# TVORBA MAP ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A OCENĚNÍ NEJISTOTY NA EVROPSKÉ A ČESKÉ ÚROVNI

**Jan Horálek*, Markéta Schreiberová, Pavel Kurfürst**

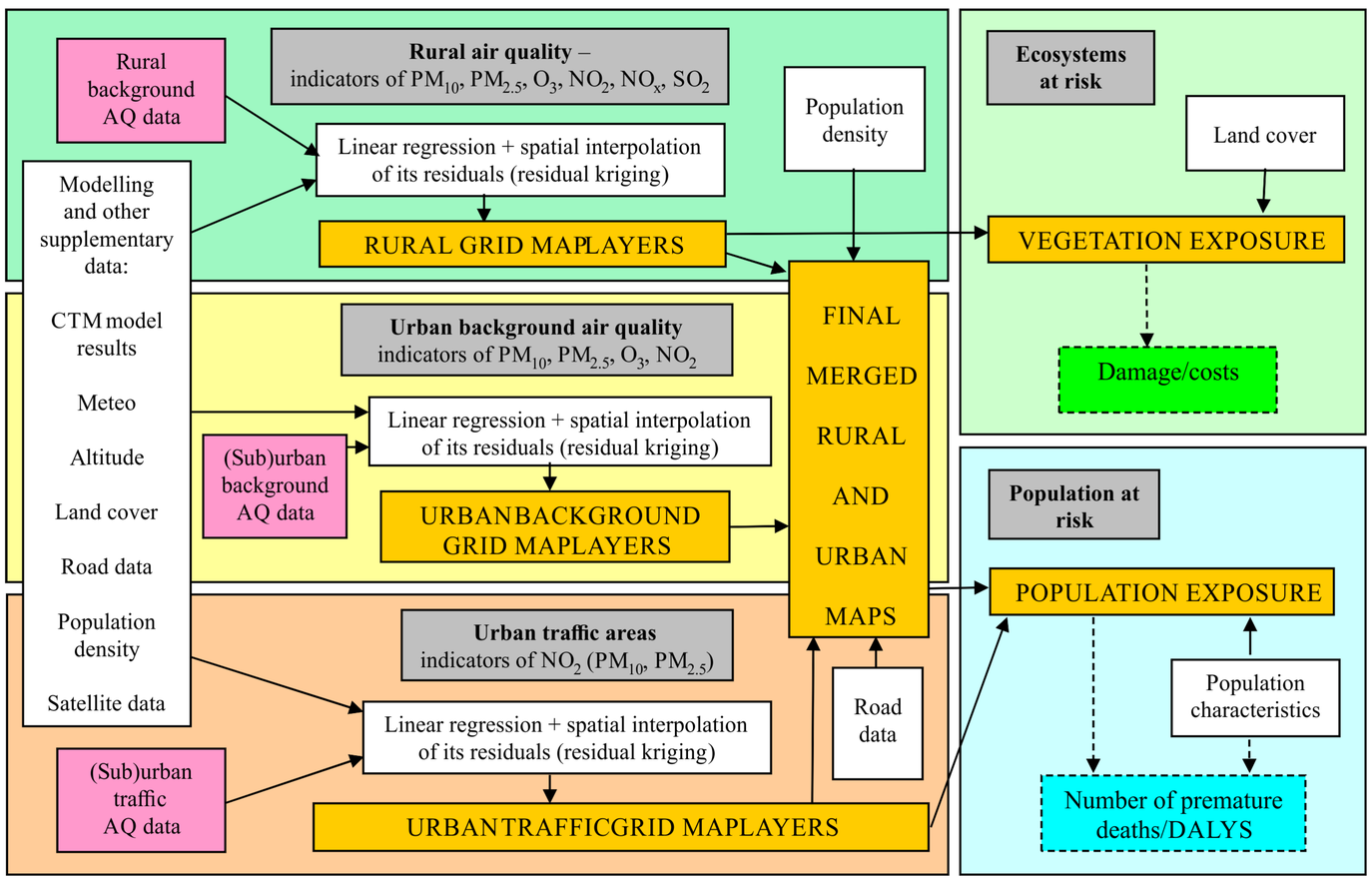
*Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), Praha, Česká republika; *Mail autora pro korespondenci: jan.horalek@chmi.cz .*

ČHMÚ

European Environment Agency
European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy

Evropské středisko pro ovzduší (ETC/ATNI), jehož součástí je ČHMÚ, je řešitelem projektu "Prostorová imisní data" pro evropskou agenturu životního prostředí (EEA). Mezi důležité úkoly tohoto projektu patří jednak rutinní tvorba map znečištění ovzduší, jednak další rozvoj interpolačních metod. Důležitým prvkem je i ocenění nejistoty map. Mapy jsou následně používány mj. pro hodnocení dopadů na zdraví obyvatel a na vegetaci. Podobný postup pro tvorbu map znečišťujících látek je používán i při rutinní tvorbě českých map do grafické ročenky ČHMÚ. Pro zpracování dat je používán software ArcGIS.

## OBECNÉ SCHÉMA pro tvorbu map a hodnocení dopadů




## VSTUPNÍ DATA

**Primární data:** Imisní data naměřená na stanicích (resp. na jejich základě spočtené dlouhodobé parametry), zdroj - databáze AirBase, ISKO. Veličiny: $PM_{10}$, $PM_{2,5}$, benzo[*a*]pyren, ozon, $NO_2$, $NO_x$, $SO_2$ aj.

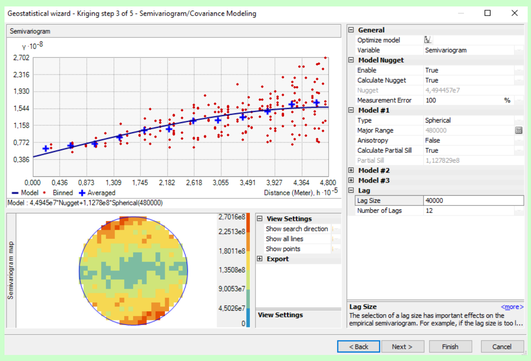
**Doplňková data:** Výstup z rozptylového modelu EMEP (a SYMOS, CAMx), nadmořská výška (GMTED), hustota obyvatel (JRC, ORNL, ČSÚ), příp. meteorolog. veličiny – rychlost větru, slun. záření (ECMWF), CORINE Land Cover 2012 (EEA), dopravní data (PBL), satelitní data OMI (NASA).

**A. Interpolační metody využívající pouze data z měřicích stanic** – především naměřená imisní data

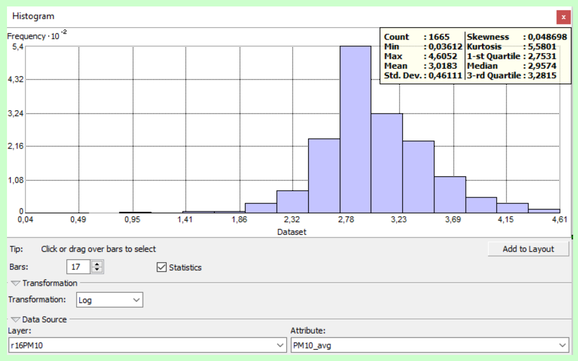
**1. Metoda vážení převrácenou hodnotou vzdálenosti (IDW)** – jednoduchá deterministická metoda

**2. Geostatistické metody** – využita statistická struktura imisního pole; různé druhy krigingu

**analýza dat** – např. typ rozdělení, proložení semivariogramu (využita stand. chyba odhadu, čili RMSE



*Obr. 1 Empirický semivariogram automaticky proložený sférickou křivkou, AOT40 pro lesy (2017, venkovské oblasti, evropské měřítko).*



*Obr. 2 Histogram hodnot ročního průměru $PM_{10}$, po logaritmické transformaci (r. 2016, venkovské a městské oblasti, evropské měřítko)*

**obyčejný kriging** – uvažován statistický model $Z(s) = \mu + \eta(s) + \varepsilon(s)$; použito proložení variogramu:

kde $Z(s_i)$ jsou naměřená imisní data, $i=1,..N$; $\hat{Z}(s_0)$ je interpolovaná hodnota; $N$ je počet použitých stanic; $\lambda_1, \ldots, \lambda_N$ jsou váhy spočtené na základě odhadnutého semivariogramu.

**obyčejný cokriging** (použity doplňkové parametry), **lognormální kriging, lognormální cokriging**

**B. Kombinace naměřených a doplňkových dat** – doplňková data poskytují plné pokrytí: výstup z rozptyl. modelu, nadm. výška, meteor. data (sluneční záření, rychlost větru), emise

**Lineární regresní model plus interpolace jeho reziduí** – interpolace reziduí prováděna pomocí různých interpol. metod, tak jak jsou popsány v sekci „A" (např. IDW, kriging, ....).

$$\hat{Z}(s_0) = c + a_1.X_1(s_0) + a_2.X_2(s_0) + \ldots + \eta(s_0)$$

*kde* $\hat{Z}(s_0)$ *je odhadnutá imisní hodnota v bodě* $s_o$,
$X_1(s_0), X_2(s_0), \ldots$ *jsou hodnoty jednotlivých doplňkových veličin v bodě* $s_o$,
$c, a_1, a_2,$ *jsou parametry lin. regresního modelu spočteného v bodech měření na základě dat v těchto bodech,*
$\eta(s)$ *je prostorová interpolace reziduí lineárního regresního modelu spočteného v bodech měření .*

### Porovnání různých metod interpolace

- pro venkovská a městská území zvlášť.

Pomocí **crossvalidace** (interpolace spočtena vždy bez jedné stanice, opak. pro všechny body) => objektivní míra kvality metody.

Spočteny různé statistické parametry, zejm. RMSE (čím je menší, tím je odhad lepší).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Z(s_i) - \hat{Z}(s_i))^2} \quad \text{kde}$$

$Z(s_i)$ je naměřená imisní hodnota v *i*-tém bodě (stanici), je odhad v *i*-tém bodě pomocí ostatních stanic,
$N$ je počet stanic.

## OCENĚNÍ NEJISTOTY

**A. Křížové ověřování (cross-validace)**

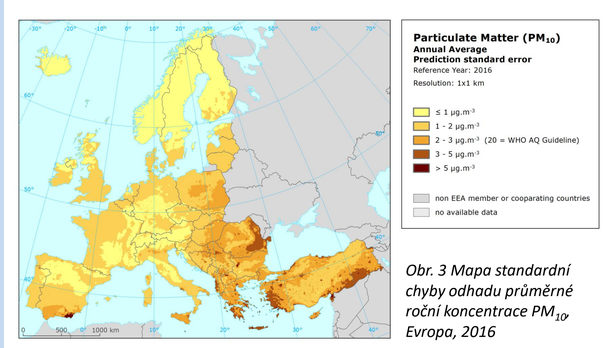
- ocenění nejistoty mimo místa měření

Pomocí statist. parametrů (RMSE), grafů.

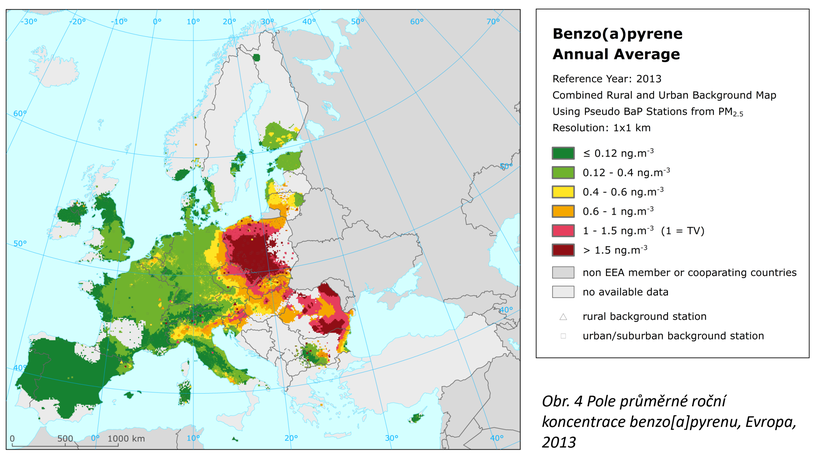
**B. Prosté porovnání naměřených a odhadnutých hodnot**

- nejistota v místech měření: je dána jednak shlazením při interpolaci, jednak plošným zprůměrováním do gridu.

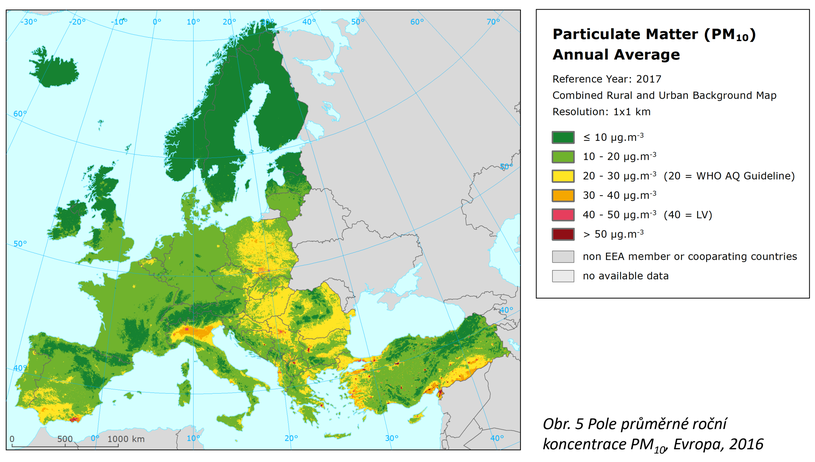
**C. Prostorová mapa nejistot**



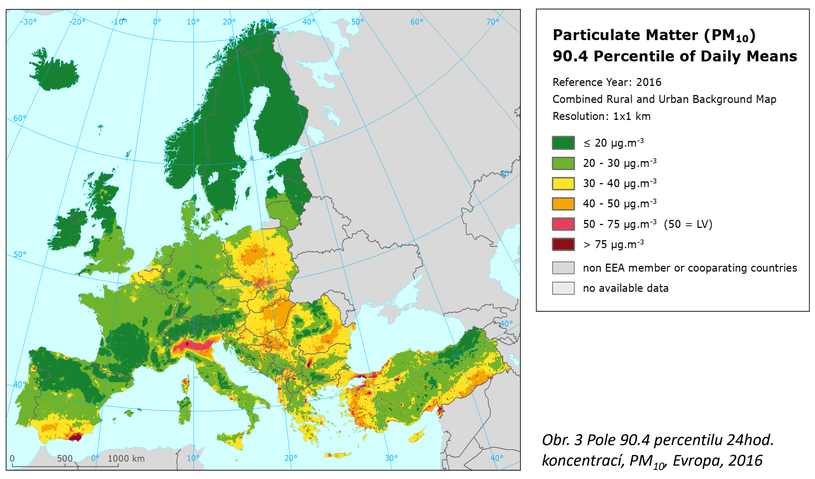

*Obr. 3 Mapa standardní chyby odhadu průměrné roční koncentrace $PM_{10}$, Evropa, 2016*



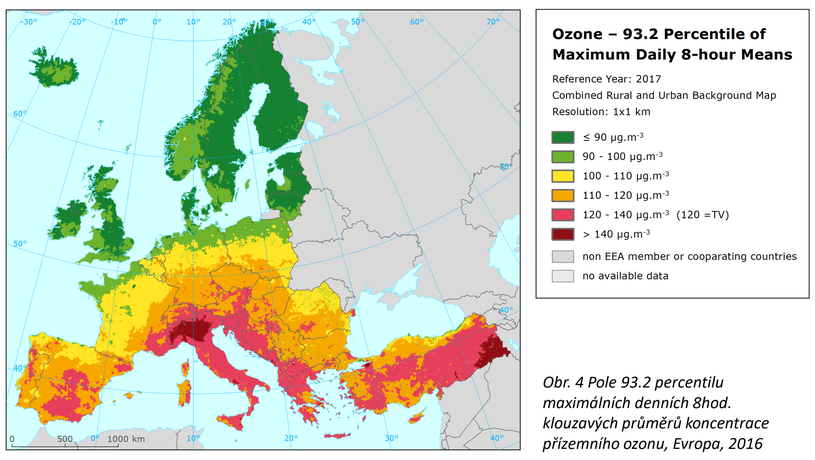

*Obr. 4 Pole průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu, Evropa, 2013*



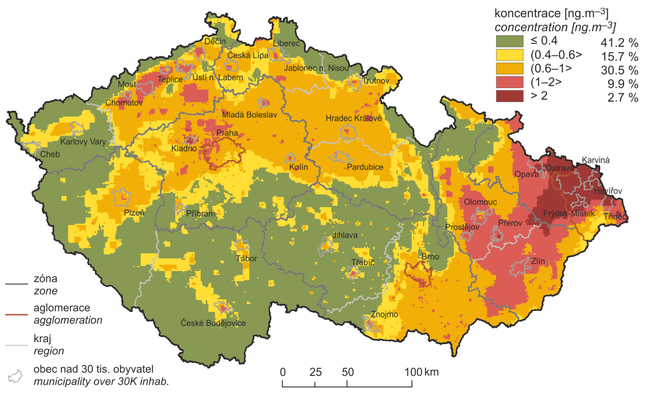

*Obr. 5 Pole průměrné roční koncentrace $PM_{10}$, Evropa, 2016*



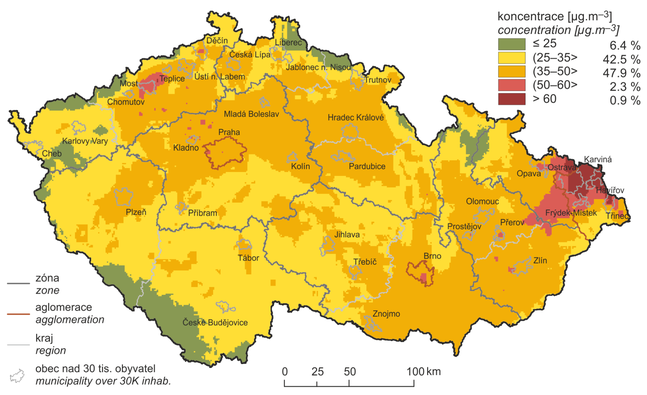

*Obr. 3 Pole 90.4 percentilu 24hod. koncentrací, $PM_{10}$, Evropa, 2016*



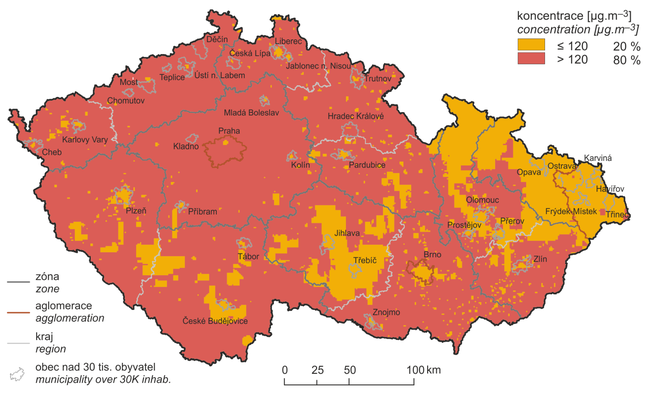

*Obr. 4 Pole 93.2 percentilu maximálních denních 8hod. klouzavých průměrů koncentrace přízemního ozonu, Evropa, 2016*




*Obr. 8 Pole roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu, Česká republika, 2018*




*Obr. 9 Pole 36. nejvyšší 24hod. koncentrace $PM_{10}$, Česká republika, 2018*




*Obr. 10 Pole 26. nejvyššího maximálního denního 8hod. klouzavého průměru koncentrace přízemního ozonu v průměru za 3 roky, Česká republika, 2016–2018*

## HODNOCENÍ DOPADŮ

**Expoziční tabulky** - imisní mapy jsou kombinovány s gridem hustoty populace v rámci rozlišení 1x1 km². V případě znečišťujících látek $PM_{10}$, $PM_{2.5}$ a $NO_2$ je zohledňováno osídlení v oblastech silně zatížených dopravou pomocí dopravní mapové vrstvy a dopravních dat.

=> následně odhad dopadů na zdraví

| Country | | Population [inhbs. 1000] | Ozone, 93.2 percentile of max. daily 8-h means, exposed population [%] < 90 µg.m-3 | 90 - 100 µg.m-3 | < TV 100 - 110 µg.m-3 | 110 - 120 µg.m-3 | > TV 120 - 140 µg.m-3 | > 140 µg.m-3 | Population-weighted conc. [µg.m-3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Albania | AL | 2 876 | | 9.9 | 47.9 | 41.7 | 0.5 | | 107.7 |
| Andorra | AD | 72 | | | 76.8 | 22.7 | 0.5 | | 109.2 |
| Austria | AT | 8 700 | | 0.6 | 31.1 | 67.3 | 1.1 | | 111.8 |
| Belgium | BE | 11 311 | 1.8 | 46.7 | 46.4 | 5.1 | | | 100.2 |
| Bosnia & Herzegovina | BA | 3 516 | | 4.3 | 90.2 | 5.6 | | | 105.2 |
| Bulgaria | BG | 7 154 | 8.7 | 49.2 | 39.7 | 2.3 | 0.0 | | 98.7 |
| Croatia | HR | 4 191 | | 0.9 | 53.5 | 42.7 | 3.0 | | 109.5 |
| Cyprus | CY | 1 184 | | 3.3 | 80.1 | 14.8 | 1.8 | | 105.0 |
| Czechia | CZ | 10 554 | | | 9.2 | 90.5 | 0.3 | | 114.7 |
| Denmark | DK | 5 707 | 1.0 | 91.1 | 7.8 | 0.0 | | | 95.3 |
| Estonia | EE | 1 316 | 16.8 | 82.7 | 0.5 | | | | 92.6 |
| Finland | FI | 5 487 | 54.9 | 45.1 | 0.0 | | | | 88.8 |
| France (metropolitan) | FR | 64 561 | 5.7 | 27.1 | 38.8 | 21.4 | 7.0 | 0.0 | 104.8 |
| Germany | DE | 82 176 | | 1.8 | 37.1 | 60.1 | 1.0 | | 110.7 |
| Greece | GR | 10 784 | | 5.1 | 24.1 | 35.1 | 35.5 | 0.3 | 115.8 |
| Hungary | HU | 9 830 | | 1.6 | 90.9 | 7.5 | | | 106.2 |
| Iceland | IS | 333 | 100 | | | | | | 78.3 |
| Ireland | IE | 4 726 | 96 | 3.9 | 0.0 | | | | 84.4 |
| Italy | IT | 60 666 | 0.1 | 3.3 | 24.2 | 24.4 | 29.7 | 18.3 | 122.1 |
| Latvia | LV | 1 969 | | 62.8 | 34.4 | 2.8 | | | 99.0 |
| Liechtenstein | LI | 38 | | | | 93 | 7.1 | | 117.3 |
| Lithuania | LT | 2 889 | | 87.3 | 12.7 | 0.0 | | | 98.1 |
| Luxembourg | LU | 576 | | 52.3 | 45.1 | 2.6 | | | 99.6 |
| Malta | MT | 450 | | | 89.9 | 9.4 | 0.7 | | 106.5 |
| Monaco | MC | 38 | | | | | 100 | | 120.2 |
| Montenegro | ME | 622 | | 14.4 | 65.8 | 19.8 | | | 106.3 |
| Netherlands | NL | 16 979 | 1.2 | 48.0 | 44.3 | 6.5 | | | 100.9 |
| North Macedonia | MK | 2 071 | 18.0 | 61.6 | 16.5 | 3.7 | 0.3 | | 95.2 |
| Norway | NO | 5 211 | 91.6 | 8.4 | 0.0 | | | | 84.0 |
| Poland | PL | 37 967 | 0.3 | 5.7 | 42.1 | 51.8 | 0.0 | | 109.2 |
| Portugal (excl. Az, Mad.) | PT | 9 839 | 2.5 | 12.2 | 53.5 | 29.6 | 2.2 | | 107.0 |
| Romania | RO | 19 760 | 46.5 | 39.2 | 13.7 | 0.7 | 0.0 | | 90.4 |
| San Marino | SM | 33 | | | | 95.5 | 4.5 | | 118.0 |
| Serbia (incl. Kosovo*) | RS | 8 848 | 29.5 | 18.3 | 47.0 | 5.3 | 0.0 | | 96.9 |
| Slovakia | SK | 5 426 | | 0.1 | 65.0 | 34.9 | | | 109.0 |
| Slovenia | SI | 2 064 | | | 41.3 | 55.9 | 2.7 | | 111.9 |
| Spain (excl. Canarias) | ES | 44 305 | 3.2 | 18.4 | 24.1 | 41.7 | 12.7 | | 109.7 |
| Sweden | SE | 9 851 | 37.9 | 59.2 | 2.9 | 0.0 | | | 90.7 |
| Switzerland | CH | 8 327 | | | 4.4 | 83.0 | 11.8 | 0.8 | 117.3 |
| Turkey | TR | 78 741 | 20.8 | 13.7 | 30.6 | 25.9 | 8.7 | 0.2 | 102.7 |
| United Kingdom (& dep.) | UK | 65 383 | 93.8 | 6.1 | 0.1 | | | | 84.1 |
| **Total** | | **616 531** | **18.2** | **15.6** | **29.3** | **28.5** | **6.6** | **1.9** | **104.5** |
| | | | **33.7** | | **57.8** | | **8.5** | | |
| **Total without Turkey** | | **537 790** | **17.8** | **15.8** | **29.1** | **28.9** | **6.4** | **2.1** | **104.8** |
| | | | **33.6** | | **57.9** | | **8.4** | | |
| **EU-28** | | **505 806** | **17.4** | **16.0** | **28.9** | **29.0** | **6.6** | **2.2** | **105.0** |
| | | | **33.4** | | **57.9** | | **8.8** | | |
| Kosovo* | KS | 1 772 | 64.8 | 16.9 | 14.5 | 3.7 | 0.0 | | 89.0 |
| Serbia (excl. Kosovo*) | RS | 7 076 | 20.8 | 18.6 | 54.9 | 5.7 | | | 98.9 |

(*) under the UN Security Council Resolution 1244/99

| Country | | Population [inhbs. 1000] | $PM_{2.5}$ annual average, exposed population [%] < $LV_{2020}$ < 5 µg.m-3 | 5 - 10 µg.m-3 | < LV 10 - 15 µg.m-3 | 15 - 20 µg.m-3 | > $LV_{2020}$ 20 - 25 µg.m-3 | > LV > 25 µg.m-3 | Population weighted conc. [µg.m-3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Albania | AL | 2 876 | | 0.4 | 14.9 | 17.2 | 30.1 | 37.4 | 22.3 |
| Andorra | AD | 72 | | 1.8 | 98.2 | | | | 12.1 |
| Austria | AT | 8 700 | 0.6 | 18.7 | 76.6 | 4.1 | | | 12.0 |
| Belgium | BE | 11 311 | | 4.9 | 86.8 | 8.3 | | | 12.7 |
| Bosnia & Herzegovina | BA | 3 516 | | 2.6 | 15.5 | 10.5 | 11.6 | 59.8 | 28.7 |
| Bulgaria | BG | 7 154 | | 6.9 | 7.8 | 17.8 | 34.5 | 33.0 | 22.3 |
| Croatia | HR | 4 191 | | 6.3 | 24.1 | 23.4 | 24.0 | 22.2 | 19.4 |
| Cyprus | CY | 1 184 | | | 100.0 | | | | 13.7 |
| Czechia | CZ | 10 554 | | 1.1 | 23.2 | 63.2 | 9.7 | 2.8 | 16.6 |
| Denmark | DK | 5 707 | 0.8 | 81.0 | 18.3 | | | | 9.2 |
| Estonia | EE | 1 316 | 13.3 | 86.7 | | | | | 5.9 |
| Finland | FI | 5 487 | 49.4 | 50.6 | | | | | 5.1 |
| France (metropolitan) | FR | 64 561 | 0.3 | 33.0 | 66.7 | | | | 10.9 |
| Germany | DE | 82 176 | 0.0 | 9.5 | 86.7 | 3.7 | | | 11.6 |
| Greece | GR | 10 784 | | 1.2 | 17.8 | 39.6 | 25.5 | 15.9 | 19.6 |
| Hungary | HU | 9 830 | | | 13.7 | 76.5 | 9.8 | | 17.5 |
| Iceland | IS | 333 | 39.4 | 60.6 | | | | | 4.8 |
| Ireland | IE | 4 726 | 20.9 | 77.4 | 1.7 | | | | 6.8 |
| Italy | IT | 60 666 | 0.0 | 6.6 | 39.8 | 28.2 | 15.5 | 9.9 | 16.6 |
| Latvia | LV | 1 969 | | 45.0 | 36.4 | 18.7 | | | 10.9 |
| Liechtenstein | LI | 38 | | 12.2 | 87.8 | | | | 10.3 |
| Lithuania | LT | 2 889 | | 25.3 | 57.4 | 17.3 | | | 11.8 |
| Luxembourg | LU | 576 | | 14.2 | 85.8 | | | | 11.4 |
| Malta | MT | 450 | | | 100.0 | | | | 11.1 |
| Monaco | MC | 38 | | | 100.0 | | | | 14.3 |
| Montenegro | ME | 622 | | 9.3 | 13.2 | 25.4 | 36.9 | 15.1 | 20.3 |
| Netherlands | NL | 16 979 | | 0.8 | 99.2 | | | | 11.3 |
| North Macedonia | MK | 2 071 | | 0.5 | 2.6 | 2.2 | 9.8 | 84.9 | 34.6 |
| Norway | NO | 5 211 | 38.2 | 55.4 | 6.4 | | | | 5.9 |
| Poland | PL | 37 967 | | 0.0 | 15.5 | 29.5 | 37.6 | 17.4 | 20.6 |
| Portugal (excl. Az., Mad.) | PT | 9 839 | 0.2 | 88.4 | 11.3 | | | | 8.3 |
| Romania | RO | 19 760 | | 3.1 | 33.3 | 40.5 | 22.4 | 0.6 | 16.8 |
| San Marino | SM | 33 | | 1.9 | 69.8 | 28 | | | 14.3 |
| Serbia (incl. Kosovo*) | RS | 8 848 | | 0.5 | 8.5 | 13.1 | 17.4 | 60.5 | 25.1 |
| Slovakia | SK | 5 426 | | 0.0 | 24.3 | 50.8 | 24.1 | 0.9 | 17.6 |
| Slovenia | SI | 2 064 | | 3.3 | 39.4 | 45.7 | 11.6 | | 16.0 |
| Spain (excl. Canarias) | ES | 44 305 | 0.2 | 37.0 | 53.9 | 8.7 | 0.1 | 0.0 | 11.1 |
| Sweden | SE | 9 851 | 41.9 | 58.1 | | | | | 5.7 |
| Switzerland | CH | 8 327 | 1.3 | 33.7 | 64.5 | 0.6 | | | 10.1 |
| United Kingdom (& dep.) | UK | 65 383 | 1.9 | 51.1 | 47.0 | | | | 9.5 |
| **Total** | | **537 790** | **2.2** | **22.5** | **48.6** | **13.6** | **7.8** | **5.4** | **13.4** |
| | | | **24.6** | | **62.2** | | **13.2** | | |
| **EU-28** | | **505 806** | **1.9** | **22.7** | **50.2** | **14.0** | **7.6** | **3.6** | **13.1** |
| | | | **24.6** | | **64.2** | | **11.3** | | |
| Kosovo* | KS | 1 772 | | 0.0 | 8.1 | 9.7 | 9.2 | 73.1 | 27.1 |
| Serbia (excl. Kosovo*) | RS | 7 076 | | 0.6 | 8.7 | 13.9 | 19.4 | 57.5 | 24.6 |

(*) under the UN Security Council Resolution 1244/99

| Country | | Population [inhbs. 1000] | $PM_{10}$, 90.4 percentile of daily means, exposed population [%] < LV < 20 µg.m-3 | 20 - 30 µg.m-3 | 30 - 40 µg.m-3 | > LV 40 - 50 µg.m-3 | 50 - 75 µg.m-3 | > 75 µg.m-3 | Pop. weighted conc. [µg.m-3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Albania | AL | 2 876 | 0.0 | 3.0 | 10.8 | 10.4 | 49.7 | 26.1 | 62.2 |
| Andorra | AD | 72 | 0.1 | 0.1 | 2.1 | 88.0 | 9.7 | | 47.2 |
| Austria | AT | 8 700 | 6.8 | 39.0 | 50.0 | 4.1 | 0.0 | | 30.1 |
| Belgium | BE | 11 311 | 0.2 | 7.8 | 83.7 | 8.3 | | | 34.4 |
| Bosnia & Herzegovina | BA | 3 516 | 0.1 | 7.0 | 10.7 | 7.7 | 16.8 | 57.7 | 81.2 |
| Bulgaria | BG | 7 154 | 0.2 | 3.5 | 8.4 | 8.4 | 55.3 | 24.1 | 63.4 |
| Croatia | HR | 4 191 | 0.3 | 6.8 | 19.9 | 11.9 | 55.1 | 6.0 | 54.3 |
| Cyprus | CY | 1 184 | | 11.8 | 7.0 | 81.3 | | | 54.0 |
| Czechia | CZ | 10 554 | 0.2 | 9.4 | 60.1 | 21.9 | 8.4 | | 38.9 |
| Denmark | DK | 5 707 | 2.4 | 96.9 | 0.7 | | | | 24.7 |
| Estonia | EE | 1 316 | 45.1 | 54.9 | | | | | 19.7 |
| Finland | FI | 5 487 | 85.5 | 14.5 | | | | | 16.1 |
| France (metropolitan) | FR | 64 561 | 5.7 | 50.5 | 43.6 | 0.2 | 0.1 | | 28.9 |
| Germany | DE | 82 176 | 0.9 | 83.6 | 15.4 | 0.1 | | | 27.9 |
| Greece | GR | 10 784 | | 1.7 | 19.1 | 32.4 | 38.7 | 8.2 | 51.7 |
| Hungary | HU | 9 830 | | 0.0 | 14.5 | 72.3 | 13.2 | | 46.0 |
| Iceland | IS | 333 | 98.7 | 1.3 | | | | | 16.8 |
| Ireland | IE | 4 726 | 35.4 | 64.6 | | | | | 21.4 |
| Italy | IT | 60 666 | 0.4 | 9.6 | 38.6 | 23.2 | 24.3 | 3.9 | 44.4 |
| Latvia | LV | 1 969 | 17.3 | 58.8 | 23.9 | | | | 27.2 |
| Liechtenstein | LI | 38 | 4.1 | 95.9 | | | | | 25.8 |
| Lithuania | LT | 2 889 | 2.9 | 38.0 | 59.0 | | | | 30.1 |
| Luxembourg | LU | 576 | 0.0 | 82.9 | 17.1 | | | | 28.1 |
| Malta | MT | 450 | | | 2.5 | 97 | | | 44.7 |
| Monaco | MC | 38 | | | 100 | | | | 36.3 |
| Montenegro | ME | 622 | 0.9 | 12.6 | 8.6 | 11.0 | 59.3 | 7.6 | 54.9 |
| Netherlands | NL | 16 979 | | 55.2 | 44.8 | | | | 29.7 |
| North Macedonia | MK | 2 071 | 0.0 | 1.3 | 2.0 | 1.6 | 29.0 | 66.1 | 93.0 |
| Norway | NO | 5 211 | 53.5 | 40.0 | 6.5 | | | | 19.3 |
| Poland | PL | 37 967 | 0.0 | 2.7 | 24.0 | 25.7 | 46.3 | 1.3 | 49.5 |
| Portugal (excl. Az., Mad.) | PT | 9 839 | 2.6 | 62.4 | 34.3 | 0.6 | 0.1 | | 28.6 |
| Romania | RO | 19 760 | 0.4 | 6.8 | 32.3 | 33.0 | 27.4 | | 43.9 |
| San Marino | SM | 33 | | 4.5 | 63.4 | 32 | | | 39.2 |
| Serbia (incl. Kosovo*) | RS | 8 848 | 0.0 | 3.1 | 6.9 | 8.8 | 47.4 | 33.8 | 66.3 |
| Slovakia | SK | 5 426 | 0.0 | 0.8 | 50.2 | 25.9 | 23.0 | | 43.3 |
| Slovenia | SI | 2 064 | 0.1 | 10.1 | 34.6 | 24.1 | 31.2 | | 43.4 |
| Spain (excl. Canarias) | ES | 44 305 | 3.0 | 37.0 | 45.9 | 12.4 | 1.0 | 0.7 | 32.8 |
| Sweden | SE | 9 851 | 45.2 | 54.8 | 0.0 | | | | 19.6 |
| Switzerland | CH | 8 327 | 8.6 | 59.3 | 31.5 | 0.6 | | | 27.4 |
| Turkey | TR | 78 741 | 1.5 | 10.2 | 8.4 | 6.2 | 14.9 | 58.8 | 73.9 |
| United Kingdom (& dep.) | UK | 65 383 | 9.0 | 80.7 | 10.3 | | | | 27.1 |
| **Total** | | **616 531** | **4.8** | **38.0** | **26.1** | **9.9** | **11.9** | **9.3** | **40.2** |
| | | | **78.8** | | | **21.2** | | | |
| **Total without Turkey** | | **537 790** | **5.3** | **41.8** | **28.5** | **10.4** | **11.5** | **2.5** | **35.7** |
| | | | **86.0** | | | **14.0** | | | |
| **EU-28** | | **505 806** | **4.9** | **42.9** | **29.5** | **10.8** | **10.8** | **1.2** | **34.7** |
| | | | **88.0** | | | | **12.0** | | |
| Kosovo* | KS | 1 772 | 0.0 | 2.3 | 8.0 | 6.0 | 15.7 | 68.0 | 73.9 |
| Serbia (excl. Kosovo*) | RS | 7 076 | 0.0 | 3.3 | 6.7 | 9.5 | 55.1 | 25.4 | 64.4 |

(*) under the UN Security Council Resolution 1244/99

**Odkazy**

[1] Cressie N. (1993). Statistics for spatial data. Wiley series, New York.

[2] Horálek J., Schreiberová M., de Leeuw F., Kurfürst P., de Smet P., Schovánková J. (2018). ETC/ACM Report 2018/8: European air quality maps for 2016. http://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/atni-reports

[3] Znečištění ovzduší na území České republiky 2018, ČHMÚ, Praha. http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/Obsah_CZ.html