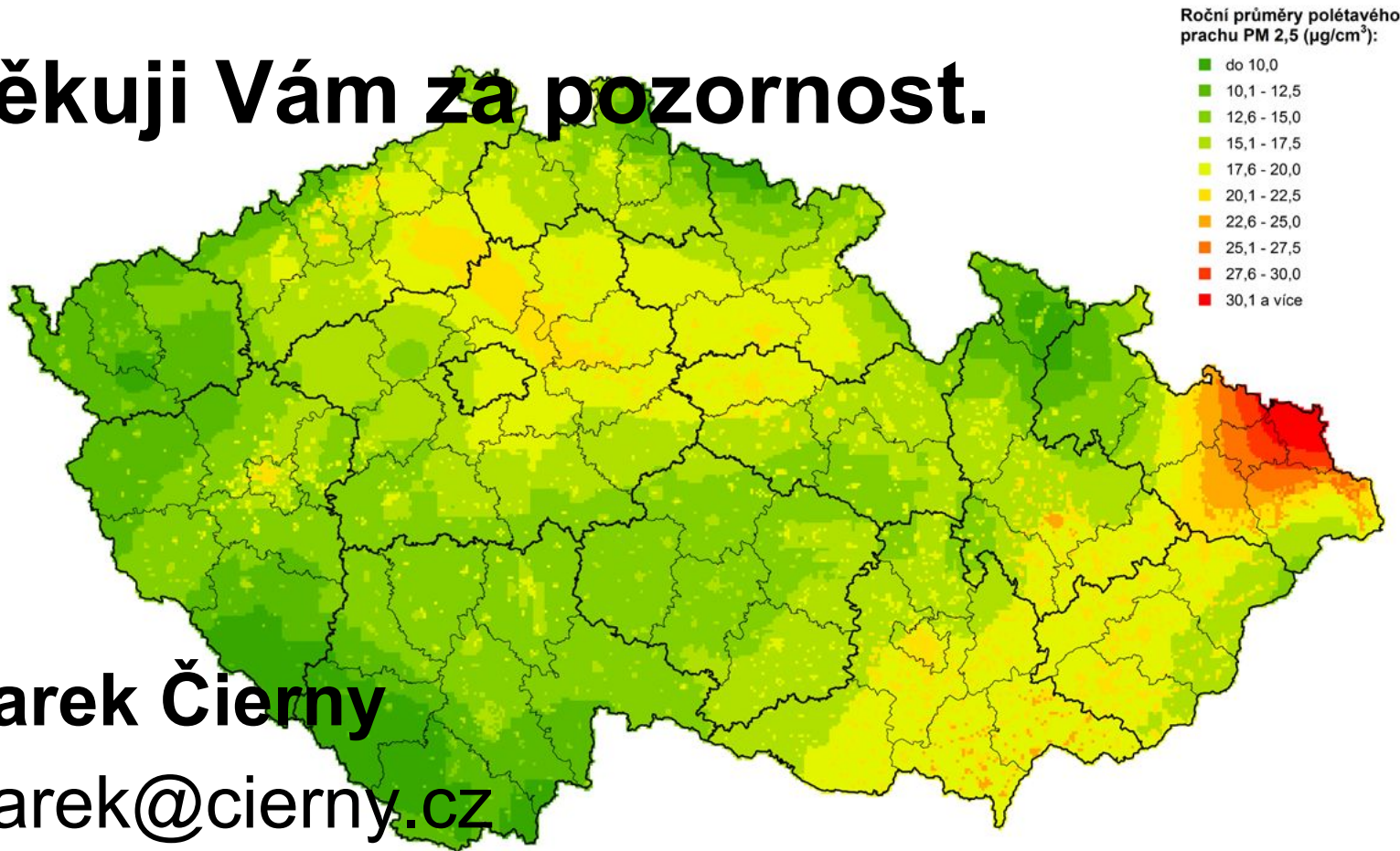
Interpretace 2

1. **Optimalizace spalování v mobilních a stacionárních zdrojích znečištění**, případně náhrada za bezemisní zdroje, bude mít významný příznivý dopad na střední délku života.
2. Snížení znečištění PM_{2,5} není jen nařízení EU, ale zájem (a podle 2008/50/EC i právo) občanů o zdraví a život.

Diskuse

Děkuji Vám za pozornost.

Marek Čiřny
marek@ciřny.cz



Imisní limit EU (pro PM_{10} i $PM_{2,5}$) je právně závazný

- Evropská komise 3/2015:

- "... the maximum daily limits for PM_{10} is being exceeded in Praha, Střední Čechy, Severozápad, Severovýchod (except for 2008), Brno, Střední Morava, Moravskoslezsko and Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, with yearly limits also being exceeded in Moravskoslezsko and Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek."
- "The Commission considers that the Czech Republic has failed to take measures that should have been in place since 2005 to protect citizens' health, and is asking it to take forward-looking, speedy and effective action to keep the period of non-compliance as short as possible."
- "If the Czech Republic fails to act, the Commission may take the matter to the EU Court of Justice."

Metodika podrobněji

- Mapa byla vytvořena kombinací měřených (primárních) a modelových (sekundárních) dat pomocí **lineárního regresního modelu s následnou prostorovou interpolací reziduí**. Městské a venkovské znečištění bylo odhadnuto zvlášť, výsledná mapa byla vytvořena sloučením městské a venkovské mapy pomocí populační hustoty. Jako měřená data byly použity naměřené koncentrace na stanicích imisního monitoringu z databáze ISKO, kterou provozuje ČHMÚ. Jako data modelová byly použity výstupy z rozptylových modelů CAMx a EMEP.
- Podrobný popis metodiky je uveden na http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/XII_mapovani_CZ.html , v tištěné podobě v ročence „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2014“.

Metodika podrobněji 2

- Mapa byla vytvořena kombinací měřených (primárních) a modelových (sekundárních) dat pomocí **lineárního regresního modelu s následnou prostorovou interpolací reziduí**. Městské a venkovské znečištění bylo odhadnuto zvlášť, výsledná mapa byla vytvořena sloučením městské a venkovské mapy pomocí populační hustoty. Jako měřená data byly použity naměřené koncentrace na stanicích imisního monitoringu z databáze ISKO, kterou provozuje ČHMÚ. Jako data modelová byly použity výstupy z rozptylových modelů CAMx a EMEP.
- Podrobný popis metodiky je uveden na http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/XII_mapovani_CZ.html , v tištěné podobě v ročence „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2014“.

PM zabíjí zdravé i kriticky nemocné

- “PM air pollution exposure does not simply advance the mortality by a few days of critically ill individuals who would have otherwise died (eg, mortality displacement or “harvesting”).”

Je vztah mezi PM_{2,5} a celkovou mortalitou kauzální?

Kauzalitu lze v epidemiologii hodnotit několika kritérii:

- časová souvislost (rizikový faktor předchází efektu);
- konzistence asociace;
- síla asociace;
- vyšší efekt při vyšší dávce;
- objevení mechanismu, který kauzalitu vysvětluje;
- reversibilita při odstranění rizikového faktoru a
- design studie.³⁷

Je vztah mezi PM_{2,5} a celkovou mortalitou kauzální?

1. **Časová souvislost** byla u kohortních (longitudinálních) studií,²⁸ z kterých tato práce vychází, splněna. Navíc, současná koncentrace znečištění silně koreluje ($r=0,78$) s koncentrací v minulosti.²⁴
2. Asociace je **konzistentní** mezi studii prováděnými různými výzkumníky v různých zemích.²⁸
3. Asociace **není silná** (HR 1,06), ale konfidenční interval (CI 4,4-8,4)²⁸ je dostatečně vzdálen od hodnoty znamenající absenci asociace.
4. Pozorování **vyššího rizika s vyšší expozicí** jemnému prachu („dose-effect relationship“) je taktéž konzistentní mezi různými studii.²⁸

28. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ. Health 2013;12(1):43. doi:10.1186/1476-069X-12-43.

24. Pope III CA. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. JAMA J. Am. Med. Assoc. 2002;287(9):1132-1141. doi:10.1001/jama.287.9.1132.

Je vztah mezi PM_{2,5} a celkovou mortalitou kauzální?

5. Mechanismus účinku jemných částic lze vysvětlit následovně: velmi malé částice pronikají do alveolů plic a do krve, kde se podílí na zvýšení trombogenicity a aterosklerose. U myší exponovaných „městskému“ vzduchu byla pozorována zvýšená aterosklerosa a zánět cév.³⁸ V jiném experimentu na myších byl prokázán vliv znečištění na mozek a depresivní příznaky.³⁹

6. Reversibilita: snížení expozice jemnému prachu bylo asociováno se prodloužením střední délky života o 0.61 ± 0.20 let.³⁰

7. Design studie: randomizovaný pokus, kde by byli lidé byli exponováni náhodné koncentraci znečištění a několik let sledována úmrtnost z etických důvodů nelze provést. Kohortní (longitudinální) studie²⁸ s adjustací na možné „konfoundery“ jsou vhodnou metodou k zjištění zdravotních dopadů znečištění ovzduší.

38. Sun Q, Wang A, Jin X, et al. Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in an animal model. JAMA 2005;294:3003-3010. doi:10.1001/jama.294.23.3003.

39. Fonken LK, Xu X, Weil ZM, et al. Air pollution impairs cognition, provokes depressive-like behaviors and alters hippocampal cytokine expression and morphology. Mol. Psychiatry 2011;16:987-995. doi:10.1038/mp.2011.76.

30. Pope CA, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. N. Engl. J. Med. 2009;360:376-386. doi:10.1056/NEJMsa0805646.

28. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ. Health 2013;12(1):43. doi:10.1186/1476-069X-12-43.

Pope et al., 2002

- Metody:
 - prospektivní kohortní studie, 500.000 probandů
 - kontrola “konfounderů”: kouření, vzdělání, marital status, alkohol, expozice v práci, jídelníček
 - Cox proportional hazards model
- Výsledky:
 - RR pro celkovou mortalitu: 1,06 (CI 1,02-1,11)

PM₁₀ v Rakousku, Francii, Švýcarsku

ARTICLES

- využívali vztah “dávka-účinek”
- konc. PM₁₀ modelována na 1km²

výsledky: PM₁₀ způsobuje:

- 6% všech úmrtí (40.000 ročně)
- 25.000 chronických bronchitid (dospělí)
- 290.000 epizod bronchitidy (děti)
- 0,5 milionu záchvatů astmatu

Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment

N Künzli, R Kaiser, S Medina, M Studnicka, O Chanel, P Filliger, M Herry, F Horak Jr, V Puybonnieux-Textier, P Quénel, J Schneider, R Seethaler, J-C Vergeaud, H Sommer

Summary

Background Air pollution contributes to mortality and morbidity. We estimated the impact of outdoor (total) and traffic-related air pollution on public health in Austria, France, and Switzerland. Attributable cases of morbidity and mortality were estimated.

Methods Epidemiology-based exposure-response functions for a 10 µg/m³ increase in particulate matter (PM₁₀) were used to quantify the effects of air pollution. Cases attributable to air pollution were estimated for mortality (adults ≥30 years), respiratory and cardiovascular hospital admissions (all ages), incidence of chronic bronchitis (adults ≥25 years), bronchitis episodes in children (<15 years), restricted activity days (adults ≥20 years), and asthma attacks in adults and children. Population exposure (PM₁₀) was modelled for each km². The traffic-related fraction was estimated based on PM₁₀ emission inventories.

Findings Air pollution caused 6% of total mortality or more than 40 000 attributable cases per year. About half of all mortality caused by air pollution was attributed to motorised traffic, accounting also for: more than 25 000

action in Europe. Our results, which have also been used for economic valuation, should guide decisions on the assessment of environmental health-policy options.

Lancet 2000; **356**: 795–801

See Commentary page ????

Introduction

Research during the past 10–20 years confirms that outdoor air pollution contributes to morbidity and mortality.^{1,2} Whereas some effects may be related to short-term exposure,³ others have to be considered contributions of long-term exposure.^{4,5} Although the mechanisms are not fully explained, epidemiological evidence suggests that outdoor air pollution is a contributing cause of morbidity and mortality.⁶ State-of-the-art epidemiological research has found consistent and coherent associations between air pollution and various outcomes (eg, respiratory symptoms, reduced lung function, chronic bronchitis, and mortality).⁶

Relative risks related to air pollution, however, are rather small. For example, for an average adult, the risk of dying may increase on any given day by less than 1% if the concentration of inhalable (<10 µm diameter)