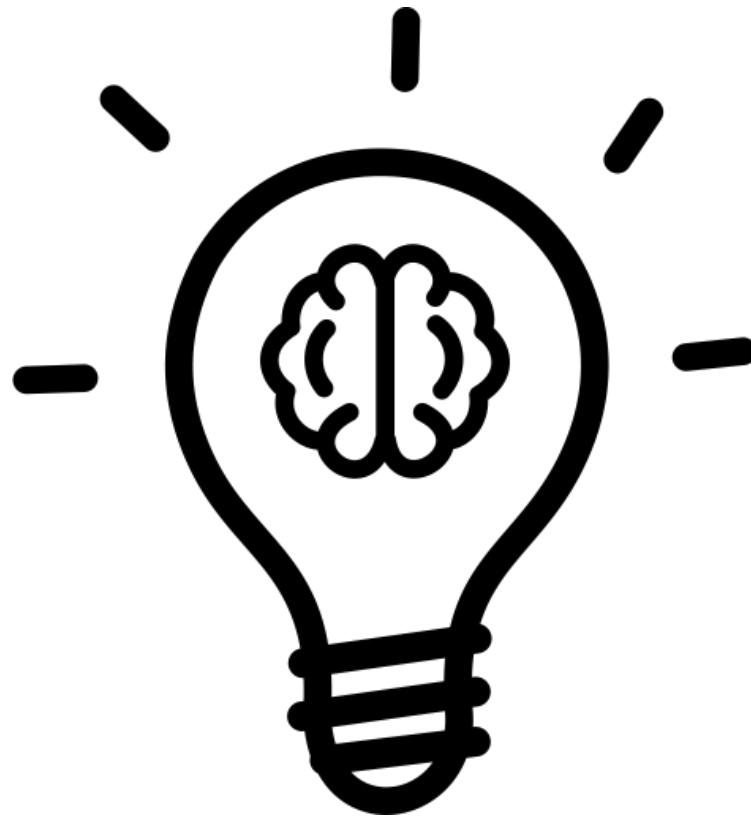


TEORIE



Co ovlivňuje kvalitu ovzduší aneb emise ≠ imise



Emise

Množství znečišťujících látek vylučovaných
konkrétním zdrojem – výfuk, komín apod.



Imise

Množství znečišťujících látek naměřené v ovzduší, dané
kombinací všech zdrojů a faktorů ovlivňujících
kvalitu ovzduší v daném místě a čase.

Hodnotit kvalitu ovzduší a vliv nouzového stavu na ní není jednoduché. Do hry vstupuje **řada dalších faktorů**, které působí současně a je tedy složité stanovit vliv jednoho konkrétního z nich.

Co ovlivňuje kvalitu ovzduší aneb emise ≠ imise

EMISE

Hlavní zdroje znečišťujících látek v ovzduší v České republice



59 % lokální vytápění domácností



9 % polní práce



7 % doprava



34 % doprava



26 % veřejná energetika a výroba tepla



8 % lokální vytápění domácností

Co ovlivňuje kvalitu ovzduší aneb emise \neq imise

METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY

- Teplota vzduchu
- Teplotní zvrstvení atmosféry
- Rychlost a směr větru
- Srážky
- Vlhkost vzduchu
- Sluneční záření



Co ovlivňuje kvalitu ovzduší

aneb emise \neq imise

Kvalitu ovzduší ovlivňují emise a to jak emise z **přírodních zdrojů** (lesní požáry, eroze půdy apod.), tak **zdrojů antropogenních** (vytápění, doprava, průmysl). Na aktuální stav má samozřejmě kromě **meteorologických podmínek** také vliv **výchozí stav znečištění** a v neposlední řadě **sekundární reakce znečišťujících látek v atmosféře**.

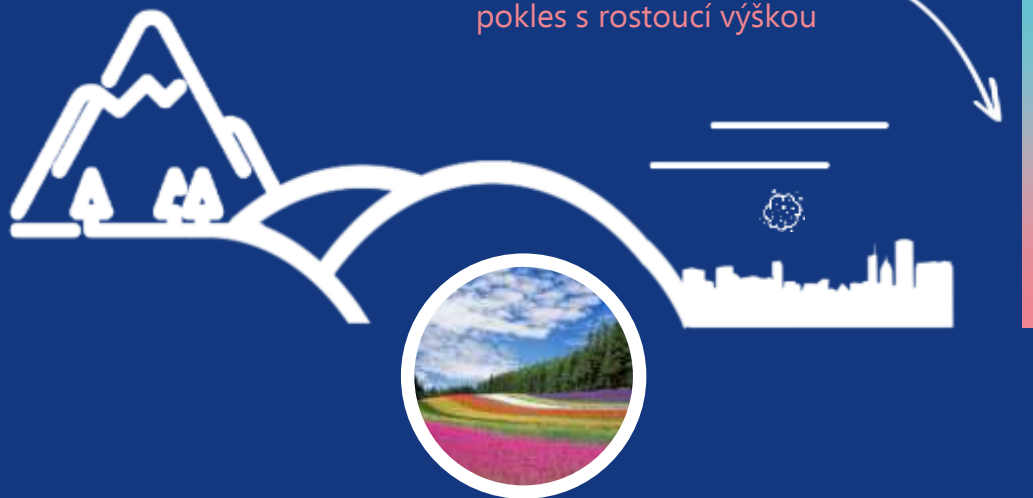


Přízemní teplotní inverze a kvalita ovzduší



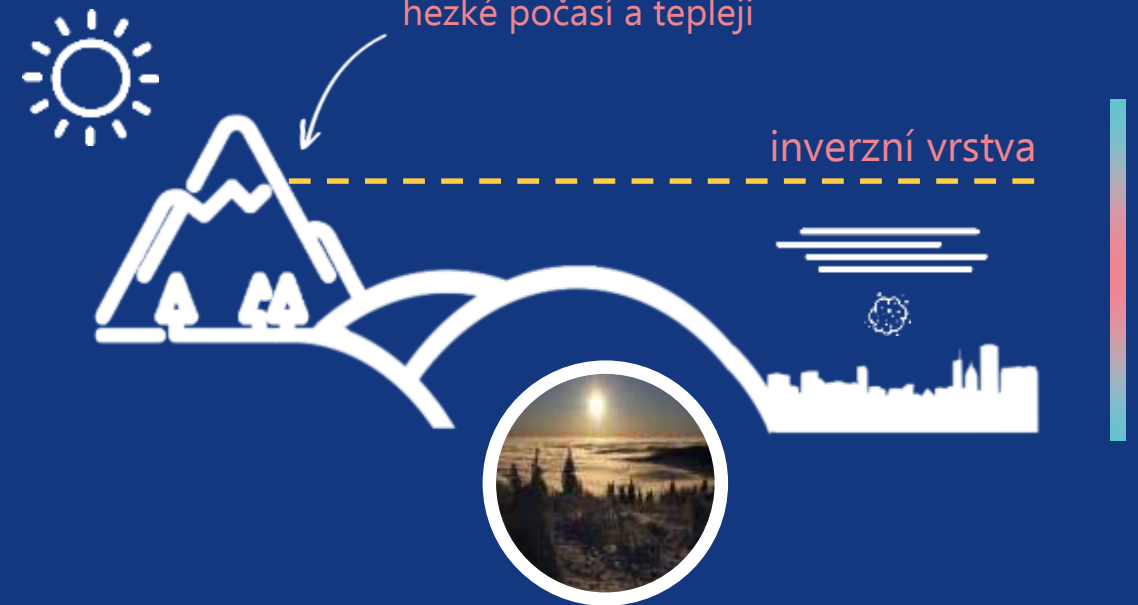
Typický stav

teplotní gradient ukazuje vyšší
teploty v nížinách a jejich
pokles s rostoucí výškou



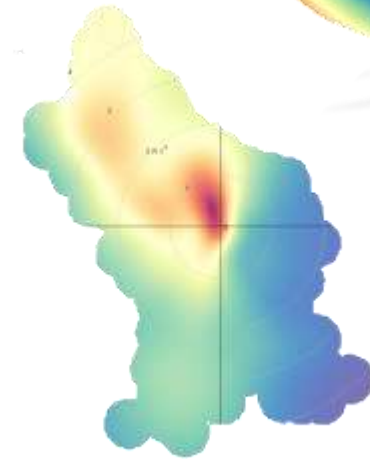
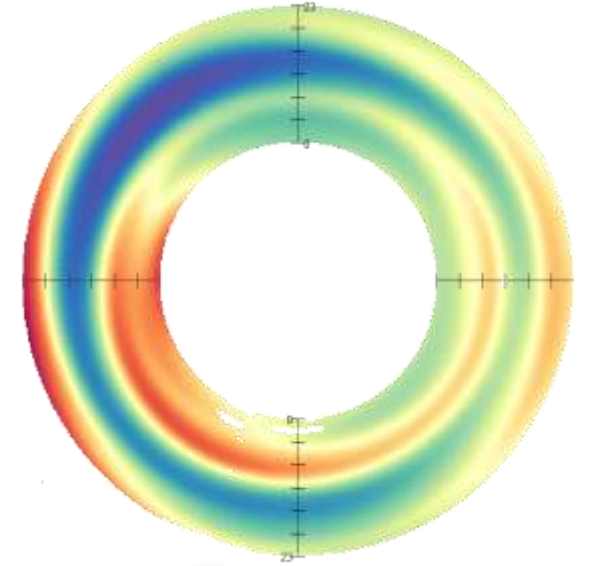
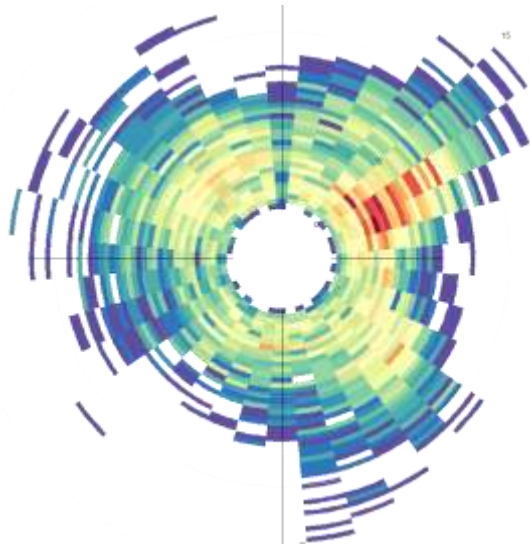
Inverzní stav

ve vyšších polohách je
hezké počasí a tepleji





HODNOCENÍ





Pandemie koronaviru v ČR



11. 3. 2020
uzavření škol

16. 3. 2020
uzavření
hranic

17. 5. 2020
odvolání
nouzového stavu



5. 10. 2020, 00:00
vyhlášen
nouzový stav

11. 4. 2021
odvolání
nouzového stavu



12. 3. 2020, 14:00
vyhlášen
nouzový stav

19. 3. 2020
povinné
roušky



1. 3. 2021
zákaz
cestování
mimo okresy



ZDROJE DAT

Český
hydrometeorologický
ústav

Kvalita ovzduší

Data z automatických stanic Státní sítě imisního monitoringu, provozované ČHMÚ a Magistrátem města Brna. Satelitní snímky evropské družice Sentinel-5P.

Doprava

Snímače intenzity dopravy v Brně ve správě Brněnských komunikací a.s.

Mobilita

Data o mobilitě byla získána analýzou souhrnů mobility na základě anonymizovaných dat uživatelů operačních systémů Google Android, Apple iOS a aplikace Waze a dále na základě geolokačních informací na základě pohybu SIM karet.





Začátek roku 2020 byl teplotně výrazně nadprůměrný a nadprůměrný byl i srážkový úhrn. Obzvláště v únoru pak byly velmi nadprůměrné i rychlosti větru.

Přesně v době vyhlášení nouzového stavu došlo k výraznému ochlazení a místy bylo koncem března naměřeno i kolem $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Navíc bylo dlouhé bezsrážkové období.

Obecně tedy můžeme říci, že byly první dva měsíce roku 2020 meteorologické podmínky velmi příznivé pro kvalitu ovzduší. Naopak v době kolem vyhlášení stavu (zcela nezávisle na něm) došlo ke zhoršení rozptylových podmínek a zároveň výraznému ochlazení vyžadujícím intenzivní vytápění.

Výše uvedená skutečnost může zamaskovat snížení emisí v době nouzového stavu. Zároveň je třeba zmínit, že se koncentrace znečišťujících látek (s výjimkou přízemního ozonu) na jaře postupně snižují a nejvyšších hodnot je dosahováno v chladnou část roku.

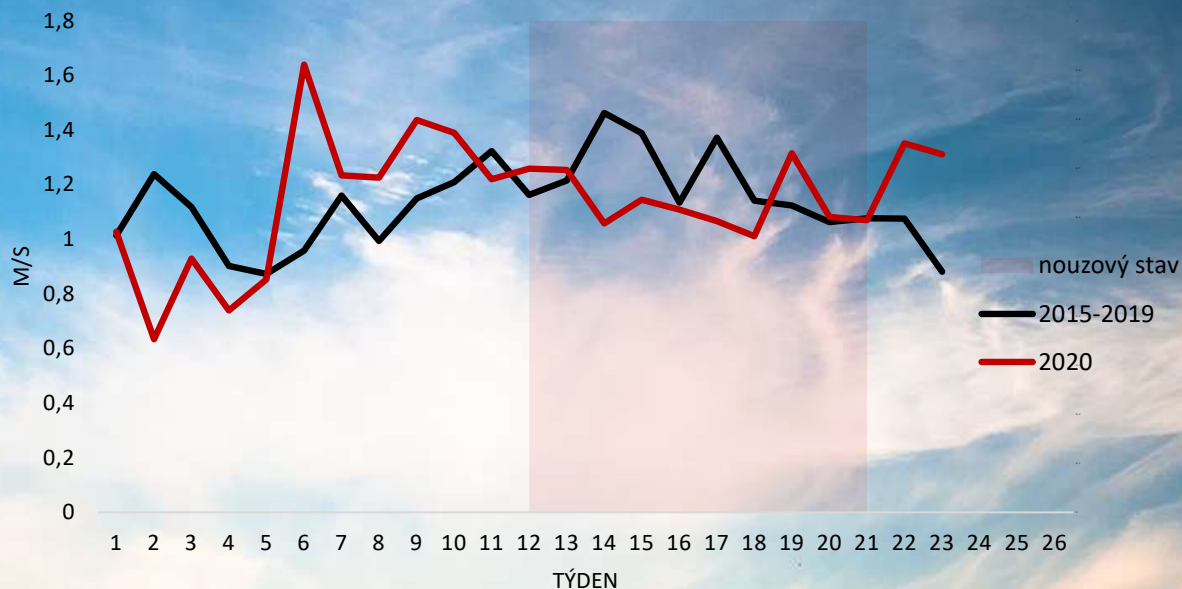


Začátek roku 2020 byl teplotně výrazně nadprůměrný a nadprůměrný byl i srážkový úhrn. Obzvláště v únoru pak byly velmi nadprůměrné i rychlosti větru.

Přesně v době vyhlášení nouzového stavu došlo k výraznému ochlazení a místy bylo koncem března naměřeno i kolem $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Navíc bylo dlouhé bezsrážkové období.

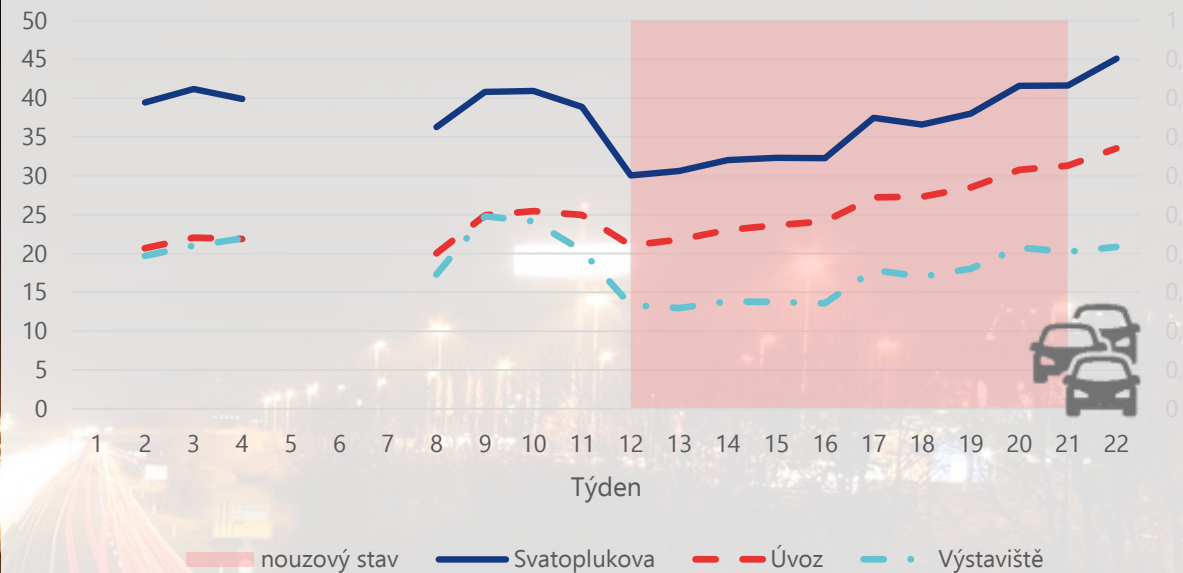
Obecně tedy můžeme říci, že byly první dva měsíce roku 2020 meteorologické podmínky velmi příznivé pro kvalitu ovzduší. Naopak v době kolem vyhlášení stavu (zcela nezávisle na něm) došlo ke zhoršení rozptylových podmínek a zároveň výraznému ochlazení vyžadujícím intenzivní vytápění.

Výše uvedená skutečnost může zamaskovat snížení emisí v době nouzového stavu. Zároveň je třeba zmínit, že se koncentrace znečišťujících látek (s výjimkou přízemního ozonu) na jaře postupně snižují a nejvyšších hodnot je dosahováno v chladnou část roku.

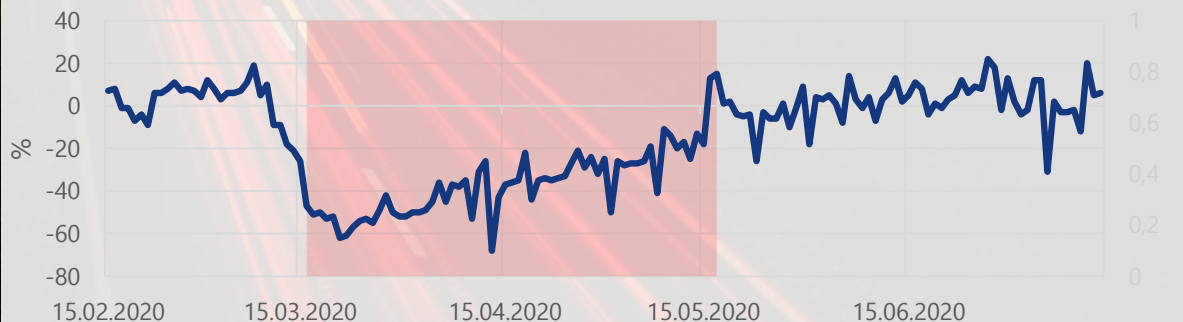


INTENZITA A

Následující graf ukazuje průměrnou intenzitu dopravy naměřenou senzory v blízkosti hodnocených stanic imisního monitoringu v první části roku 2020.



Níže uvedený graf pak ukazuje mobilitu obyvatelstva vyjádřenou jako poměr k dlouhodobému normálu (založeno na anonymních datech uživatelů OS Google Android).

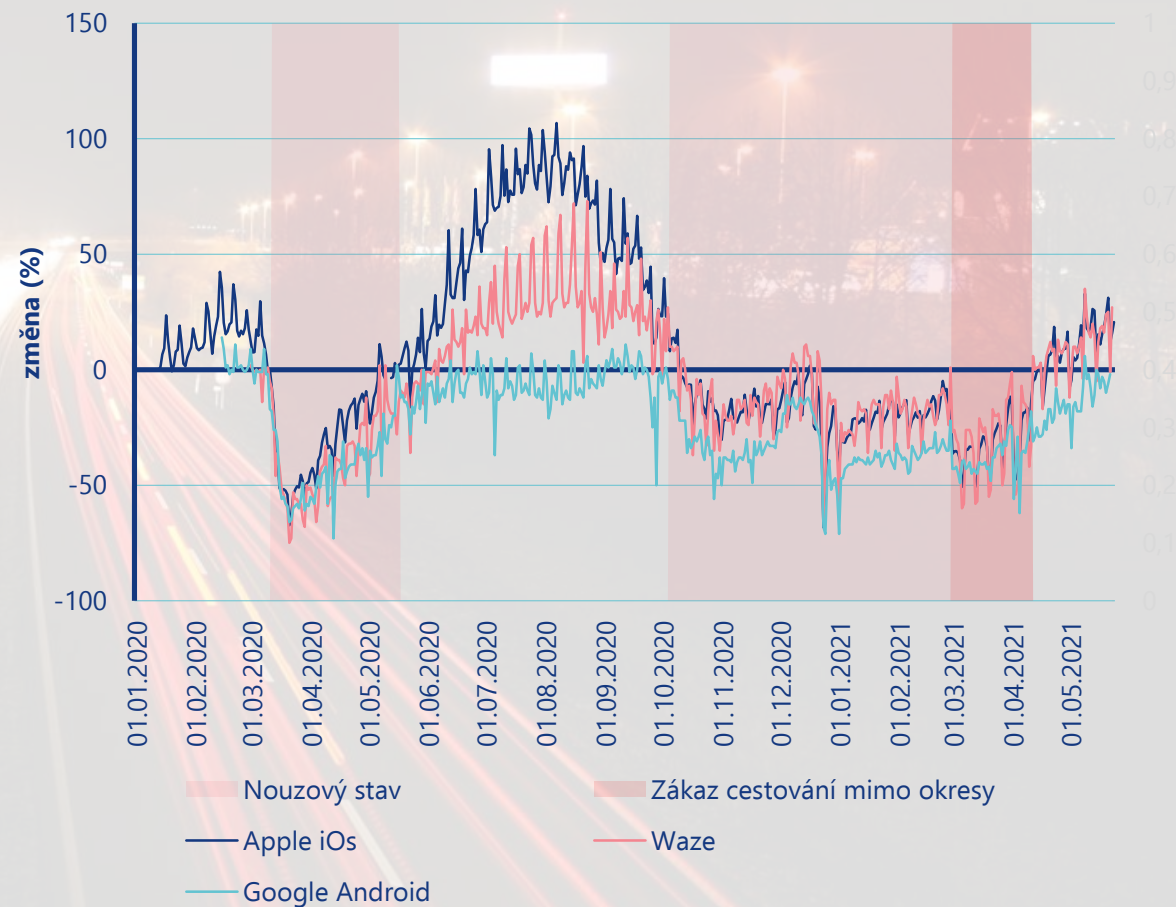




INTENZITA A

Vývoj mobility obyvatelstva v České republice od začátku roku 2020 do druhé poloviny května 2021. Vyjádřeno v procentech změny oproti dlouhodobému průměru.

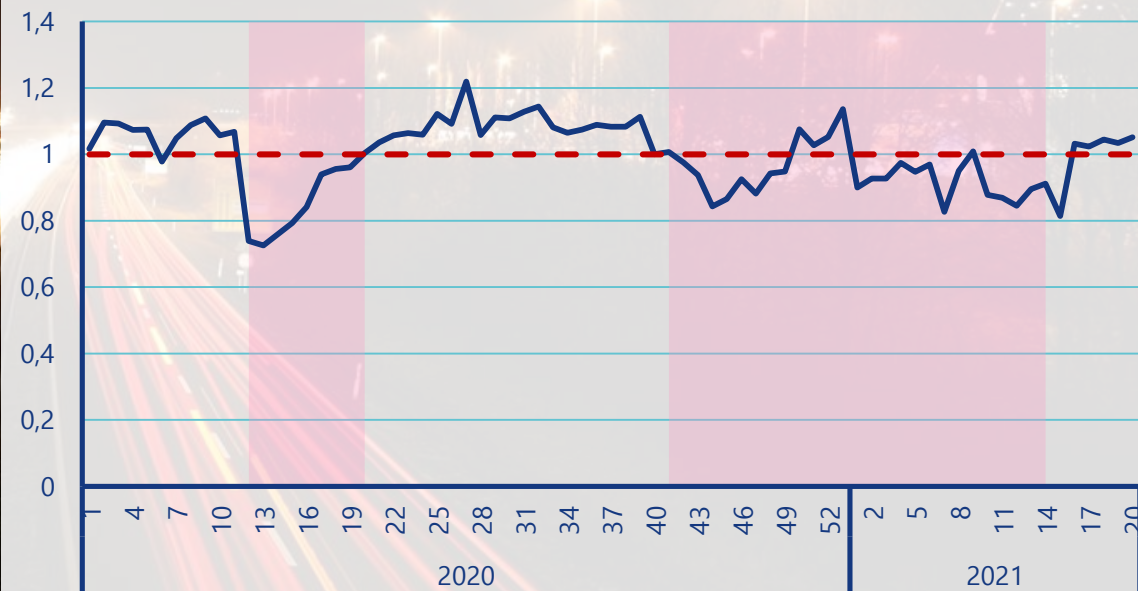
Zdroj: Google Mobility Reports, Apple Mobility Report, Waze.





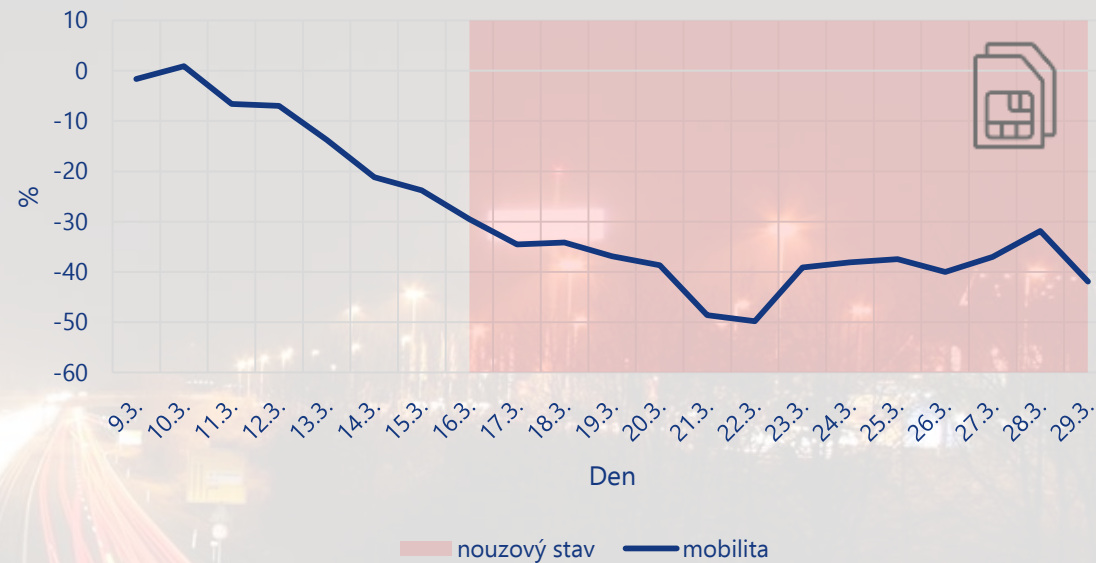
INTENZITA A

Poměr počtu vozidel v jednotlivé týdny oproti dlouhodobému průměru 2016-2019 ze sčítače vozidel v lokalitě Ústí nad Labem – Všebořická. Růžově je vyznačena doba nouzového stavu, červená přerušovaná linka značí poměr jedna.



INTENZITA A

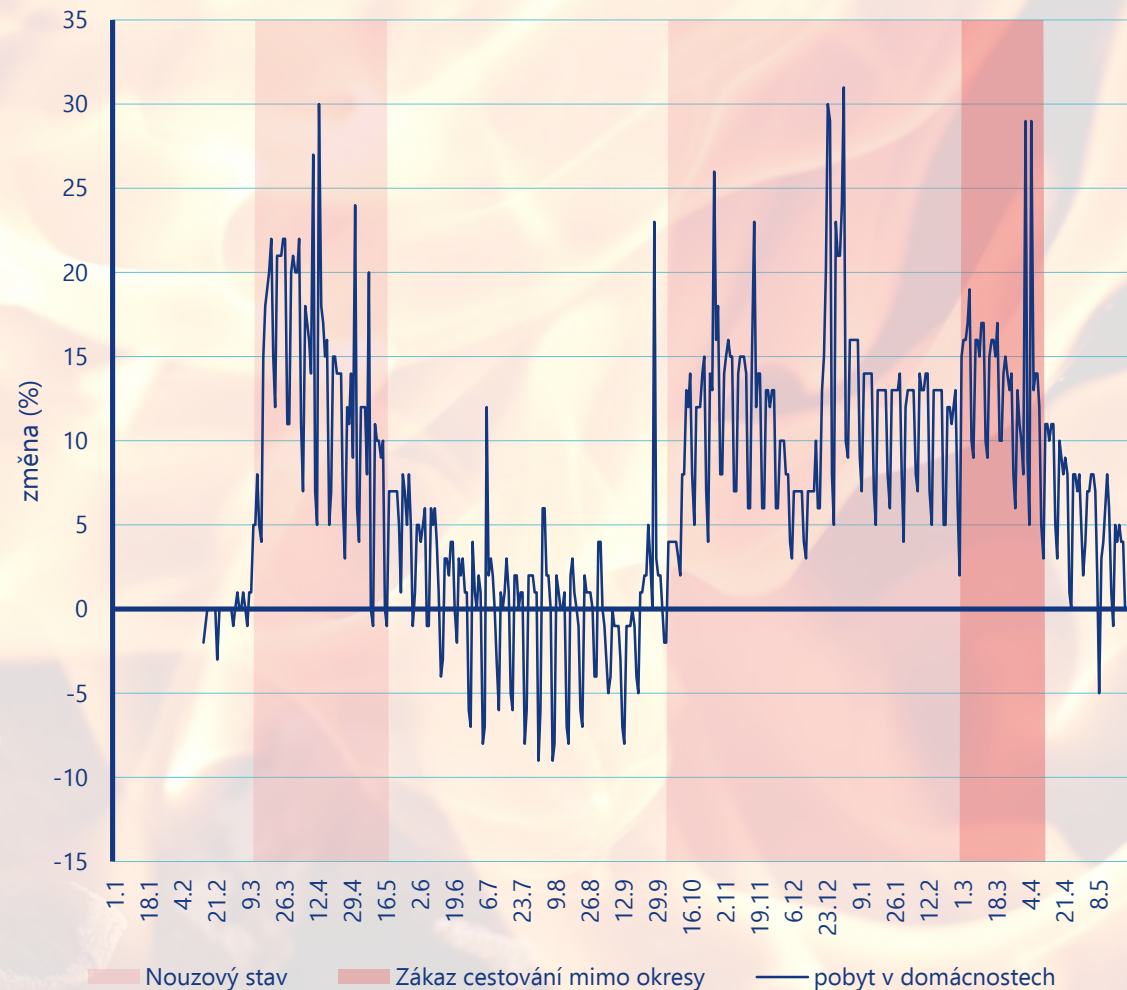
Jak vypadal pokles mobility na základě geolokačních údajů ze SIM karet v Brně v březnu 2020?





POBYT V DOMÁCNOSTI

Změnila se doba, kterou lidé trávili během nouzového stavu v domácnostech a teoreticky tedy i zvýšila nutnost vytápět? I toto můžeme vyčíst z anonymizovaných dat uživatelů OS Google Android za období 1/2020 až 5/2021.



2020

- **teplotně silně nadnormální** (+1,2 °C oproti normálu 1981–2010)
- **srážkově nadnormální** (111 % normálu 1981–2010)
- **průměrné rozptylové podmínky** (ve srovnání s průměrem 2009–2019)



Kvalita ovzduší v roce 2020

Rok 2020 přinesl nejčistší ovzduší v historii Česka. Přispěl k tomu i nouzový stav


 Anna Dohnalová
22. 3. 2021 18:57

V roce 2020 nebyla vyhlášena ani jednou smogová situace. Hlavně díky počasí

5.1.2021 13:23 | BRNO (ČTK)

Češi loni dýchali čistší vzduch

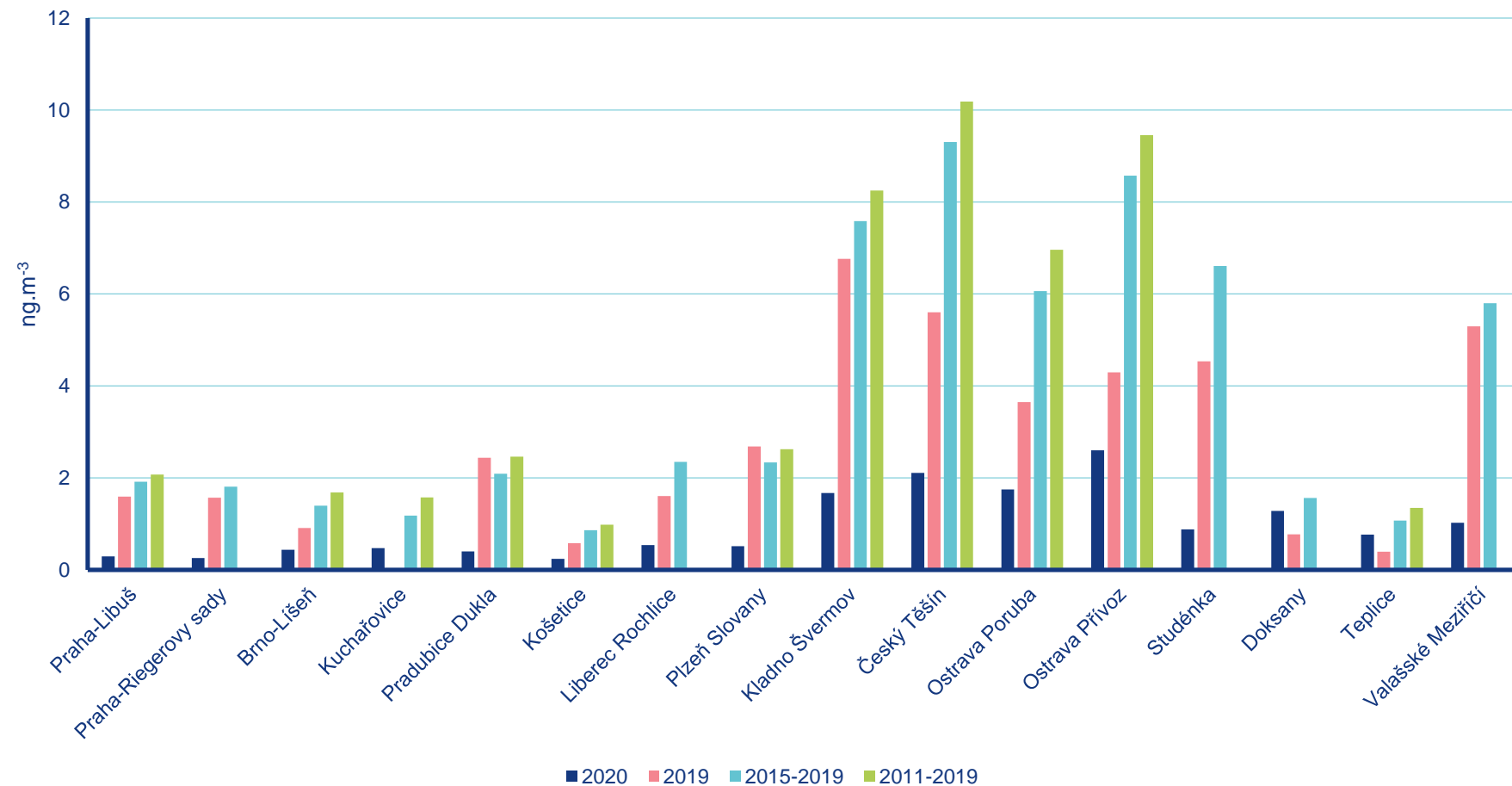
25. 1. 2021, 4:15 – Tomáš Volf, Právo



Kvalita ovzduší byla v roce 2020 výrazně lepší.
Vše přináší předběžné hodnocení uplynulého roku.

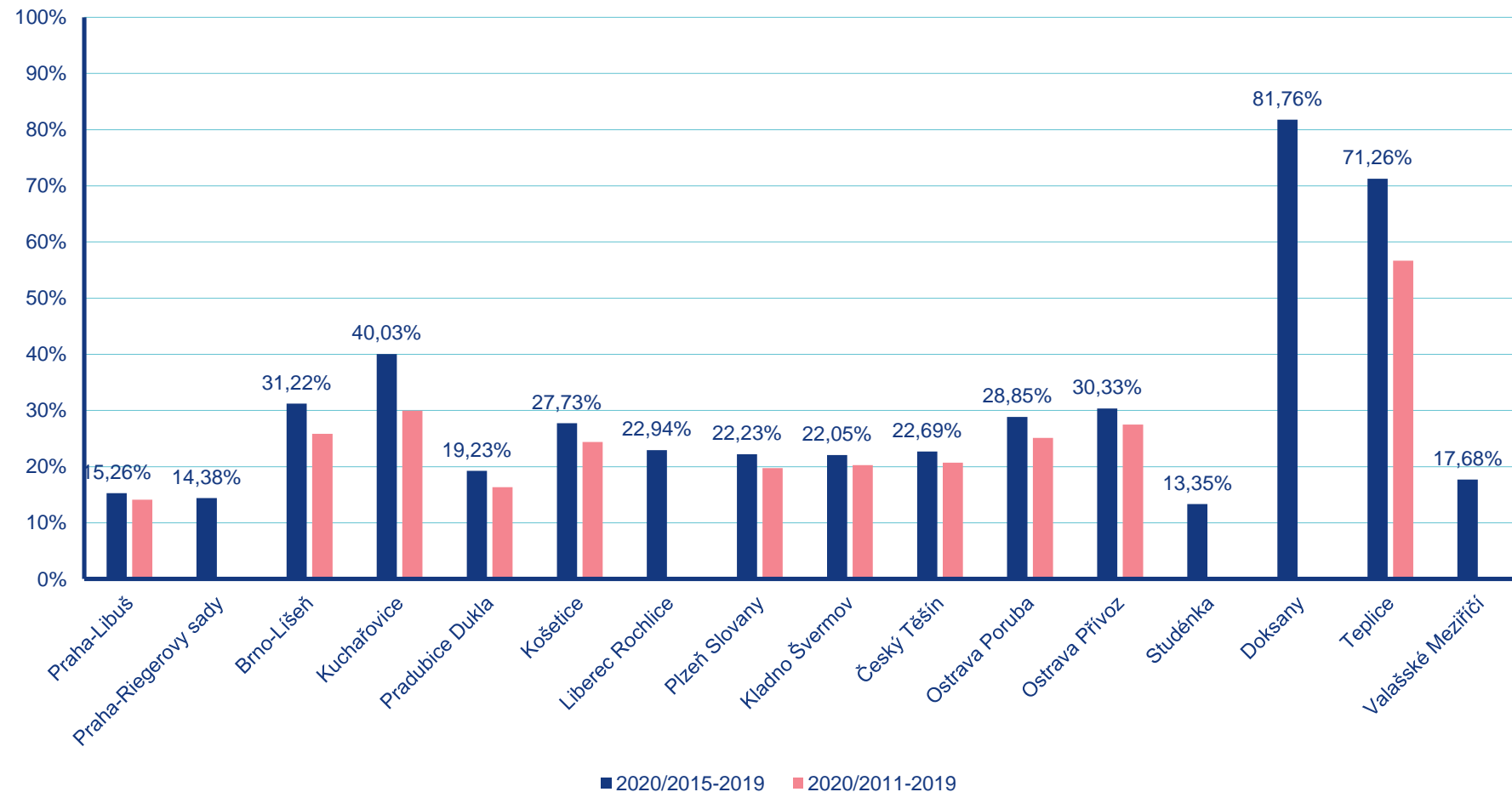
Koncentrace benzo[*a*]pyrenu únor 2020

Průměrné koncentrace BaP v únoru daného období na vybraných stanicích imisního monitoringu.



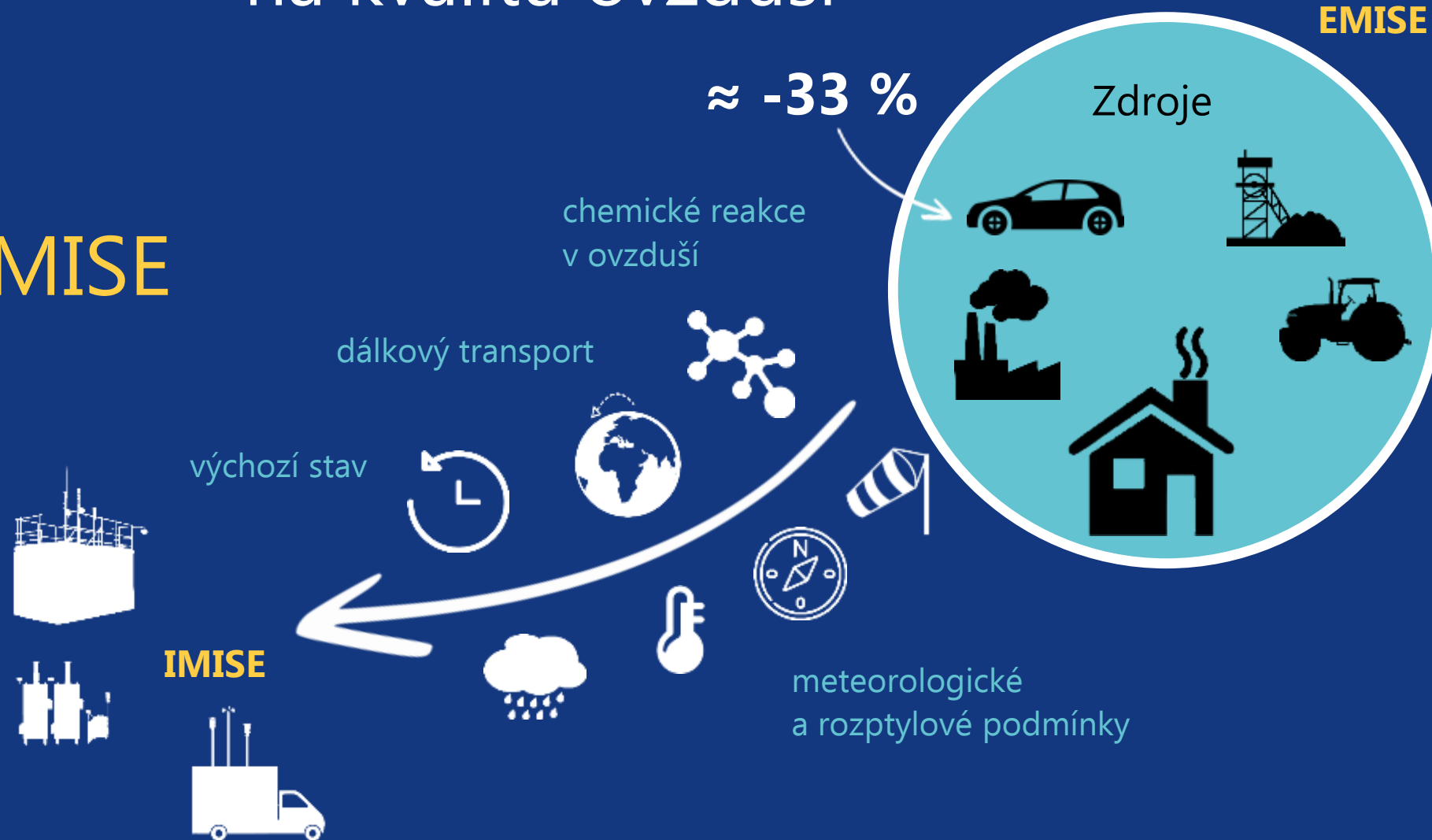
Koncentrace benzo[*a*]pyrenu únor 2020

Poměr průměrné
únorové koncentrace
BaP v roce 2020 oproti
průměru 2015—2019
a 2011—2019.



Vliv nouzového stavu na kvalitu ovzduší

EMISE ≠ IMISE



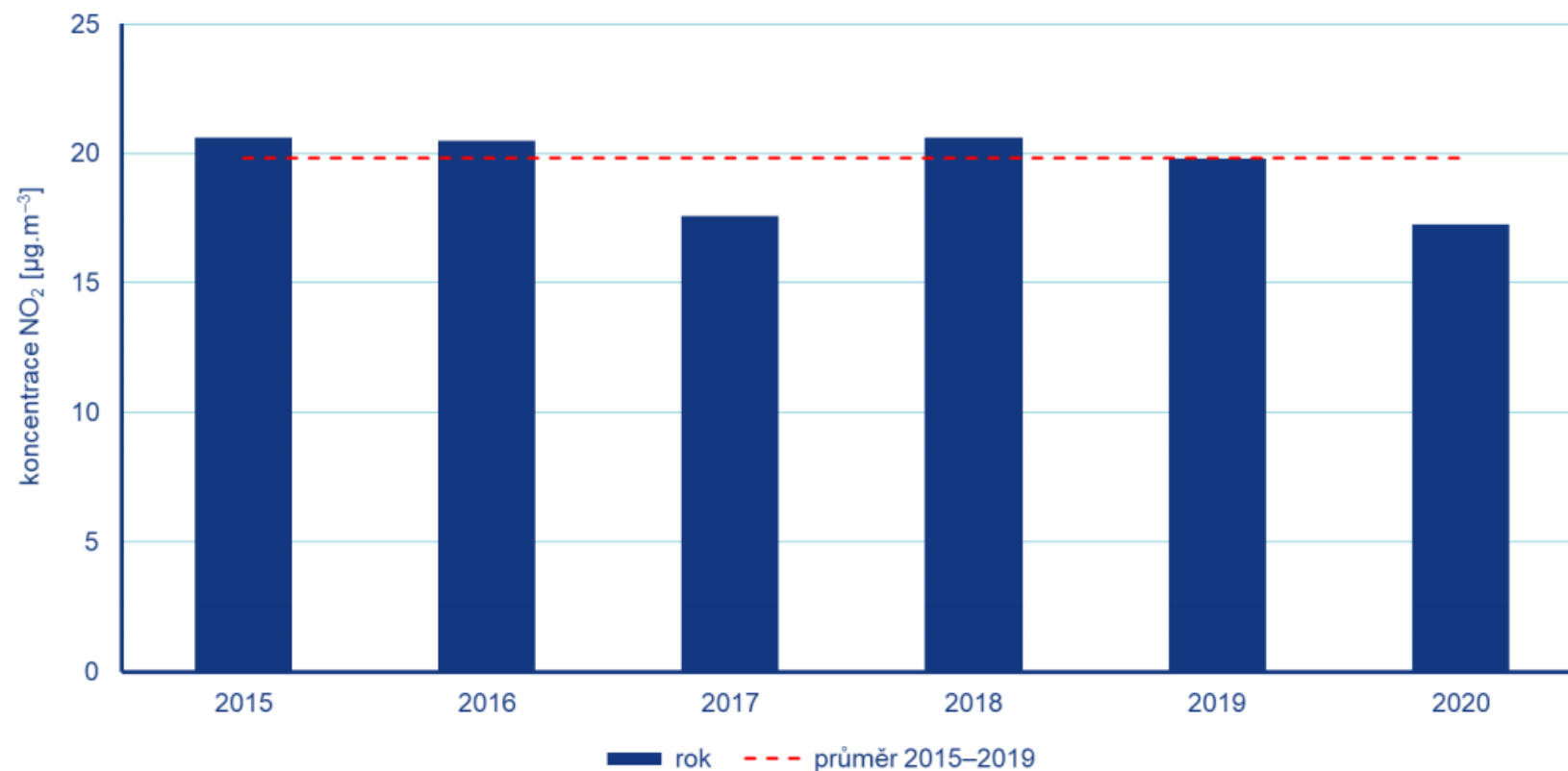


16. 3. až 19. 4. 2020

Oxid dusičitý NO₂

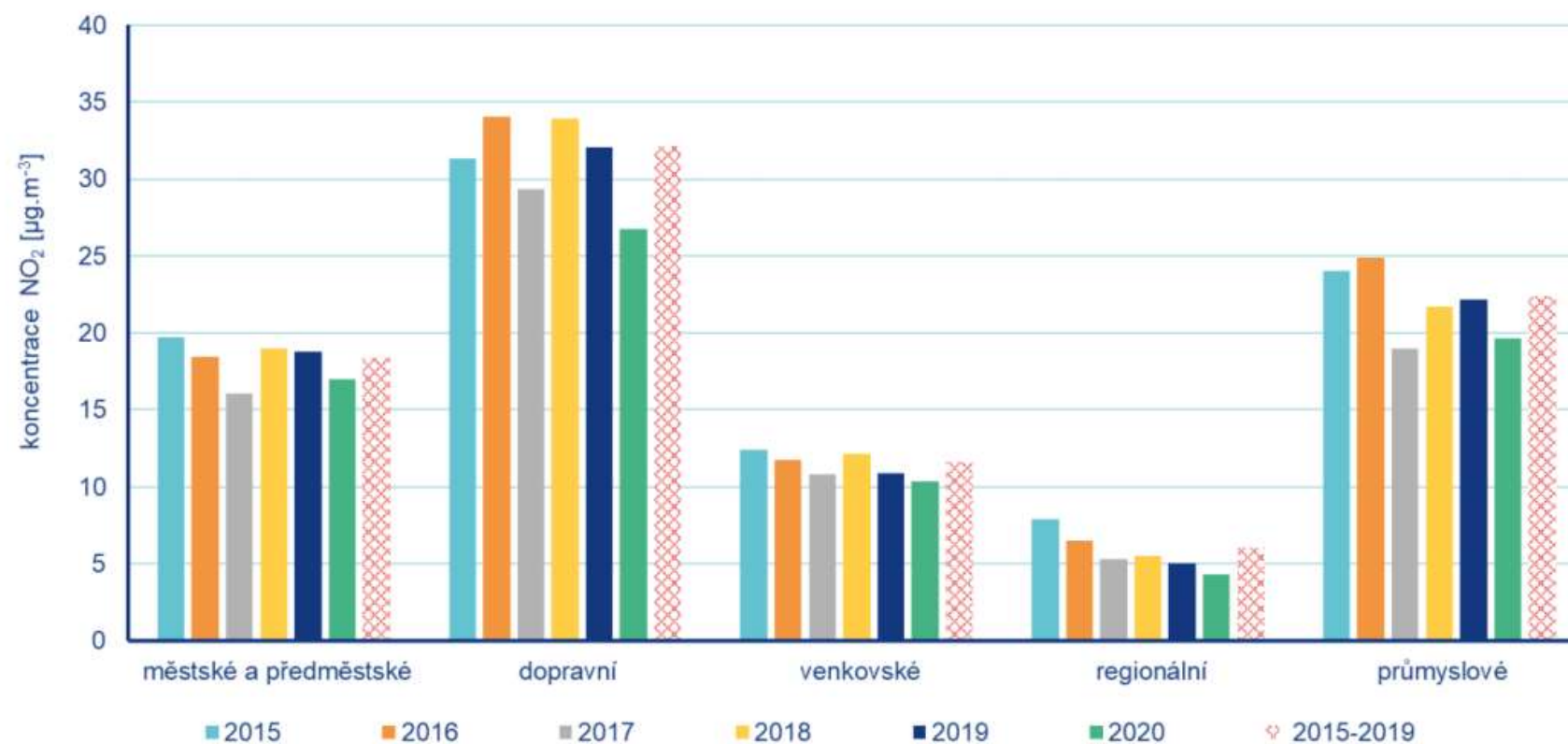
Průměrné koncentrace oxidu dusičitého vypočítané ze všech dostupných stanic v hodnoceném období, byly v roce 2020 nejnižší za hodnocené období 2015 až 2020.

Průměrná koncentrace v roce 2020 je o přibližně 13 % nižší, než je hodnota pětiletého průměru.



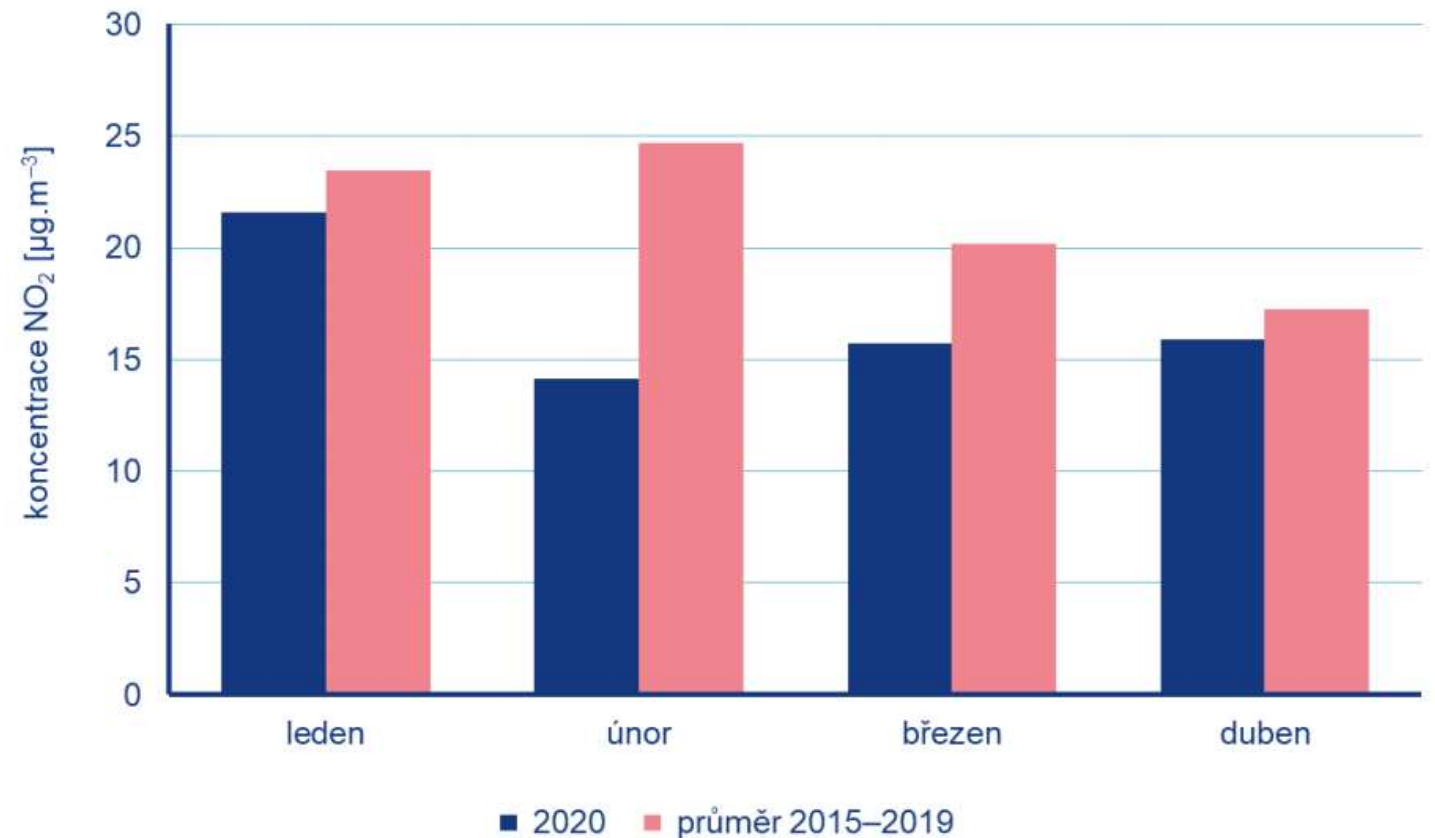
Oxid dusičitý NO₂

V absolutních číslech došlo k největšímu poklesu na dopravních stanicích. Procentuálně byl pokles ve srovnání s pětiletým průměrem nejnižší na stanicích regionálních (30 %) a dopravních (17 %).



Oxid dusičitý NO₂

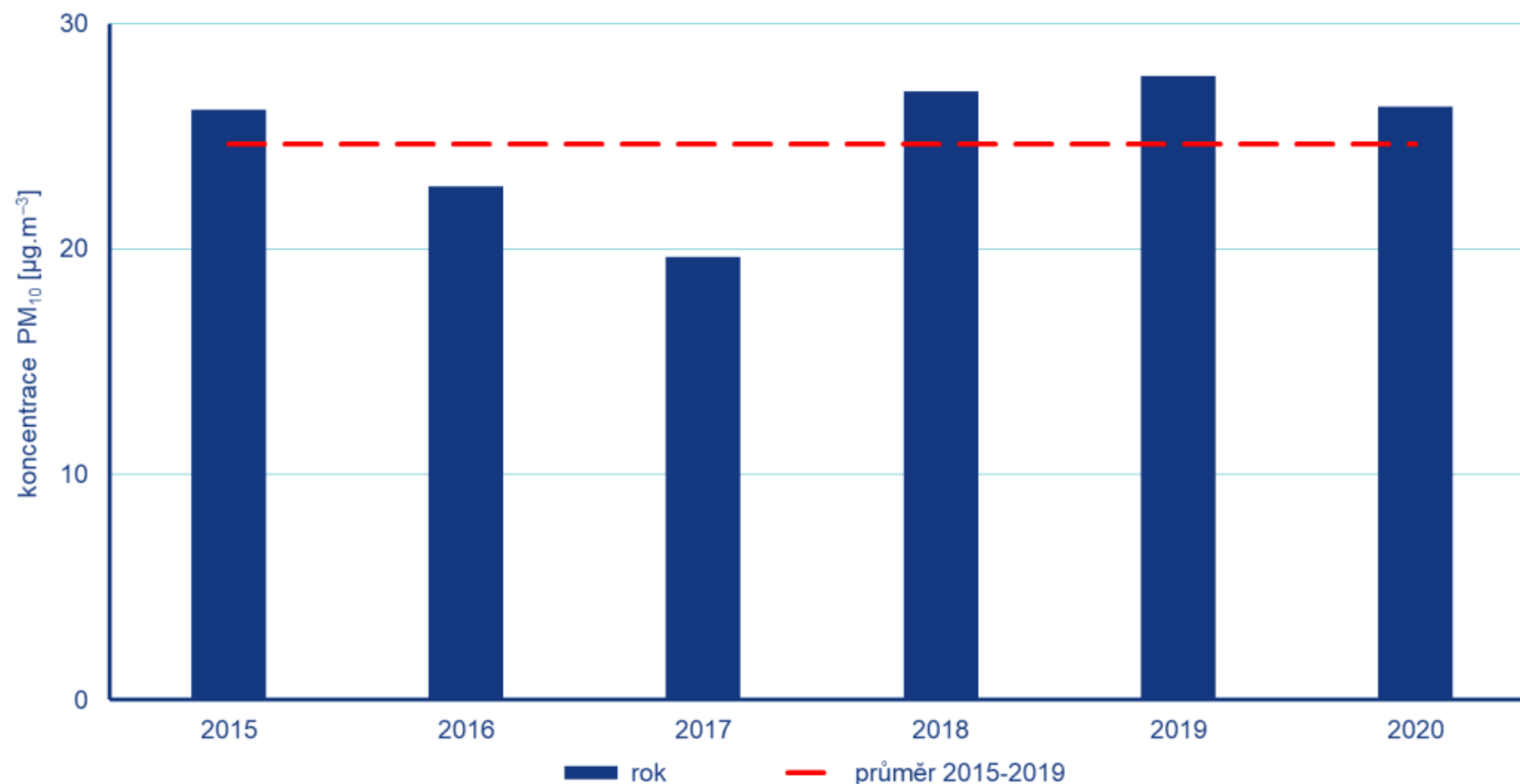
Měsíční průměrné
koncentrace NO₂ v roce
2020 ve srovnání
s průměrem 2015–2019.



Suspendované částice PM₁₀

Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ vypočítané ze všech dostupných stanic v hodnoceném období.

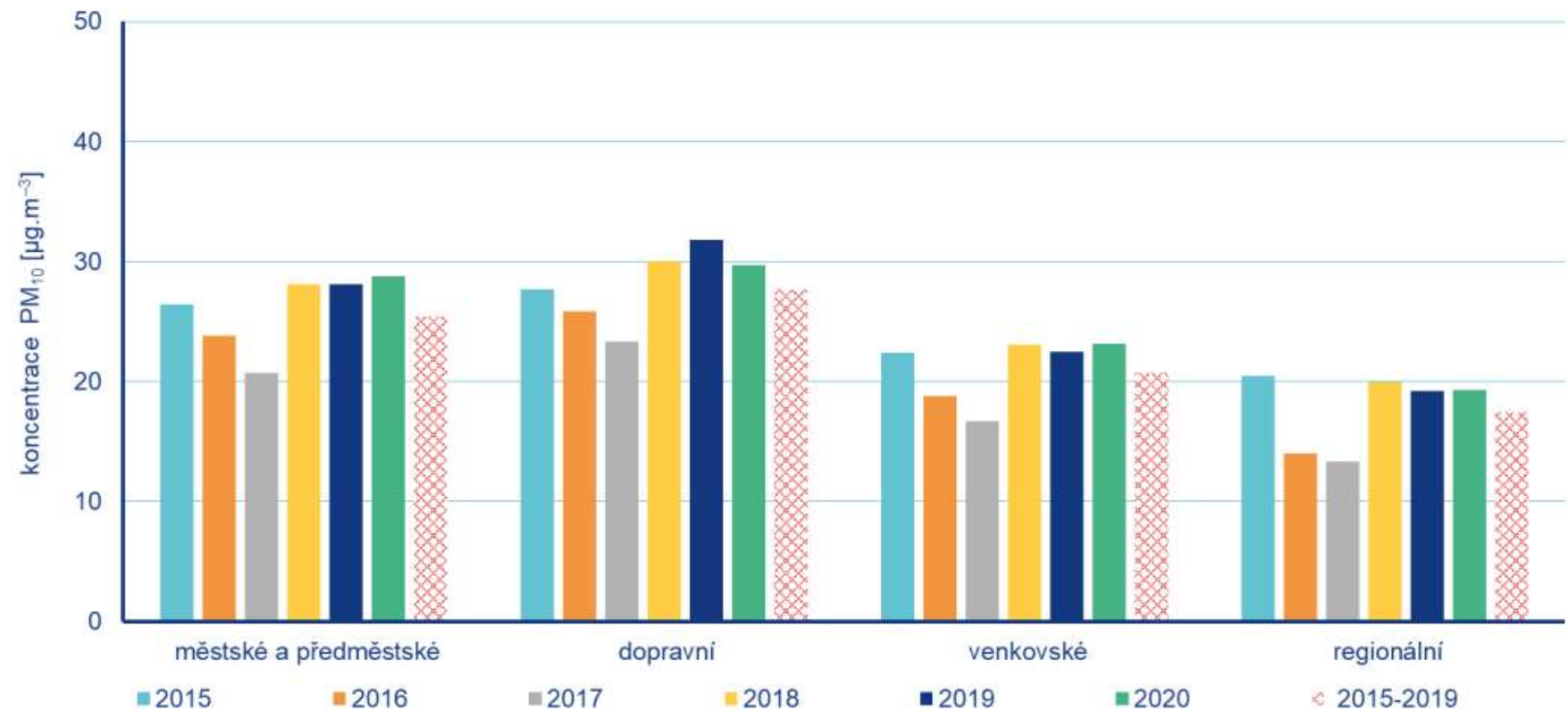
Průměrná koncentrace v roce 2020 je o přibližně 7 % vyšší, než je hodnota pětiletého průměru. Rozptylové podmínky byly v daném období srovnatelné s pětiletým průměrem.



Suspendované částice PM₁₀

Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ vypočítané ze všech dostupných stanic v hodnoceném období.

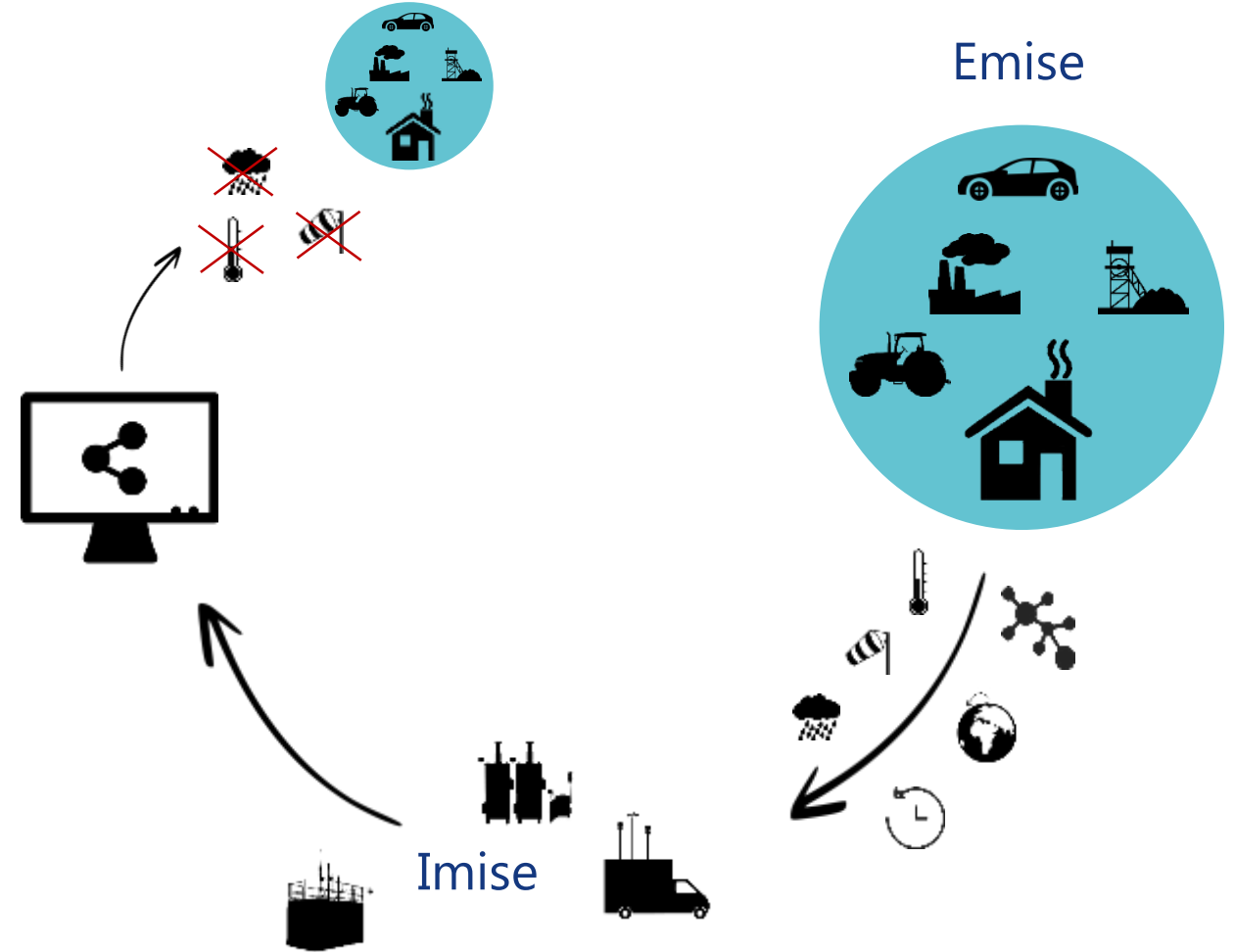
Na městských a předměstských a venkovských stanicích byly koncentrace PM₁₀ nejvyšší od roku 2015.



Lze oddělit vliv meteorologických podmínek?

Existují různé metodiky, které si kladou za cíl kvantifikovat podíl vlivu meteorologických podmínek na kvalitě ovzduší.

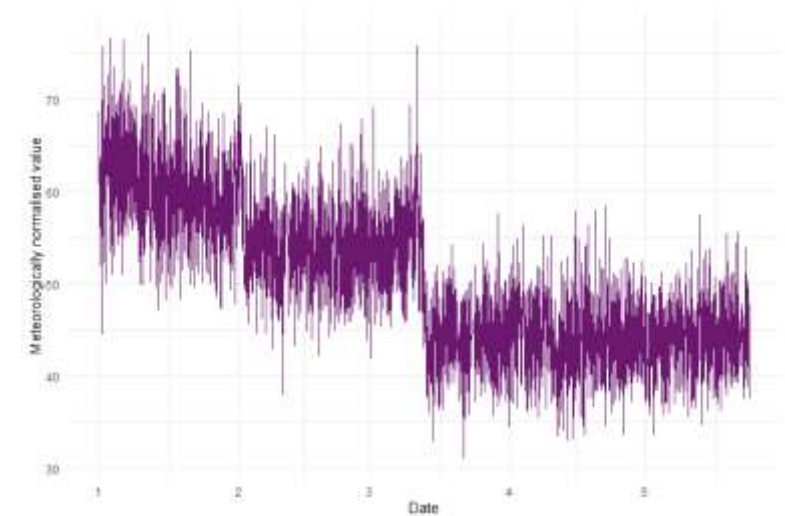
Tyto metodiky jsou založeny na různých matematických metodách.



Lze oddělit vliv meteorologických podmínek?

Jednou z možností je například využití hluboké neuronové sítě založené na metodice tzv. náhodného lesa (random forest), založené na kombinované učící metodě pro klasifikaci a regresi.

Tato metoda vyžaduje dlouhodobou řadu meteorologických pozorování a vyžaduje přesné nastavení řady parametrů, které lze definovat takřka výhradně metodou pokus-omyl.



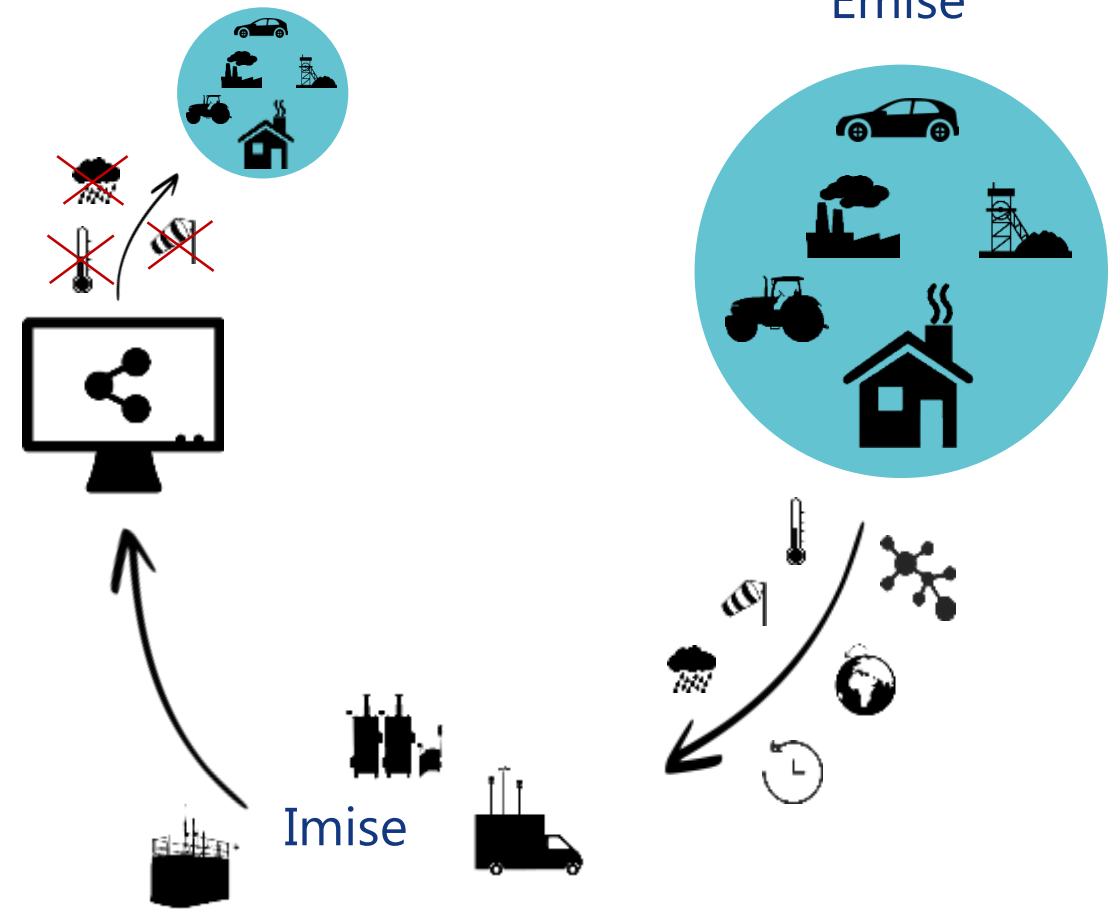
Random-forest model, Brno-Výstaviště, NO₂

Lze oddělit vliv meteorologických podmínek?

Existuje jednodušší metoda?

Pokud očekáváme snížení emisí z dopravy, pak je možné srovnat dvě stanice, které jsou dostatečně blízko na to, abychom mohli předpokládat, že meteorologické podmínky ovlivňují kvalitu ovzduší na obou lokalitách shodně.

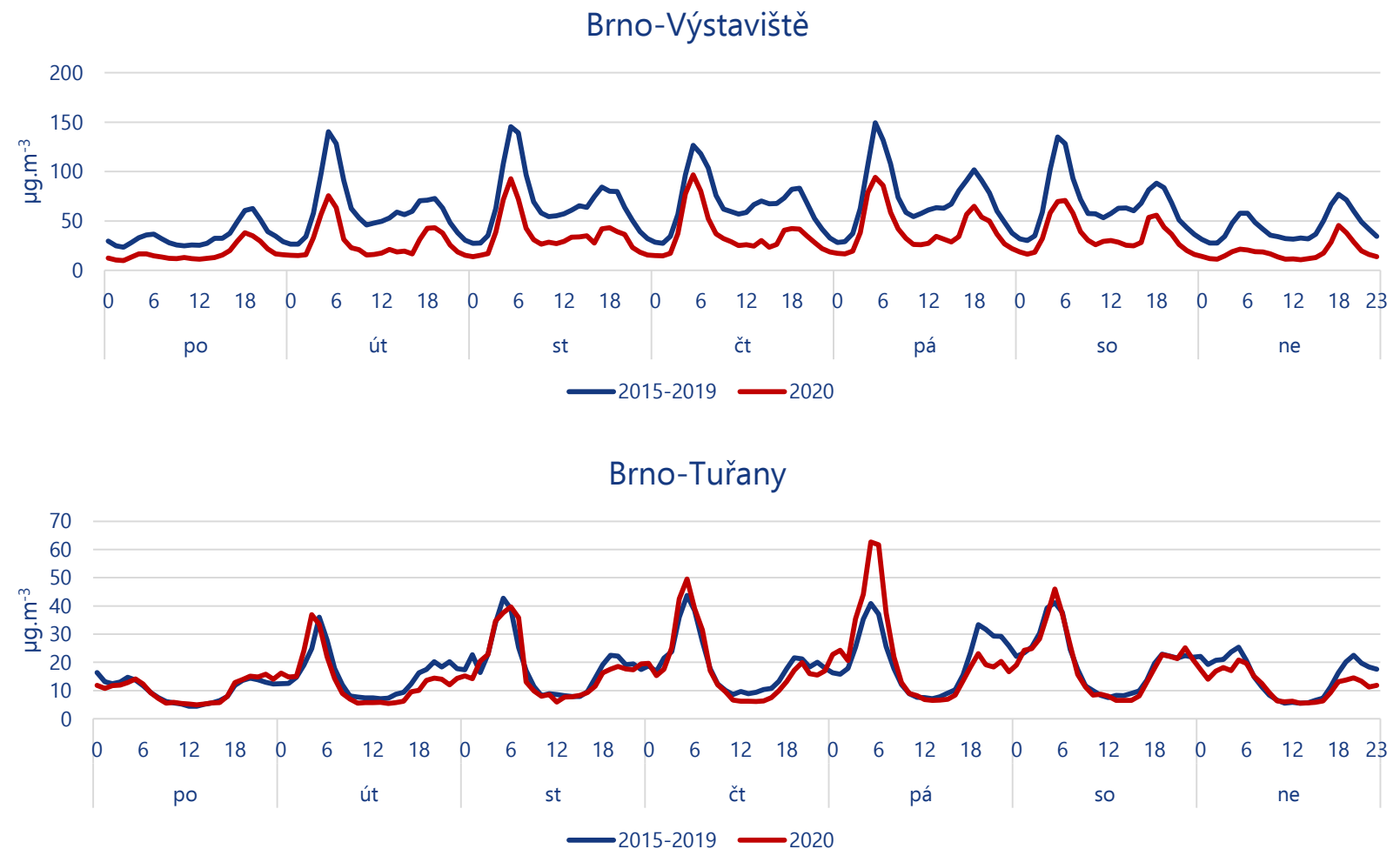
Následně je možné srovnat, zda se liší poměr koncentrace naměřené během nouzového stavu s dlouhodobým průměrem na obou stanicích, či zda se liší poměr mezi průměrnými koncentracemi z obou stanic od poměru dlouhodobého.



Case study

Týdenní chod koncentrací NO_x na dvou stanicích, a to dopravní Brno-Výstaviště a pozadové předměstské Brno-Tuřany.

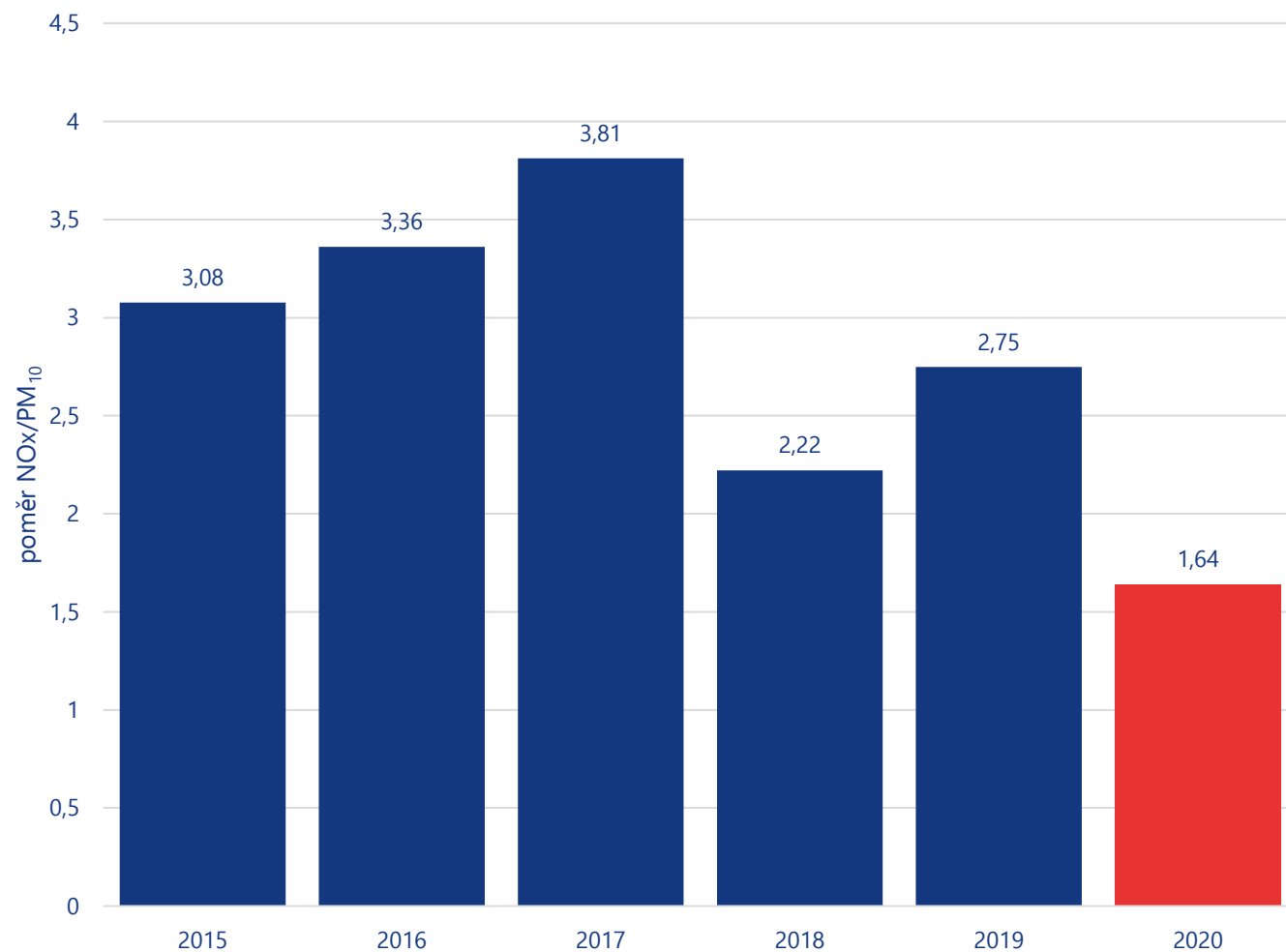
Obě stanice jsou od sebe vzdáleny vzdušnou čarou méně než 10 km. Zatímco na předměstské pozadové stanici byly koncentrace téměř shodné s pětiletým průměrem, na stanici Brno-Výstaviště byly v roce 2020 výrazněji podprůměrné.



Case study

Další z možností je srovnat poměr $\text{NO}_x/\text{PM}_{10}$ v rámci jedné stanice. Grafy vpravo ukazují průměrný poměr na dopravní stanici Brno-Výstaviště v hodnocené části roku v jednotlivé roky.

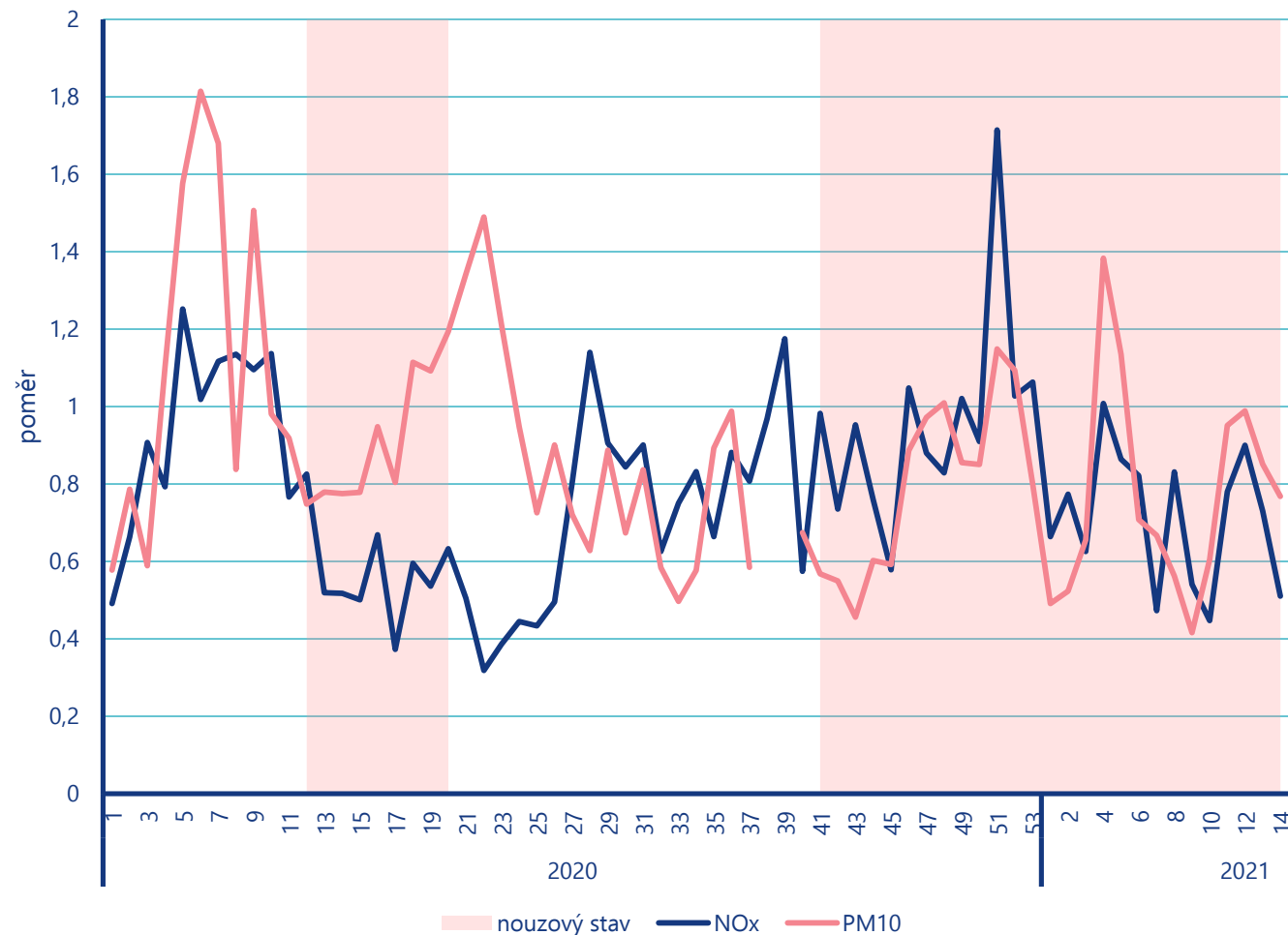
Z grafu je patrné, že v roce 2020 byly hodnoty NO_x nebývale nízké ve srovnání s koncentracemi PM_{10} .



Case study

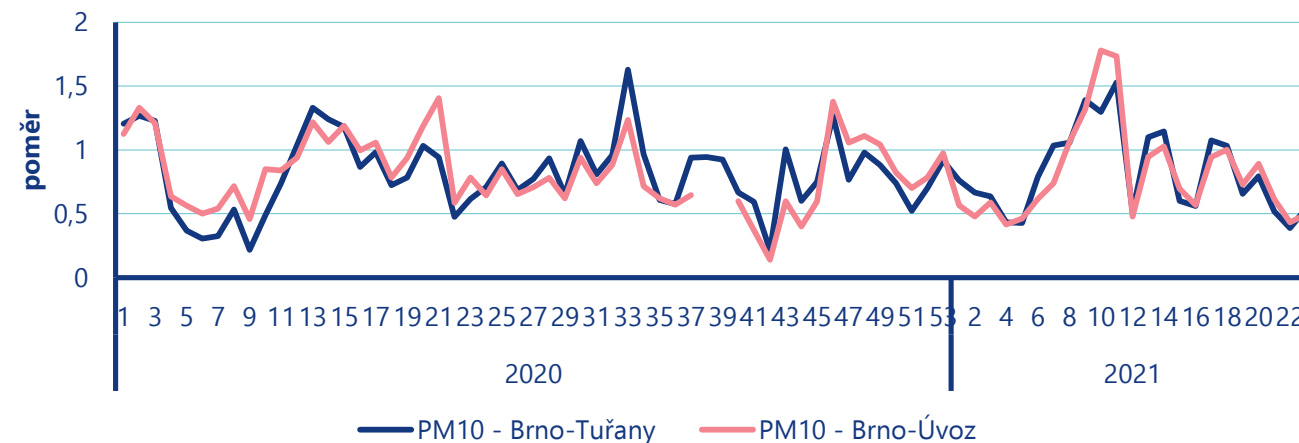
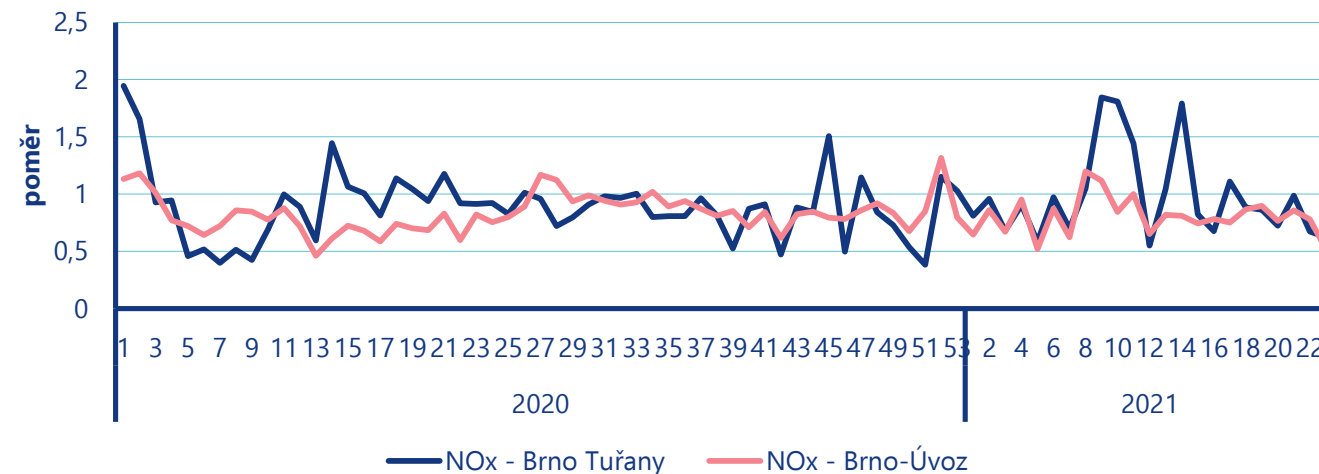
Srovnání dvou blízkých stanic –
dopravní Brno-Úvoz (hot spot)
a předměstské pozadové
Brno-Tuřany.

Nejprve byl vypočítán průměrný
poměr mezi koncentracemi NO_x
a PM_{10} u obou stanic (poměr
 NO_x Úvoz / NO_x Tuřany
a PM_{10} Úvoz / PM_{10} Tuřany) pro
jednotlivé týdny v roce za období
2016-2019. Následně byl tento
čtyřletý průměr pro jednotlivé týdny
srovnán s průměry pro jednotlivé
týdny v roce 2020 a 2021
s vyznačením nouzového stavu.



Case study

Průměrný poměr koncentrací NO_x a PM_{10} na dopravní stanici Brno-Úvoz (hot spot) a pozadové stanici Brno-Tuřany. Poměr vyjadřuje poměr průměrné koncentrace v daný týden v roce 2020 či 2021 s průměrem 2016-2019 pro daný týden v roce.



Case study

Na ČHMÚ Brno se dlouhodobě věnujeme vlivu odpalování ohňostrojų na kvalitu ovzduší.

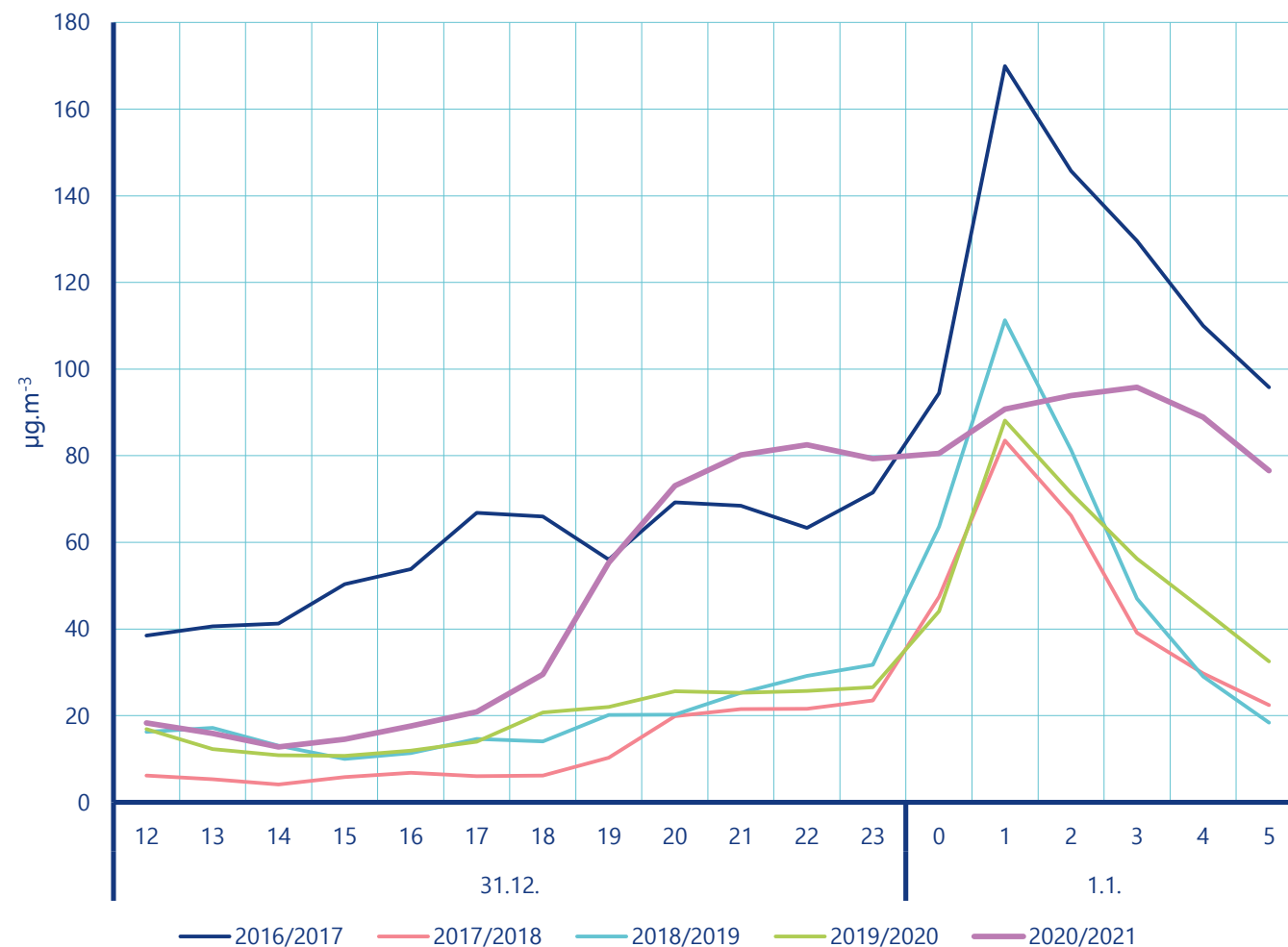
Zajímalo nás, zda se opatření související s šířením koronaviru nějakým způsobem projeví i během oslav Nového roku.



Case study

Průměrné koncentrace částic PM₁₀ na pražských stanicích imisního monitoringu v jednotlivé hodiny od poledne 31. 12. do 6 hodin ráno 1. 1. od přelomu roku 2016/2017 do 2020/2021.

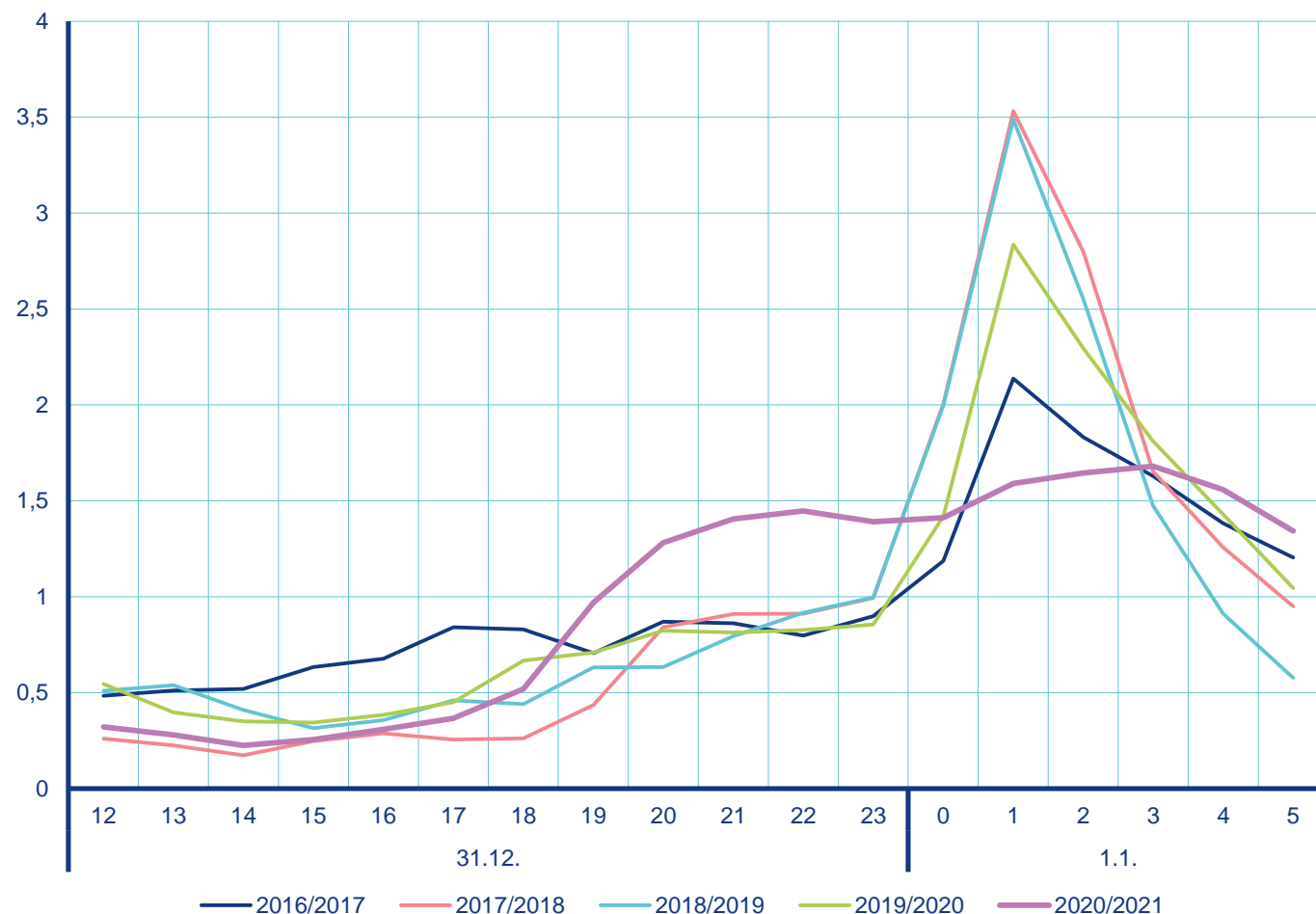
Vzhledem k zákazu vycházení po 21. hodině je vidět výrazně dřívější nárůst koncentrací, naopak o půlnoci výraznější nárůst pozorován není, tak jako to mu je v ostatní roky.



Case study

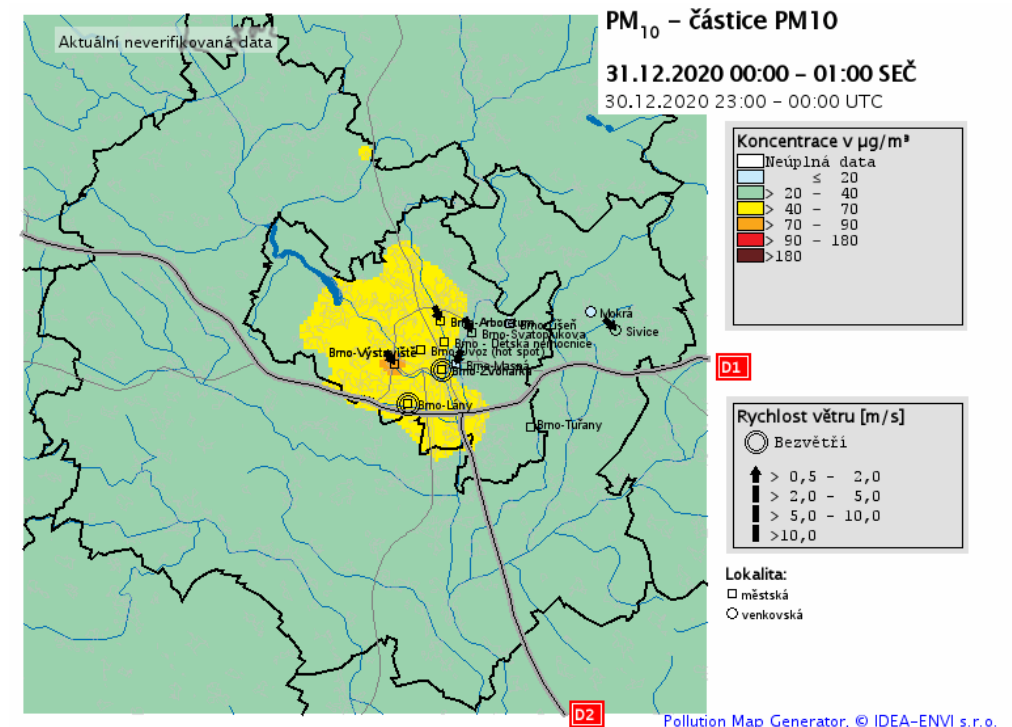
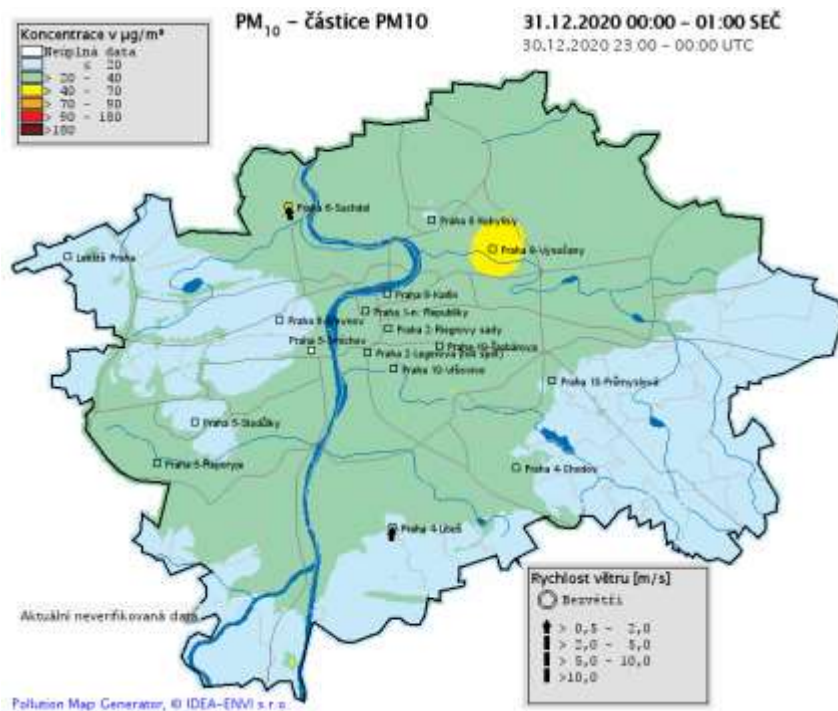
Průměrné koncentrace částic PM_{10} na pražských stanicích imisního monitoringu v jednotlivé hodiny od poledne 31. 12. do 6 hodin ráno 1. 1. od přelomu roku 2016/2017 do 2020/2021. Vyjádřeno jako poměr dané hodiny k celkovému průměru v daný rok za analyzované období.

Vzhledem k zákazu vycházení po 21. hodině je vidět výrazně dřívější nárůst koncentrací, naopak o půlnoci výraznější nárůst pozorován není, tak jako to mu je v ostatní roky.



Case study

Situaci výrazně ovlivňovaly rozptylové podmínky. Zatímco v Brně byla teplotní inverze 31. 12. a 1. 1. v ranních hodinách napršelo, v Praze byla situace výrazně lepší přes den 31. 12., naopak 1. 1. v důsledku přízemní teplotní inverze byla výrazně horší.



Case study

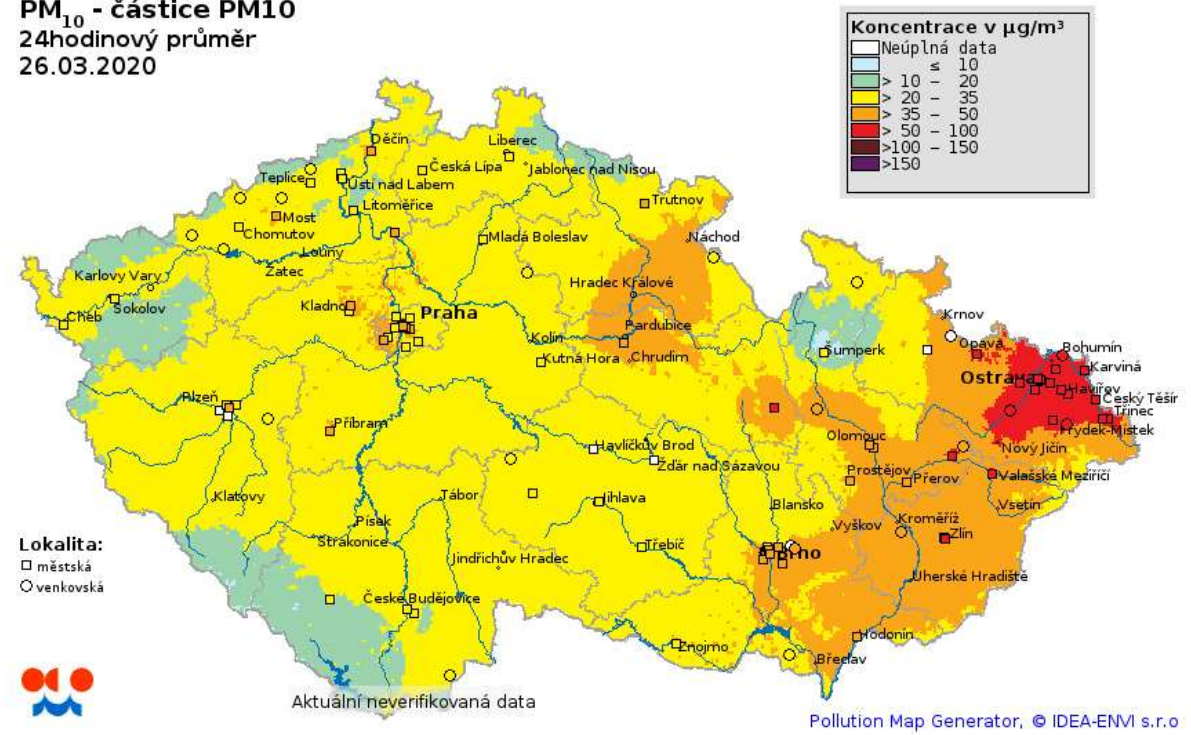


Během nouzového stavu 27. 3. do České republiky proudil vítr od Kaspického moře, kde se mj. nachází i poušť Karakum (Turkmenistán). Vyšší rychlosti větru v této oblasti vedly ke vznosu velkého množství prachových částic, které se dostaly až na naše území.

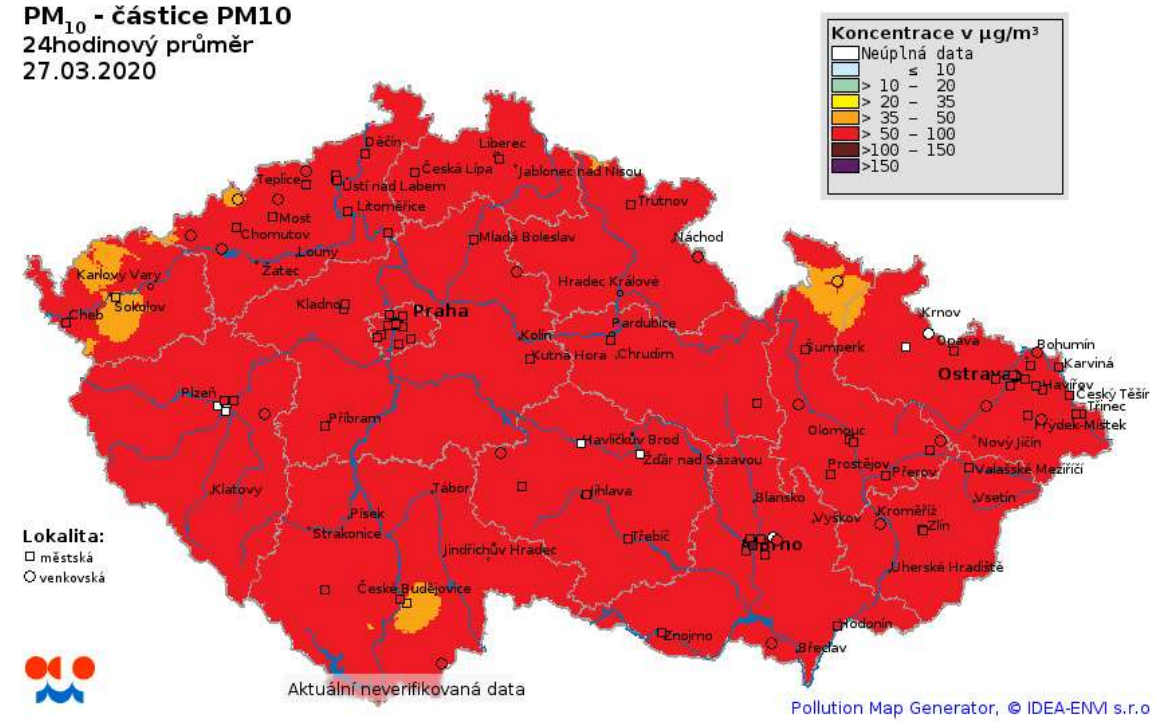
Case study

Srovnání 24h průměrné koncentrace PM₁₀ 26. a 27. 3. 2020.

PM₁₀ - částice PM10
24hodinový průměr
26.03.2020



PM₁₀ - částice PM10
24hodinový průměr
27.03.2020





Koncentrace **NO₂** lze monitorovat orientačně i prostřednictvím **satelitních snímků**. Níže uvedené mapy vychází z dat o koncentracích NO₂ z evropského satelitu **Sentinel-5P** v rámci programu Copernicus. Data byla agregována jako **průměr 16. 3. až 17. 5.** a srovnáno totožné **období 2019 a 2020**. Ačkoliv má toto měření výrazně **nižší rozlišovací schopnost** než měření na stanicích, umožňuje alespoň orientačně sledovat poměry na různých lokalitách a vzájemně mezi různými obdobími, bez samotné přesné kvantifikace koncentrace jako takové na **rozsáhlém území**.

Vzhledem k délce činnosti družice Sentinel-5P nelze dělat dlouhodobá srovnání.



NO₂
SATELITNÍ
SNÍMKY

Brno



2019



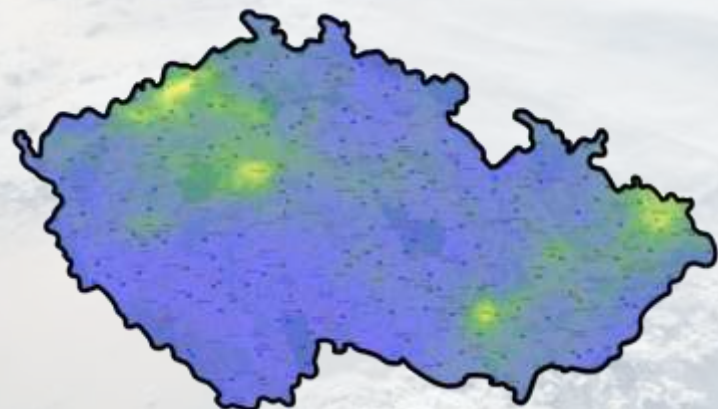
2020



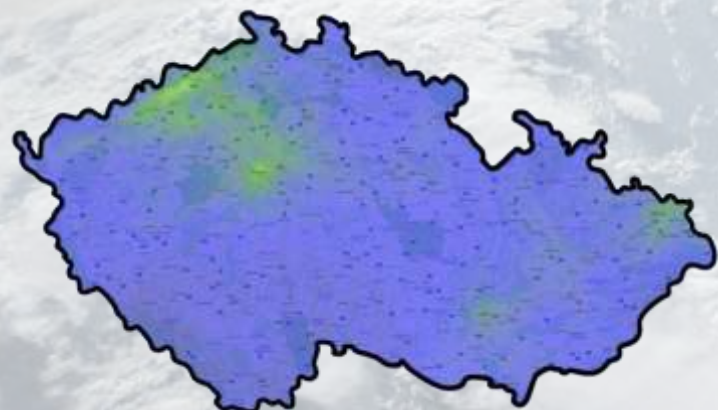
NO₂
SATELITNÍ
SNÍMKY



Česká republika



2019



2020

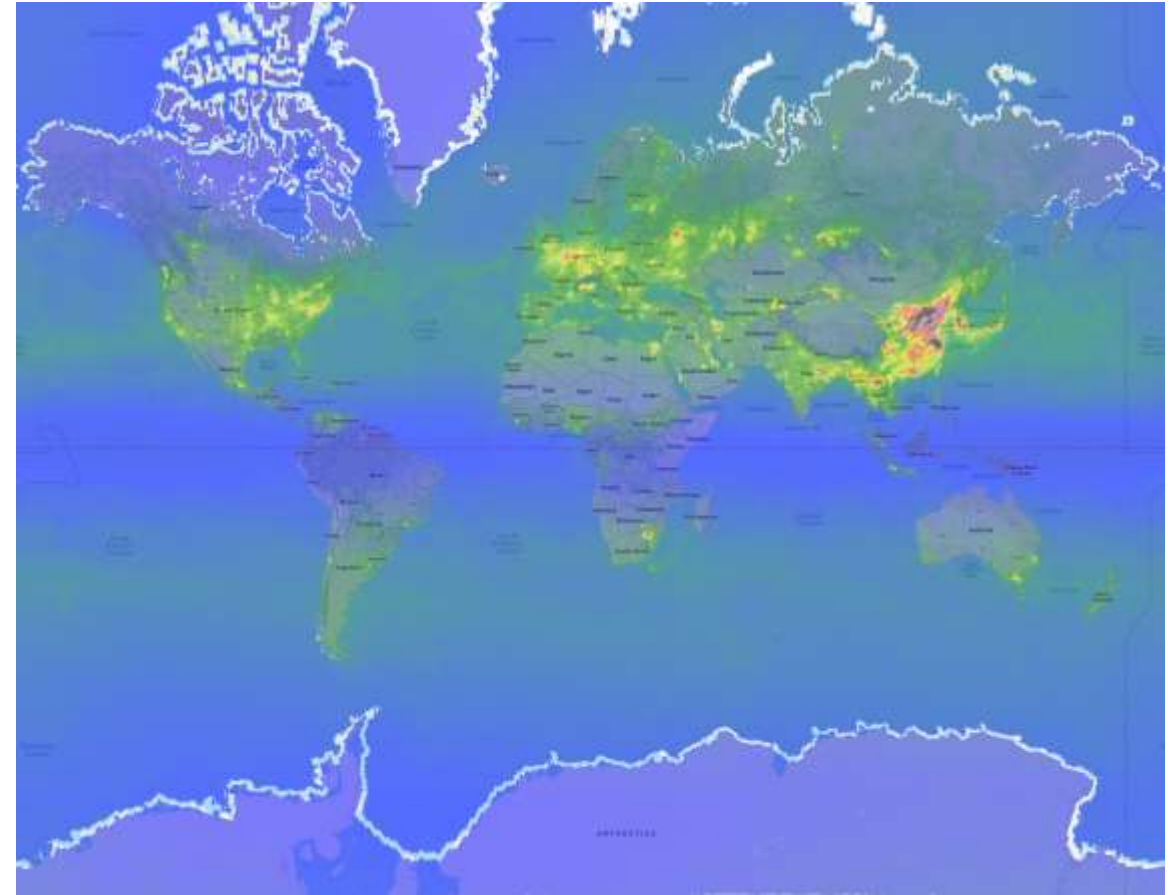
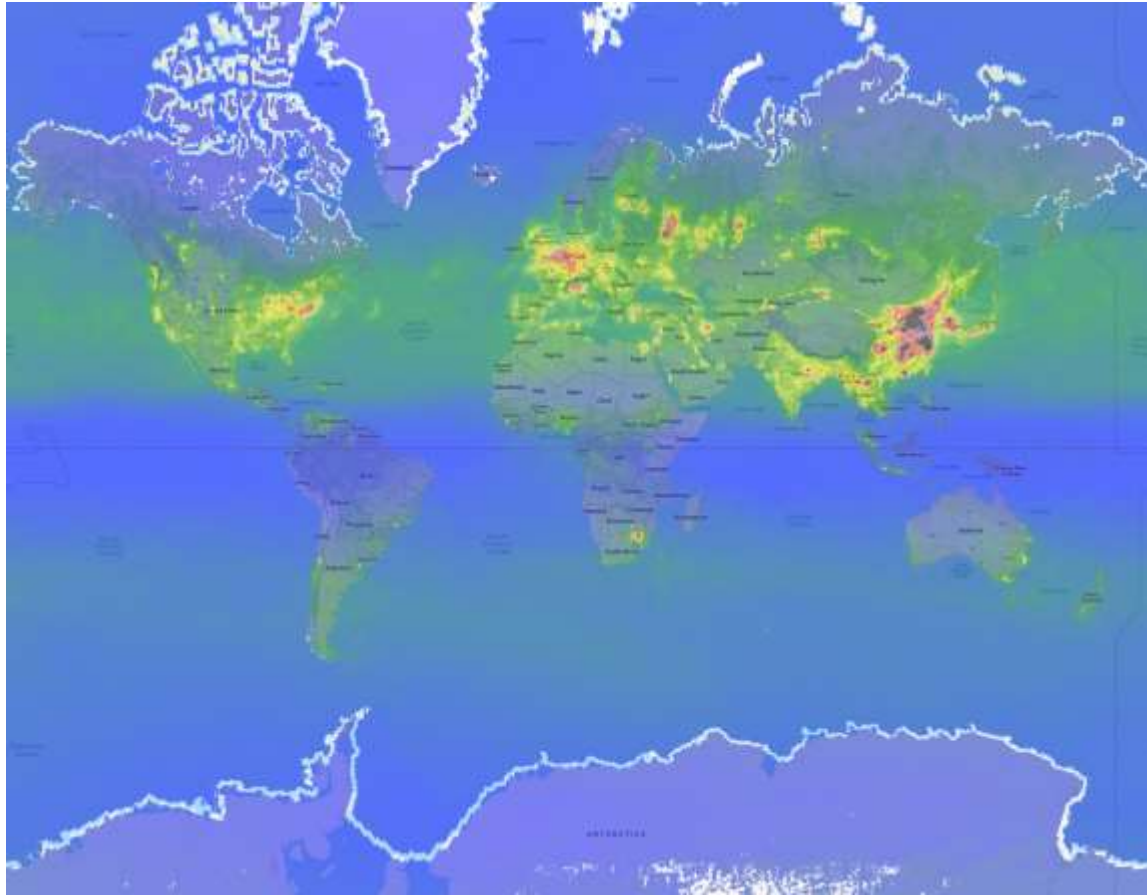
NO₂
SATELITNÍ
SNÍMKY



2019

Globální kontext

2020



Koncentrace NO₂

Zdroj surových dat: SENTINEL-5P (Copernicus)



Evropa



2019



2020

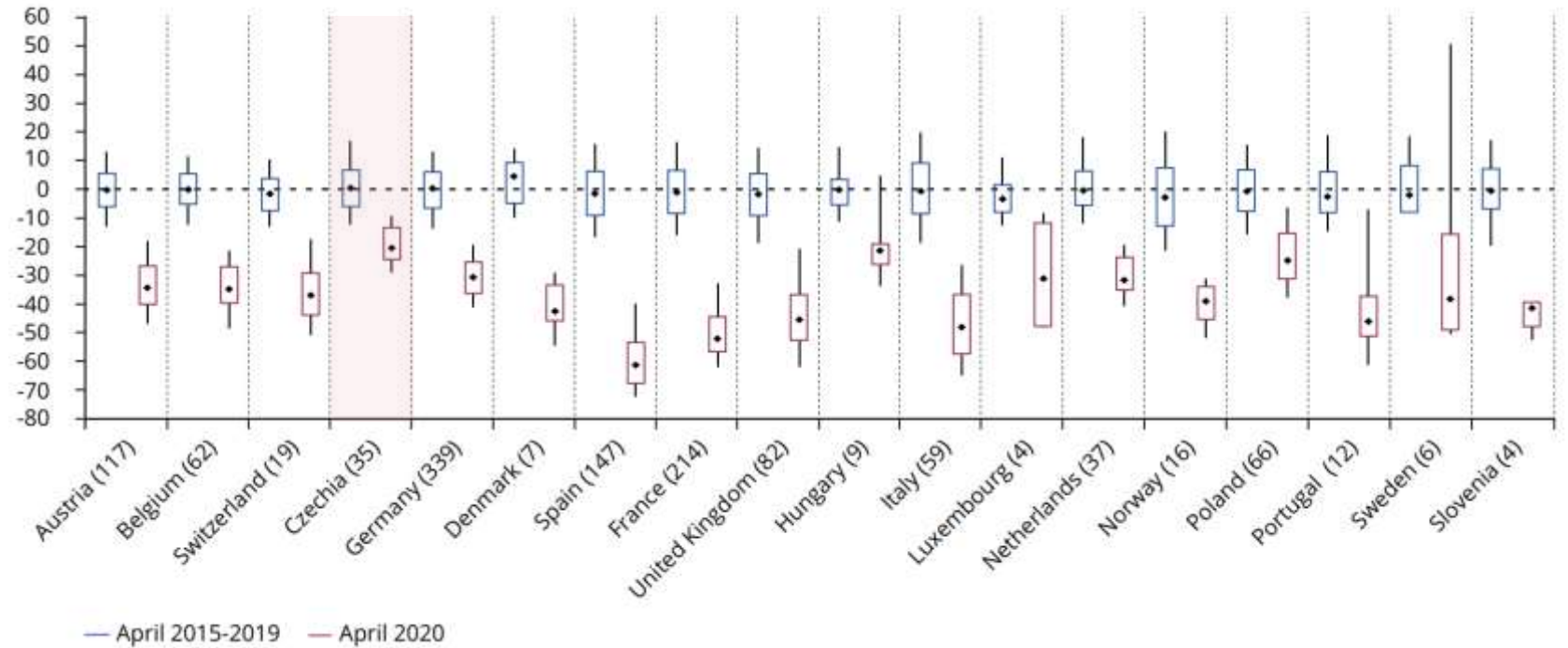


NO₂
SATELITNÍ
SNÍMKY



Evropa

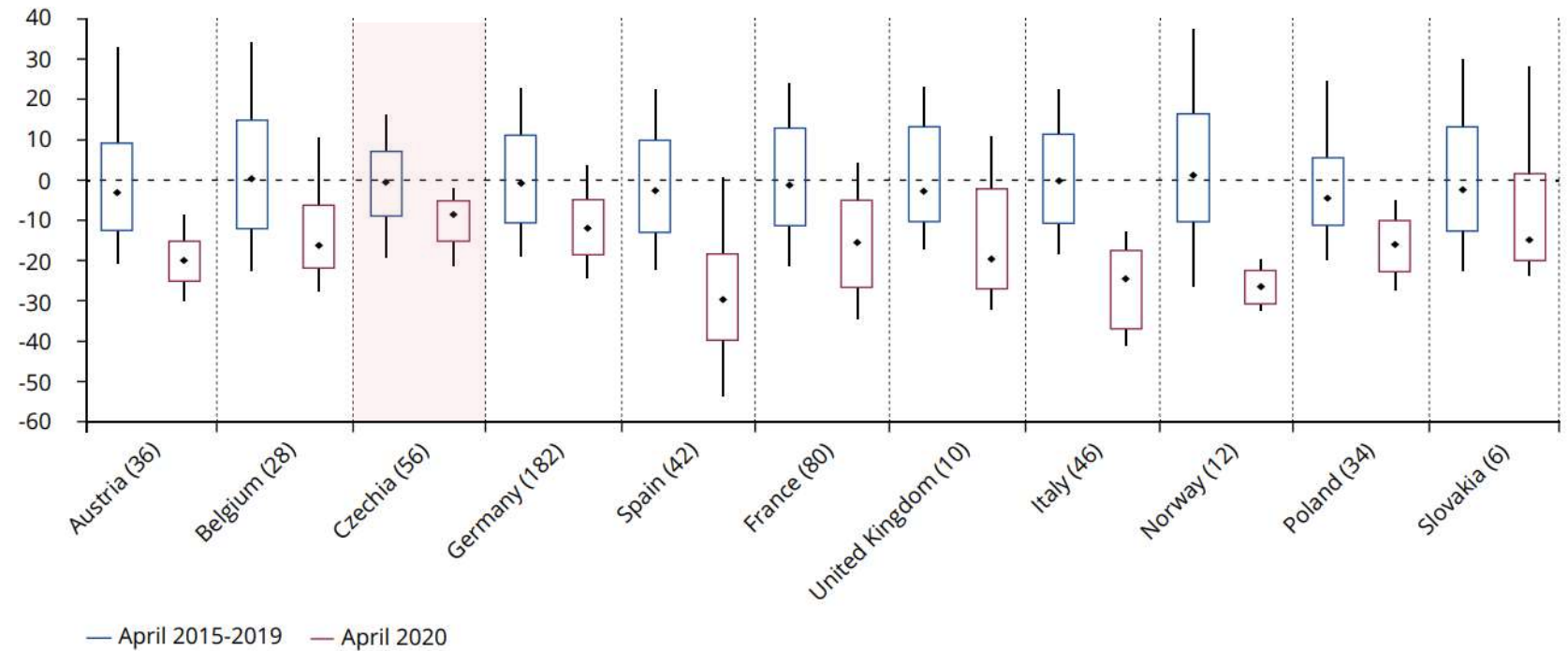
Relativní změna (%)
v jednotlivých zemích pro
koncentrace NO₂ během
dubna 2020, odhad modelu
GAM, odfiltrované
meteorologické podmínky.



Zdroj: Evropská agentura pro životní prostředí (EEA)

Evropa

Relativní změna (%)
v jednotlivých zemích pro
koncentrace PM_{10} během
dubna 2020, odhad modelu
GAM, odfiltrované
meteorologické podmínky.



Zdroj: Evropská agentura pro životní prostředí (EEA)

Média

Zájem o toto téma byl v počátku enormní. Druhá vlna zájmu přišla po Novém roce a zásadní otázka zněla: „Byla historicky nejlepší kvalita ovzduší v roce 2020 dána opatřeními souvisejícími s pandemií?“

Přestože se novináři snažili přesvědčovat, že to koronavirem bylo, odpověď zní „částečně, ale rozhodně to nebyl klíčový faktor“.

Nejkurióznější dotazy:

Měříte koncentrace virových částic v ovzduší?

Marek S., 29. 3. 2020

ne

Jste schopní vidět ten virus pod tím mikroskopem, o kterém jste říkal na dni otevřených dveří?






Libuše L., 16. 4. 2020

„Vidět“
teoreticky
ano, rozpoznat
ne






Příčiny čistého ovzduší

Meteorologické podmínky

-  převážně dobré rozptylové podmínky
-  teplá zima (nižší intenzita vytápění)
-  mírnější léto (nižší koncentrace přízemního ozonu)
-  mimořádně příznivé meteorologické podmínky v únoru
-  dostatek srážek, zejména v létě

Dlouhodobé snižování emisí

-  výměna starých kotlů
-  obměna vozového parku
-  zlepšování průmyslových procesů

Nouzový stav

-  nižší intenzita dopravy



Na území celé ČR nebyla poprvé vyhlášena ani jedna smogová situace či regulace.

Rok 2020 byl z hlediska kvality ovzduší **výjimečný**. Kvalita ovzduší byla v roce 2020 převážně **velmi dobrá až dobrá**. Koncentrace látek znečišťujících ovzduší (suspendované částice PM₁₀ a PM_{2,5}, přízemní ozon (O₃), oxid dusičitý (NO₂), oxid siřičitý (SO₂) i oxid uhelnatý (CO) v roce 2020 opět poklesly a za hodnocené období **2010-2020 dosáhly svých minim**. Některé látky (PM₁₀, a PM_{2,5} a NO₂) dosáhly svých **minim na většině měřicích stanic i za celou historii měření**, tj. od 90. let 20. století v případě PM₁₀ a NO₂, od roku 2004 v případě PM_{2,5}.

nepřekročeno podruhé v historii měření (spolu s 2019)

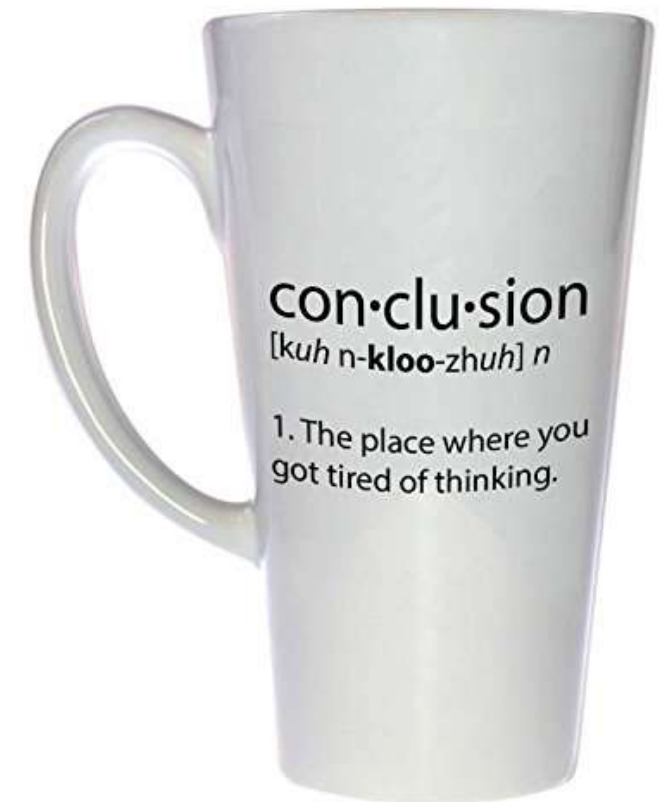
Překročení imisních limitů

PM ₁₀ 24h	překročen na 3 % stanic (3/116)
PM ₁₀ rok	nepřekročen
PM _{2,5} rok	překročen na 2 % stanic (2/85)
O ₃ 3letý průměr	překročen na 56 % stanic (35/66)
NO ₂ hodina a rok	nepřekročen
SO ₂ hodina a 24 h	nepřekročen
CO max. 8h klouzavý průměr	nepřekročen

roční průměr nepřekročen poprvé v historii měření

ZÁVĚR

- Z principu věci je jisté, že opatření přijatá v návaznosti na pandemii koronaviru více či méně ovlivnila mj. i kvalitu ovzduší.
- Prokazatelný pokles dopravy logicky vedl k poklesu emisí z dopravy.
- Různá opatření měla různý vliv na emise, například v případě suspendovaných částic proti sobě šlo snížení emisí z dopravy a potenciální zvýšení emisí z vytápění v důsledku prokazatelně více času stráveného v domácnostech.
- Hlavním faktorem zodpovědným za meziroční (krátkodobou) variabilitu kvality ovzduší jsou rozptylové a meteorologické podmínky. Ty měly také prokazatelně větší vliv na fakt, že byla v roce 2020 naměřena historicky nejlepší kvalita ovzduší v České republice.



ZÁVĚR

Jak to tedy je?

- Vztah mezi emisemi a imisemi není lineární. Při poklesu emisí může dojít k nárůstu imisí a naopak, v závislosti na dalších faktorech.
- V případě oxidů dusíku je pravděpodobné, že v absenci poklesu dopravy by za totožných podmínek byly koncentrace zejména na dopravních stanicích vyšší.
- Vzhledem k faktu, že opatření pravděpodobně vedla k poklesu emisí jednoho typu znečišťující látky (oxidy dusíku) a naopak nárůstu jiné (suspendované částice), nelze v celkovém součtu říci, zda je tento vliv pozitivní či negativní (reakce na konkrétní stav ovzduší jsou velmi individuální).
- Ve srovnání s jinými evropskými zeměmi i dalšími zeměmi v celém světě, byl vliv v České republice relativně malý.



Děkuji za pozornost

Mgr. Jáchym Brzezina

vedoucí oddělení kvality ovzduší, ČHMÚ Brno

jachym.brzezina@chmi.cz

737 387 741