2020

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SLOVENSKEJ REPUBLIKE

Odbor Monitorovanie kvality ovzdušia
SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV

Bratislava, jún 2021
Verzia 1

Materiál vypracoval:

Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Kvalita ovzdušia
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

Zodpovedný: M. Kremler

Koordinácia: M. Mladý, J. Jagnešáková

Editor: M. Mladý

Grafická úprava a spracovanie: K. Pukančíková

Autori:

1. kapitola - J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Krajčovičová, M. Mladý
2. kapitola - B. Paveleková, M. Mitošinková, M. Mladý
3. kapitola - B. Paveleková, M. Mitošinková, J. Matejovičová, V. Mináriková
4. kapitola - D. Štefánik. J. Beňo, J. Krajčovičová, J. Matejovičová, G. Szabo
5. kapitola - J. Krajčovičová, J. Matejovičová, D. Štefánik, J. Beňo

Prílohy - L. Čarackỳ, M. Mladý, J. Matejovičová, V. Mináriková, J. Krajčovičová

Analýzy vzoriek ovzdušia a atmosférických zrážok boli realizované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ.

OBSAH

PREDHOVOR 5

ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ 7

1 POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA 13
1.1 Rozdelenie územia do aglomerácií a zón v roku 2020 14
1.2 Zoznam oblastí riadenia kvality ovzdušia pre rok 2020 20

2 MONITOROVACIA SIEŤ KVALITY OVZDUŠIA 23
2.1 Zhodnotenie rozsahu monitorovania pre jednotlivé znečisťujúce látky 31

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA 35
3.1 Úvod 35
3.2 Kritériá na hodnotenia kvality ovzdušia 35
3.3 Výsledky monitorovania kvality ovzdušia - lokálne znečistenie ovzdušia 37
3.4 Regionálny monitoring 51
3.5 Zhrnutie 55

4 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA 61
4.1 Stručná charakteristika použitých modelov 61
4.2 Výsledky a výstupy 62
4.3 Záver 70

5 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER 73
5.1 Návrh vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia v roku 2021 73

SKRATKY 79

POJMY 81

ZOZNAM PRÍLOH 83

PREDHOVOR

Problematika kvality ovzdušia je súčasťou komplikovaného systému vzťahov v životnom prostredí Zeme. Látky uvoľňované zo zdrojov znečisťovania podliehajú atmosférickému rozptylu, horizontálnemu aj vertikálnemu prenosu a chemickým premenám. Časť z nich sa usádza na zemskom povrchu a preniká do povrchových a podzemných vôd, do pôdy a sedimentov, odkiaľ sa môžu uvoľňovať naspäť do ovzdušia. V ktorejkoľvek časti kolobehu môžu látky vstupovať do chemických reakcií. Ovzdušie reaguje najrýchlejšie na rôzne zmeny – ak zdroj znečisťovania zanikne, ovzdušie sa obvykle rýchle vyčistí, naopak najdlhšie zotrvávajú znečisťujúce látky v pôde a v sedimentoch. Je zrejmé, že problémy životného prostredia nemožno obmedziť politickými hranicami. Medzinárodné spoločenstvo uznalo cezhraničný charakter znečisťovania ovzdušia už pred desaťročiami, výsledkom bolo podpísanie niekoľkých medzinárodných dohovorov.

V odpovedi na často kladenú otázku, či sa kvalita ovzdušia u nás zlepšuje alebo zhoršuje, môžeme povedať, že v porovnaní so stavom spred polstoročia, sa situácia väčšinou zlepšila. Kým v 70. rokoch 20. stor. boli na Slovensku napríklad priemerné mesačné koncentrácie oxidu siričitého na úrovni 80 – 150 $\mu g \cdot m^{-3}$, v súčasnosti je to zhruba 10-krát menej. Poklesla kyslosť atmosférických zrážok, ako aj hodnoty koncentrácií oxidov dusíka. Niekoľkonásobne nižšie sú koncentrácie ťažkých kovov. Významne poklesli emisie tuhých znečisťujúcich látok. Zlepšenie kvality ovzdušia možno pripísať prísnym legislatívnym opatreniam prijatým koncom minulého storočia, ktoré boli zamerané na veľké zdroje znečisťovania ovzdušia. Zavedenie bezolovnatého benzínu v cestnej doprave sa odrazilo v dosiahnutí takej úrovne olova v ovzduší, ktorá je niekoľkokrát nižšia než cieľová hodnota.

Posun nastal aj v meraní – kým v začiatkoch sa monitorovali celkové hmotnostné koncentrácie prachu v ovzduší, už zhruba dve desaťročia sa pozornosť zameriava na menšie prachové (suspendované) častice, ktoré majú závažnejšie dôsledky na zdravie. Do monitorovacieho programu neskôr pribudol benzo(a)pyrén, karcinogénna látka, ktorá vzniká pri nedokonalom spaľovaní.

Napriek tomu, že koncentrácie základných znečisťujúcich látok v porovnaní s historickými meraniami poklesli, situácia dnes nie je uspokojivá. Ovzdušie rýchlo reaguje na zmeny množstva vypúšťaných znečisťujúcich látok, a preto sa epizodicky aj v súčasnosti prejavuje vplyv veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia na zvýšených koncentráciách znečisťujúcich látok v ich blízkosti. Príčinou môžu byť meteorologické podmienky, problém zdroja, alebo kombinácia oboch faktorov. Emisie z veľkých zdrojov sa väčšinou pomerne efektívne rozptyľujú vďaka tomu, že sú vypúšťané z vyšších komínov a tepelný vznos ešte zvýši efektívnu výšku miesta vypúšťania. Tým veľké a stredné zdroje znečisťovania ovzdušia stále prispievajú k zvýšenej hladine pozaďových koncentrácií a ich vplyv sa prejaví prostredníctvom diaľkového prenosu aj na vzdialených lokalitách. V prípade, že je komín pod inverziou, môže sa dymová vlečka dostať k blízkosti povrchu. V takých situáciách sa prejaví epizodické zhoršenie kvality ovzdušia aj v blízkosti zdroja. Metalurgický komplex na východnom Slovensku je jediným veľkým zdrojom, ktorý sa celoročne podieľa na vyšších koncentráciách znečisťujúcich látok aj v jeho blízkosti.

Ťažisko problému znečisťovania ovzdušia u nás sa v poslednom období presúva k vykurovaniu domácností a k cestnej doprave. Pri použití tuhých palív je vykurovanie domácností zdrojom prachových častíc a benzo(a)pyrénu. Výrazný problém predstavuje najmä v miestach s dobrou dostupnosťou palivového dreva a nepriaznivými rozptylovými podmienkami, ktoré sa prejavujú aj častým výskytom teplotných inverzií.

Cestná doprava je významným zdrojom oxidu dusičitého a prachových častíc, v menšej miere aj benzo(a)pyrénu. Vysoké koncentrácie týchto znečisťujúcich látok môžeme očakávať v okolí cestných komunikácií s vysokou intenzitou dopravy, v okolí frekventovaných križovatiek a parkovísk. V zimnom období studené štarty spôsobujú výrazne vyššie emisie benzínových a dieselových motorových vozidiel. Na zvýšenej prašnosti v okolí ciest sa podieľa resuspenzia prachu z nedostatočne čistených ciest.

V miestach, kde nie sú dostupné výsledky meraní, dopĺňa naše informácie matematické modelovanie, ktoré môže pomôcť pri hľadaní odpovede na otázku o pôvode znečistenia v problémových lokalitách a o podiele rôznych zdrojov na nameraných koncentráciách. Výsledky matematického modelovania tiež môžu pomôcť identifikovať problémové oblasti, na ktoré je potrebné zamerať pozornosť.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky Zákonom č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, s cieľom zabezpečiť informovanie verejnosti o kvalite ovzdušia, poverilo Slovenský hydrometeorologický ústav vypracovaním:

- Správy o hodnotení kvality ovzdušia v Slovenskej republike;
- Informácie o kvalite ovzdušia.

Touto správou Slovenský hydrometeorologický ústav, ako poverená organizácia, plní povinnosti vyplývajúce z §13 odseku (1) písmena c) a d) citovaného zákona a predkladá laickej aj odbornej verejnosti správu, ktorá obsahuje všetky náležitosti tak, ako to vyžaduje Zákon č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov.

ZHRNUTIE PRE LAICKÚ VEREJNOSŤ

Emisie vypúšťané do ovzdušia z rôznych zdrojov sa v atmosfére rozptyľujú a môžu sa prenášať vetrom na veľké vzdialenosti. Pri tomto prenose podliehajú chemickým premenám a pôsobením gravitačnej sily postupne sedimentujú na zemský povrch, či vegetáciu, alebo sú vymývané dažďom či snežením. Na meracích staniciach zaznamenávame koncentrácie znečisťujúcich látok, ktoré charakterizujú kvalitu ovzdušia (v staršej literatúre sa niekedy používal pojem imisie). Koncentrácie sa zisťujú meraním v dýchacej zóne alebo sa počítajú pomocou matematického modelovania. Meranie koncentrácií týchto látok v ovzduší uskutočňuje Slovenský hydrometeorologický ústav na staniciach Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO). Na niekoľkých staniciach sa monitoruje aj kvalita zrážok.

Väčšina znečisťujúcich látok v ovzduší má nepriaznivé účinky na ľudské zdravie a vegetáciu, niektoré vstupujú do chemických reakcií, pri ktorých vznikajú iné toxické látky a je preto potrebné pravidelne merať ich koncentrácie v atmosfére. Jej znečistenie nevplýva na všetkých ľudí rovnako – medzi citlivé skupiny obyvateľstva patria starí a chorí ľudia, tehotné ženy a malé deti.

Dôležitým cieľom monitoringu a modelovania kvality ovzdušia je takisto snaha o porozumenie procesom, ktoré prebiehajú v atmosfére – svoju úlohu tu zohrávajú charakteristiky zdrojov znečisťovania (napr. výšky komínov), vlastnosti spalín (napríklad ich teplota a rýchlosť) ako aj meteorologické podmienky (vietor, zrážky, teplotné zvrstvenie) či vlastnosti okolitého terénu.

Legislatíva EÚ a Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) stanovuje limitné a cieľové hodnoty pre koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší s cieľom chrániť ľudské zdravie pred dlhodobým pôsobením znečistenia ovzdušia. Stručná charakteristika znečisťujúcich látok:

PM_{10}, $PM_{2,5}$	sú drobné častice alebo kvapôčky s aerodynamickým priemerom menším ako 10 µm, resp. 2,5 µm. Označenie PM pochádza z anglického particulate matter, zahŕňa však tuhú aj kvapalnú fázu. $PM_{2,5}$ sa nazýva jemnou veľkostnou frakciou. PM rozptýlené v ovzduší tvoria atmosférický aerosól.
Zdravotné účinky	Čím sú častice menšie, tým hlbšie prenikajú do dýchacej sústavy. Zdravotné účinky závisia nielen od veľkosti, ale aj od chemického zloženia častíc. Dlhodobá expozícia môže mať negatívne účinky na dýchací a kardiovaskulárny systém.
Hlavné zdroje	Častice PM_{10}, resp. $PM_{2,5}$ sú rôznorodého zloženia a pôvodu, ako prírodného, tak antropogénneho. Najvýznamnejším zdrojom emisií PM je vykurovanie domácností tuhým palivom, vysoké koncentrácie môžu byť namerané pri frekventovaných cestných úsekoch a parkoviskách, lokálne sa môže prejaviť vplyv veľkých priemyselných zdrojov. Vykurovanie tuhým palivom je závažným problémom, ktorý často komplikujú nepriaznivé rozptylové podmienky s častým výskytom teplotných inverzií v horských údoliach.
Benzo(a)pyrén (BaP)	patrí do skupiny polycyklických aromatických uhľovodíkov, vzniká pri nedokonalom spaľovaní, je súčasťou jemnej frakcie atmosférického aerosólu. Významným zdrojom expozície obyvateľstva je fajčenie.
Zdravotné účinky	Benzo(a)pyrén má karcinogénne a mutagénne vlastnosti.
Hlavné zdroje	Najvýznamnejším zdrojom emisií BaP je vykurovanie domácností tuhým palivom (viď PM), ďalej cestná doprava; z veľkých zdrojov znečistenia je významná výroba koksu.

Ozón (O_3)	je trojatómová molekula kyslíka. Kým stratosférický ozón plní dôležitú úlohu ochrany pred škodlivým ultrafialovým žiarením slnka, troposférický (prízemný) ozón má nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie, vegetáciu, architektonické stavby, a preto je zaradený medzi znečisťujúce látky.
Zdravotné účinky	Môže spôsobiť dráždenie očí, dýchacie ťažkosti, pri dlhodobej expozícii môže viesť k zápalovým ochoreniam dýchacích ciest a pri vysokých koncentráciách aj k chronickej obštrukčnej chorobe pľúc.
Hlavné zdroje	Ozón v atmosfére vzniká pri fotochemických reakciách z prekurzorov, ktorými sú oxidy dusíka, CO a prchavé organické uhľovodíky. Prenos z vyšších vrstiev atmosféry je významný najmä vo vyšších horských polohách.
Ťažké kovy	Definícia tejto skupiny látok v kontexte ochrany životného prostredia vychádza tradične z hustoty látky a z vplyvu na živé organizmy, preto sa tu objavuje aj polokovový prvok, ako je arzén. V ovzduší sa merajú koncentrácie olova, kadmia, niklu, arzénu, v poslednom období pribudla ortuť. Na pozaďových monitorovacích staniciach sa venuje pozornosť širšiemu radu kovov, ktoré sa monitorujú vo vzduchu aj v zrážkach. Ťažké kovy sú prevažne súčasťou jemnej veľkostnej frakcie atmosférického aerosólu.
Zdravotné účinky	Najvýznamnejšou cestou, akou sa ťažké kovy môžu dostať do organizmu, je príjem potravy, vdýchnutie je menej významnou cestou expozície. Arzén v organizmoch metabolizuje na toxické zlúčeniny, ktoré môžu spôsobovať nevoľnosť, hnačky, ochrnutie až zástavu srdca. Kadmium a nikel môžu mať karcinogénne účinky, olovo môže pri dlhodobej expozícii u detí spôsobovať oneskorenie vývinu. Ortuť má schopnosť bioakumulácie, jej toxické prejavy môžu viesť k poškodeniu nervovej sústavy, jej zlúčeniny môžu spôsobovať ochorenie obličiek a tráviaceho traktu.
Hlavné zdroje	Metalurgia, v menšej miere energetika a vykurovanie domácností uhlím.
Benzén (C_6H_6)	patrí medzi prchavé organické látky. Za normálnych podmienok je v kvapalnom stave, nemieša sa s vodou a má charakteristický zápach.
Zdravotné účinky	Benzén je karcinogénna látka.
Hlavné zdroje	Cestná doprava, petrochemický priemysel.
Oxid siričitý (SO_2)	je bezfarebný reaktívny plyn, pri vyšších koncentráciách má silný dráždivý zápach.
Zdravotné účinky	Pôsobí dráždivo na dýchacie cesty a očné spojivky, pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať ochorenia dýchacích ciest najmä u detí.
Hlavné zdroje	Spaľovacie procesy v priemysle a energetike, prípadne vykurovanie domácností uhlím s vysokým obsahom síry.
Oxidy dusíka (NO_x)	V kontexte kvality ovzdušia sú spoločným názvom oxidy dusíka označované oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusnatý (NO). NO_2 je žltohnedý jedovatý plyn, NO je reaktívny plyn, ktorý rýchlo oxiduje na NO_2. Oxidy dusíka, oxid uhoľnatý a prchavé organické látky vstupujú do reakcií, ktoré ovplyvňujú koncentrácie prízemného ozónu, sú tzv. prekurzormi O_3.
Zdravotné účinky	Dráždenie očí a dýchacích ciest, kašeľ, bolesti hlavy. Pri dlhodobej expozícii môže spôsobovať zápalové ochorenia dýchacích ciest a pľúc, zmeny v zložení krvi, alergické reakcie, poruchy imunitného systému.
Hlavné zdroje	Cestná doprava, spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

Oxid uhoľnatý (CO)	je bezfarebný jedovatý plyn bez zápachu, ktorý vzniká pri neúplnom alebo neefektívnom horení.
Zdravotné účinky	Zabraňuje prístupu kyslíka do krvi. Chronické účinky – dlhodobá expozícia môže spôsobiť poškodenie tkanív, obzvlášť ohrozené sú osoby trpiace kardiovaskulárnymi chorobami.
Hlavné zdroje	Cestná doprava a spaľovacie procesy v priemysle a energetike.

Vyhodnotenie koncentrácií monitorovaných znečisťujúcich látok v roku 2020

Nasledujúci súhrn popisuje výsledky monitorovania kvality ovzdušia v roku 2020. Doplňujúce údaje v priestorovom rozdelení znečisťujúcich látok získané pomocou matematického modelovania sú uvedené spolu s komentárom v kapitolách 4. a 5.

PM_{10} - V roku 2020, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10}.

Prekročenie limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24 hodinové koncentrácie sa vyskytlo na jednej automatickej monitorovacej stanici (AMS) (Jelšava, Jesenského) oproti trom AMS v roku 2019 (Košice, Štefánikova; Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná), kým v roku 2018 bola okrem týchto troch staníc uvedená limitná hodnota prekročená aj na monitorovacích staniciach Trenčín, Hasičská a Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie, t. j. v roku 2018 došlo k prekročeniu 24 hodinovej koncentrácie tejto znečisťujúcej látky na 5 AMS. Vo Veľkej Ide je dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia priemyselný zdroj, ktorého vplyv sa epizodicky prejavuje popri emisiách z cestnej dopravy (týka sa to aj stanice Košice, Štefánikova). V Jelšave je hlavným zdrojom znečistenia vykurovanie domácností tuhým palivom, pričom blízky priemyselný zdroj tu zohráva menšiu úlohu.

$PM_{2,5}$ - V roku 2020, podobne ako v roku 2019, nebola prekročená limitná hodnota na žiadnej monitorovacej stanici kvality ovzdušia.

BaP - Priemerné ročné hodnoty koncentrácií BaP v roku 2020 na staniciach Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.; Banská Bystrica, Zelená; Jelšava, Jesenského; Krompachy, SNP; Prievidza, Malonecpalská a Žilina, Obežná prekračujú cieľovú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu (1 $ng \cdot m^{-})^3$. Prekročenie cieľovej hodnoty na AMS vo Veľkej Ide môžeme pripísať priemyselnej činnosti (najmä výrobe koksu) a čiastočne aj vykurovaniu domácností. V Jelšave sa prejavil najmä vplyv vykurovania domácností tuhým palivom, v menšej miere sa prejavuje vplyv priemyselného zdroja. Na ostatných staniciach dochádza k prekračovaniu cieľovej hodnoty pre BaP pravdepodobne v dôsledku kombinácie vplyvu cestnej dopravy a vykurovania domácností. BaP na všetkých staniciach – okrem Veľkej Idy – je charakteristický výrazne vyššími hodnotami v chladnom polroku, keď sa prejavuje okrem emisií z vykurovania domácností tuhým palivom aj vplyv nepriaznivých rozptylových podmienok.

SO_2 - V roku 2020 nebola v žiadnej aglomerácii ani zóne prekročená limitná hodnota. Merané koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotou.

NO_2 - V roku 2020 nebola prekročená limitná hodnota pre NO_2 na žiadnej monitorovacej stanici, podobne ako v predchádzajúcom roku. Situácia sa medziročne zlepšila. V roku 2018 prišlo k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu NO_2 na dvoch monitorovacích staniciach, na ktorých je hlavným zdrojom znečistenia cestná doprava (Bratislava, Trnavské mýto a Prešov, Arm. gen. L. Svobodu).

CO - Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2020 prekročená limitná hodnota pre CO a úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2019 je pod dolnou medzou na hodnotenie tejto úrovne. Koncentrácie CO sú dlhodobo pod limitnou hodnotou.

Benzén - Hodnoty priemerných ročných koncentrácií sú výrazne pod limitnou hodnotou 5 $\mu g \cdot m^{-3}$ za kalendárny rok.

Ozón - Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili v roku 2020 merania na troch staniciach: Bratislava, Jeséniova; Bratislava, Mamateyova a Chopok.

Pb, As, Ni, Cd - Limitná (Pb) ani cieľová hodnota týchto ťažkých kovov (As, Cd, Ni) neboli v roku 2020 prekročené. Ich priemerné ročné koncentrácie namerané na staniciach NMSKO sú väčšinou len zlomkom cieľovej, resp. limitnej hodnoty.

Smogový varovný systém

Kvalita ovzdušia sa vyhodnocuje voči limitným a cieľovým hodnotám na základe celoročných meraní. Nebezpečné pre zdravie ľudí sú však aj krátkodobé, ale extrémne vysoké hodnoty koncentrácií znečisťujúcich látok. Preto bol z dôvodu ochrany zdravia obyvateľstva zavedený smogový varovný systém. V čase vyhlásenia smogovej situácie je v záujme ochrany zdravia potrebné dodržiavať pokyny štátnych orgánov, skrátiť vetranie obytných miestností. Najmä starší a chorí ľudia by mali počas smogových situácií obmedziť fyzickú aktivitu vonku.

Výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre SO_2 a NO_2 nebola na Slovensku vydaná už viac ako 5 rokov. Prekročenie informačného prahu pre O_3 sa vyskytuje sporadicky, naposledy bolo namerané v roku 2018 (počas 1 hodiny na Chopku a 2 hodín na AMS Bratislava, Mamateyova), v roku 2017 bol prekročený informačný prah počas 6 hodín na AMS Bratislava, Jeséniova a 8 hodín AMS Bratislava, Mamateyova).

Vyššie koncentrácie O_3 sú registrované najmä v letnom období, keďže chemické reakcie, pri ktorých vzniká O_3 závisia od intenzity slnečného žiarenia. V roku 2020 nebolo vydané oznámenie o vzniku smogovej situácie ani výstraha pred závažnou smogovou situáciou.

Najvyššie koncentrácie PM_{10} sa vyskytujú v chladnom polroku, pri ktorých je často hlavnou príčinou vykurovanie domácností tuhým palivom v súvislosti s nepriaznivou rozptylovou situáciou. Vzhľadom na charakter zimného obdobia v posledných rokoch počet upozornení na smogovú situáciu PM_{10} v roku 2020 oproti roku 2019 poklesol. Bola vydaná jedna výstraha pred závažnou smogovou situáciou a niekoľko oznámení o vzniku smogovej situácie (4 pre Ružomberok a po jednom pre Jelšavu, Krompachy a Martin). Podrobnejšia informácia o prekročeniach je uvedená v Kapitola **3**.

Kvalita ovzdušia v okolitých krajinách

Problémy s kvalitou ovzdušia v európskych krajinách sú podobné ako u nás, pričom koncentrácie základných znečisťujúcich látok (najmä prachových častíc) podobne ako na Slovensku v posledných rokoch postupne klesajú. Krajiny západnej Európy majú najmä v cestných kaňonoch veľkomiest výraznejší problém s NO_2. V Poľsku a v ČR sú v súvislosti s vykurovaním domácností tuhým palivom merané vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu. Vysoké hodnoty O_3 zaznamenávajú najmä krajiny južnej Európy.

Čo môže robiť laická verejnosť pre lepšiu kvalitu ovzdušia a ochranu svojho zdravia

Doprava:
- viac využívať verejnú dopravu,
- chodiť pešo alebo na bicykli,
- vyhýbať sa používaniu osobných automobilov v čase dopravnej špičky,
- používať nízko-emisné dopravné prostriedky (elektrické, hybridy),
- zdieľať používanie automobilov.

Vykurovanie:

- nespaľovať odpad, vrátane odpadového dreva (nábytok, okná a pod.),
- dbať na palivo, ktorým kúrime – špeciálne v oblastiach, kde sa vyhlasujú smogové situácie,
- v prípade kúrenia palivovým drevom, používať drevo dobre vysušené (sušené 1 až 2 roky), dbať na energetickú účinnosť v domácnostiach,
- dbať na správny režim vykurovania (pravidelne čistiť kotol a komín, pri používaní tuhého paliva
- prikladať častejšie a v menších dávkach, kontrolovať nastavenie regulačných klapiek a pod.

Ochrana zdravia v čase, keď je vyhlásená smogová situácia:

- dodržiavať pokyny štátnych orgánov,
- obmedzovať pohyb a fyzickú aktivitu vonku,
- skrátiť vetranie obytných miestností.

1 POPIS ÚZEMIA SR Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Znečisťujúce látky rozmanitých fyzikálnych a chemických vlastností sú uvoľňované do ovzdušia z prírodných zdrojov alebo následkom ľudskej činnosti, pričom kvalita ovzdušia závisí nielen od množstva emisií a priestorového rozloženia zdrojov znečisťovania ovzdušia, ale aj od meteorologických charakteristík a vlastností okolitého terénu.

Medzi procesy, ktoré vplývajú na znečisťujúce látky v ovzduší zahŕňame zmenu skupenstva (napr. kondenzácia pri ochladení horúcich spalín unikajúcich z komínov), chemické reakcie (napríklad oxidácia NO z cestnej dopravy na NO_2), prenos v horizontálnom aj vertikálnom smere (advekcia, konvekcia) a suchú, mokrú a skrytú depozíciu. Suchá depozícia predstavuje zachytávanie znečisťujúcich látok na zemskom povrchu alebo na vegetácii. Mokrá depozícia je vymývanie atmosférickými zrážkami, ktoré takto veľmi efektívne znižujú koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší a umožňujú ich prenos do iných zložiek životného prostredia – vody, pôdy a sedimentov. Skrytá depozícia je záchyt kvapiek hmly (pripadne oblakov) na rôznych povrchoch, najmä na povrchoch rastlín. Významnejšiu úlohu má v lesných porastoch v horských polohách.

Členitosť terénu ovplyvňuje rýchlosť a smer prúdenia vzduchu a je jednou z charakteristík, určujúcich podmienky pre rozptyl znečisťujúcich látok, ktoré sú na území SR nepriaznivé najmä v uzavretých horských kotlinách. Častý výskyt inverzií v týchto oblastiach je faktorom, ktorý komplikuje rozptyl znečisťujúcich látok a je jedným z dôvodov výskytu vysokých koncentrácií znečisťujúcich látok v zimnom období. Od veterných podmienok závisí aj potenciálny diaľkový prenos znečisťujúcich látok, keďže niektoré z nich môžu zotrvávať v ovzduší aj niekoľko dní. V nasledujúcom texte uvedieme stručne charakteristiku územia SR z hľadiska členitosti terénu a meteorologických prvkov, ktoré najviac ovplyvňujú kvalitu ovzdušia.

Veterné pomery

Smer prúdenia vzduchu je najviac ovplyvňovaný všeobecnou cirkuláciou vzduchu v strednej Európe a reliéfom krajiny. Na Slovensku prevláda západné a severozápadné prúdenie vzduchu (čo býva v niektorých lokalitách, najmä v priesmykoch, dolinách a kotlinách v dôsledku reliéfu modifikované). Na Záhorí prevažuje juhovýchodný vietor nad severozápadným, v Podunajskej nížine naopak. Severné prúdenie dominuje na strednom Považí, na Ponitrí a na východnom Slovensku.

Na nížinách západného Slovenska sa priemerná ročná rýchlosť vetra vo výške 10 metrov nad povrchom pohybuje v intervale od 3 do 4 $m \cdot s^{-1}$, na východnom Slovensku od 2 do 3 $m \cdot s^{-1}$.

V kotlinách je veternosť závislá od ich polohy a otvorenosti voči prevládajúcemu prúdeniu. Priemerná ročná rýchlosť vetra je v otvorenejších kotlinách (napr. v Považskom podolí, Podtatranskej kotline, Košickej kotline) od 2 do 3 $m \cdot s^{-1}$, v uzavretejších kotlinách, kde je i najväčší výskyt inverzií (napr. Zvolenská kotlina, Žiarska kotlina, Žilinská kotlina) od 1 do 2 $m \cdot s^{-1}$ a v uzavretých kotlinách (napr. Breznianska kotlina, Rožňavská kotlina, západná časť Liptovskej kotliny - v oblasti Ružomberka) je častejší výskyt bezvetria a priemerné rýchlosti vetra sú často ešte nižšie.

V pohoriach priemerná ročná rýchlosť vetra dosahuje 4 až 8 $m \cdot s^{-1}$. Aj v nižších polohách existujú lokality (Košice, Bratislava) s vyšším ročným priemerom rýchlosti vetra ako 4 $m \cdot s^{-1}$, pričom Bratislava patrí k najveternejším mestám strednej Európy.

Dobre ventilované oblasti sa môžu vyznačovať nižšími koncentráciami znečisťujúcich látok, napriek prítomnosti blízkych zdrojov znečisťovania ovzdušia.

- **Atmosférické zrážky**

Množstvo zrážok na Slovensku vo všeobecnosti pribúda s nadmorskou výškou o približne 50 – 60 mm na 100 m výšky. Ich ročný úhrn je zhruba od 500 mm (východná časť Žitného ostrova, oblasť Galanty a Senca) do 2 000 mm (Vysoké Tatry).

Relatívne nízke úhrny zrážok sú v tzv. dažďovom tieni pohorí. Týka sa to napríklad spišských kotlín, ktoré sú pomerne suché a chránené od juhozápadu až severozápadu Vysokými a Nízkymi Tatrami a od juhu Slovenským Rudohorím.

Najviac zrážok sa vyskytuje v júni až auguste (40 % – najdaždivejší je jún alebo júl), na jar je to 25 %, na jeseň 20 % a v zime 15 % zrážok (najmenej zrážok je v januári až marci).

Veľká premenlivosť zrážok počas roka spôsobuje najmä v nížinách časté a niekedy dlhotrvajúce obdobia sucha, ktoré vytvárajú podmienky pre zvýšenú eróziu pôdy nepokrytej vegetáciou. K najsuchším patrí Podunajská nížina, ktorá je najteplejšou a relatívne najveternejšou oblasťou Slovenska.

1.1 ROZDELENIE ÚZEMIA DO AGLOMERÁCIÍ A ZÓN V ROKU 2020

Zdroje znečisťovania sú v krajine rozmiestnené nerovnomerne. Kvôli efektívnemu hodnoteniu kvality ovzdušia je podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalite okolitého ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe a právnych predpisov SR (napr. Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov) územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie.

Zoznam aglomerácií a zón je uverejnený v Prílohe č. 11 k Vyhláške Ministerstva životného prostredia SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov a je uverejnený na stránke *SHMÚ.*

Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 32/2020 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení vyhlášky č. 296/2017 Z. z. nadobudla účinnosť 1. marca 2020.

1.1.1 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2020 pre SO_2, NO_2, NO_X, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO

Aglomerácie: Aglomerácia Bratislava (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy), Aglomerácia Košice (územie mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida. *Poznámka: Posledná novela vyhlášky o kvalite ovzdušia (č. 32/2020) upravila zoznam aglomerácií o zón oproti roku 2019. Obsahom zmeny bolo priradenie obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida k aglomerácii Košice, zároveň boli do zoznamu znečisťujúcich látok pre obe aglomerácie pridané polycyklické aromatické uhľovodíky.)*

Zóny: Banskobystrický kraj, Bratislavský kraj (bez Aglomerácie Bratislava), Košický kraj (bez Aglomerácie Košice), Nitriansky kraj, Prešovský kraj, Trenčiansky kraj, Trnavský kraj a Žilinský kraj. *Poznámka: Poslednou novelou vyhlášky o kvalite ovzdušia (č.32/2020) boli do zoznamu znečisťujúcich lázok pre zóny pridané polycyklické aromatické uhľovodíky.)*

Kapitola 1.1.1 obsahuje krátku charakteristiku zón a aglomerácií z hľadiska orografie a zdrojov znečisťovania ovzdušia.

- **AGLOMERÁCIA BRATISLAVA (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)**

Bratislava sa nachádza v členitom teréne s nadmorskou výškou od 126 m (v Čunove) po 514 m (Devínska Kobyla). Od juhozápadu na severovýchod sa tiahne pohorie Malých Karpát, západná časť Bratislavy leží na Záhorskej nížine a východnú a juhovýchodnú časť zaberá Podunajská nížina.

V oblasti Devínskej brány, ktorá oddeľuje Hainburgské vrchy a Devínske Karpaty a v oblasti Lamačskej brány medzi Devínskymi Karpatmi a Pezinskými Karpatmi dochádza k orografickému zvýšeniu rýchlosti vetra, čo priaznivo pôsobí na ventiláciu mesta. Bratislavou preteká rieka Dunaj využívaná na lodnú dopravu.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v Aglomerácii Bratislava

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v hlavnom meste je cestná doprava. Najviac áut v Bratislave prejde diaľničným obchvatom mesta D1 od prístavného mostu smerom na Žilinu (na najfrekventovanejšom úseku je to denne v priemere 93 344 vozidiel, z toho 12 762 nákladných a 80 058 osobných áut), diaľničným obchvatom D2 za mostom Lafranconi smerom do Rakúska a Maďarska (82 646 vozidiel, 11 913 nákladných a 70 519 osobných áut), cestou č. 2 (59 121 vozidiel, 3 273 nákladných a 55 545 osobných áut) vedúcou súbežne povedľa diaľnice R1 v Petržalke, cestou č. 61 (Trnavská cesta – 48 720 vozidiel, 3 420 nákladných a 45 141 osobných áut) a cestou 2. triedy č. 572 smerom na Most pri Bratislave (35 051 vozidiel, 2 915 nákladných a 31 984 osobných áut[1]).

Pre vykurovanie domácností v Bratislave je podľa údajov zo sčítania obyvateľstva využívaný najmä zemný plyn, podiel tuhých palív je v porovnaní s ostatnými zónami najnižší (pravdepodobne ide najmä o prikurovanie v prechodných ročných obdobiach s využitím krbov).

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

- **AGLOMERÁCIA KOŠICE (územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida)**

Mesto Košice sa nachádza v údolí Hornádu v Košickej kotline a podľa orografického členenia patrí do pásma vnútorných Karpát. Z juhozápadu zasahuje do oblasti Slovenský kras, na severe sa rozprestiera Slovenské Rudohorie a na východ od mesta sú Slanské vrchy. Veterné pomery v Košiciach sú charakteristické prevládajúcim prúdením zo severných smerov, oblasť je relatívne dobre ventilovaná.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v Aglomerácii Košice

V aglomerácii Košice, mestskej časti Košice-Šaca, sa nachádza priemyselný komplex zameraný na metalurgiu železa, ocele a výrobu koksu, ktorý je dominantným priemyselným zdrojom znečisťovania ovzdušia. Medzi ďalšie priemyselné zdroje patria i cementárne.

Kvalita ovzdušia v obciach Veľká Ida, Haniska, Sokoľany a Bočiar a v menšej miere aj v Košiciach je ovplyvnená zdrojmi znečisťovania z neďalekého priemyselného komplexu. Relatívne priaznivou okolnosťou je tu prevládajúce prúdenie zo severných smerov.

Okrem toho je zdrojom znečisťovania ovzdušia v Košiciach cestná doprava s najvyššou intenzitou na obchvate centra mesta – úsek PR3 (juhovýchodný obchvat) s denným priemerným maximom 50 895 vozidiel (6 905 osobných a 43 827 nákladných áut), rýchlostná cesta R2 (južný obchvat) s 32 061 vozidlami (4 166 nákladných a 27 751 osobných áut), cesta č. 547 (severný obchvat) s 28 756 vozidlami (2 004 nákladných a 26 631 osobných áut) a úsek cesty PR3 (východný obchvat) s 36 261 vozidlami (6 056 nákladných a 30 103 osobných áut)[2].

Vykurovanie domácností zabezpečujú čiastočne mestské teplárne, v prípade samostatného vykurovania je prevažujúcim palivom zemný plyn.

---

[1] *https://www.ssc.sk/files/documents/dopravne-inzinierstvo/csd_2015/ba/scitanie_tabulka_ba_2015.pdf*; *Celoštátne sčítanie dopravy, ktoré sa uskutočňuje v SR každých 5 rokov bolo v roku 2020 v dôsledku pretrvávajúcich, resp. nových opatrení, ktoré sú prijímané v súvislosti so zamedzením šírenia ochorenia COVID-19 odložené, preto vychádzame z údajov za rok 2015;*

[2] *https://www.ssc.sk/files/documents/dopravne-inzinierstvo/csd_2015/ke/scitanie_tabulka_ke_2015.pdf*

ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ (bez Aglomerácie Bratislava)

Bratislavský kraj je rozlohou najmenší z krajov na území Slovenska, zahŕňa južnú časť Malých Karpát, Záhorskú a väčšiu časť Podunajskej nížiny. Povrch zóny je zväčša rovinatý. Nadmorská výška územia sa pohybuje v rozmedzí od 126 m n. m. po 754 m n. m. (vrch Vysoká). Najľudnatejšími mestami sú okresné mestá Pezinok, Senec a Malacky. Priemerná hustota osídlenia v okrese Malacky je výrazne nižšia ako v ostatných okresoch Bratislavského kraja.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Bratislavský kraj

Pre vykurovanie domácností v tejto zóne je podľa údajov zo sčítania obyvateľstva využívaný najmä zemný plyn, podiel tuhých palív tu patrí v porovnaní s ostatnými zónami medzi najnižšie.

Významnejším zdrojom emisií do ovzdušia je cestná doprava, ktorá sa sústreďuje v najvyššej miere na diaľničné ťahy. Výsledky celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 hovoria, že diaľnica D1 vedúca do Senca dosahuje dennú intenzitu v priemere 62 652 vozidiel (10 385 nákladných a 52 260 osobných áut), zatiaľ čo diaľnica D2 smerujúca z Bratislavy do Malaciek a Brna v úseku pri Stupave 32 968 vozidiel (9 787 nákladných a 23 132 osobných áut) [3].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia s výnimkou cementární (ich príspevok sa môže prejaviť najmä v hrubej veľkostnej frakcii prachových častíc) sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

ZÓNA TRNAVSKÝ KRAJ

Trnavský kraj je prevažne nížinatého a pahorkatinného charakteru. Dve významné nížiny – Podunajskú a Záhorskú – oddeľujú Malé Karpaty, ktoré majú výrazný vplyv na prúdenie vzduchu. V severozápadnej časti zasahuje na územie kraja výbežok Považského Inovca. Najvyšším bodom kraja sú Záruby s výškou 768 m n. m., ale jeho prevažná časť leží vo výškach pod 200 m n. m. Väčšie uzavreté kotliny sa v Trnavskom kraji nevyskytujú.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Trnavský kraj

Pre vykurovanie domácností v tejto zóne sa podľa údajov zo sčítania obyvateľstva využíva najmä zemný plyn, podiel tuhých palív patrí v porovnaní s ostatnými zónami medzi najnižšie, mierne vyššia je tu spotreba palivového dreva v hornatejšej oblasti Malých Karpát.

Cestná doprava v Trnavskom kraji sa podieľa na znečistení ovzdušia na prvom mieste na týchto komunikáciách – na úseku diaľnice D1 pred Trnavou z Bratislavy (denne po nej prejde v priemere 54 519 vozidiel, 7 615 nákladných a 46 881 osobných áut) a na rýchlostnej ceste R1 Trnava-Sereď (39 058 vozidiel v priemere denne, 7 449 nákladných a 31 599 osobných). Mimo diaľnic a rýchlostných ciest je najväčšia intenzita cestnej dopravy v tomto kraji na obchvate Trnavy (cesta č. 61) s 25 111 vozidlami v priemere denne (2 806 nákladných a 22 242 osobných áut), na úseku cesty č. 51 spájajúcej Trnavu so Senicou s 16 915 vozidlami (2 586 nákladných a 14 270 osobných áut), na ceste č. 426 Holíč-Skalica so 14 422 vozidlami (1 712 nákladných a 12 686 osobných áut), na ceste č. 499 z Piešťan do Vrbového s 14 590 vozidlami (1 665 nákladných a 12 855 osobných áut), na úseku cesty č. 63 za Šamorínom (smer Dunajská streda - Veľký Meder) s 12 914 vozidlami (1 991 nákladných a 10 849 osobných áut) a na ceste č. 513 vedúcej z Hlohovca na západ s 12 507 vozidlami denne (2 450 nákladných a 10 004 osobných áut)[4].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú tu z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

[3] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/bratislavsky-kraj.ssc*

[4] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/trnavsky-kraj.ssc*

ZÓNA NITRIANSKY KRAJ

Nitriansky kraj sa z väčšej časti rozkladá na Podunajskej nížine, čiastočne sem zasahujú pohoria Považský Inovec, Tríbeč, Pohronský Inovec a Štiavnické vrchy. Najvyšším bodom je Panská Javorina (943 m n. m.), najnižšia nadmorská výška v Nitrianskom kraji dosahuje okolo 100 m n. m. Oblasť kraja je z väčšej časti dobre ventilovaná.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Nitriansky kraj

Dominantnými zdrojmi znečisťovania ovzdušia v Nitrianskom kraji je cestná doprava. Pre vykurovanie domácností sa tu využíva najmä zemný plyn, podiel tuhých palív je v porovnaní s ostatnými zónami nižší, s výnimkou hornatejšej oblasti na severe kraja (podľa údajov zo sčítania obyvateľstva).

Charakteristika cestnej dopravy: najfrekventovanejšia je rýchlostná cesta R1 na úseku pred Nitrou z Trnavy s priemerným denným počtom 28 785 vozidiel (5 582 nákladných a 23 154 osobných áut), úsek cesty č. 64 v Nitre (23 436 vozidiel, 3 503 nákladných a 19 798 osobných áut), úsek cesty č. 63 spájajúcej Veľký Meder a Komárno (21 847 vozidiel, v tom 2 171 nákladných a 19 573 osobných áut), úsek cesty č. 75 zo Šale do Nových Zámkov (20 019 vozidiel, 2 848 nákladných a 17 045 áut), cesta č. 51 prechádzajúca Levicami (17 367 vozidiel, 2 162 nákladných a 15 146 osobných áut) a rýchlostná cesta R1 pri Zlatých Moravciach 17 998 vozidiel (z toho 4 119 nákladných a 13 802 osobných áut)[5].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú tu z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. V závislosti od meteorologických podmienok sa v Nitrianskom kraji môže prejaviť vplyv chemického priemyslu.

ZÓNA TRENČIANSKY KRAJ

Reliéf Trenčianskeho kraja je s výnimkou Hornonitrianskej kotliny prevažne hornatý, zahŕňa Myjavskú pahorkatinu a Biele Karpaty, čiastočne Považský Inovec, Javorníky, Vtáčnik a Strážovské vrchy. Najvyšším bodom je Vtáčnik s nadmorskou výškou 1 346 m n. m., najnižší bod má 165 m n. m. Zóna je z prevažnej časti dobre ventilovaná, nižšie rýchlosti vetra sa vyskytujú v údolí Váhu.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj

Vykurovanie domácností je v hornatejšej časti kraja významnejším zdrojom znečisťovania ovzdušia než v Trnavskom, či Bratislavskom kraji. Vo väčších mestách sa používa najmä zemný plyn, palivové drevo sa používa vo väčšej miere v hornatej severnej časti kraja.

Charakteristika cestnej dopravy: v tomto kraji dominuje z hľadiska hustoty automobilovej dopravy cesta č. 61 v okrese Trenčín s 32 705 vozidlami (3 349 nákladných a 29 128 osobných áut), diaľnica D1 s hustotou od 21 000 – 28 000 vozidiel (v okrese Trenčín, na najfrekventovanejšom úseku 5 666 nákladných a 22 392 osobných áut), cesta č. 64 v okrese Prievidza s 18 014 vozidlami (2 457 nákladných a 15 452 áut), cesta č. 54 v okrese Nové Mesto nad Váhom s 17 261 vozidlami (2 293 nákladných a 14 861 osobných áut), cesta č. 507 v okrese Trenčín s 18 979 vozidlami (2 193 nákladných a 16 743 osobných áut), cesta č. 517 v okrese Považská Bystrica s 18 026 vozidlami (2 440 nákladných a 15 453 osobných áut) a cesta č. 1774 v okrese Prievidza s 18 329 vozidlami (1 245 nákladných a 16 998 osobných áut)[6].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú tu z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné s výnimkou cementární. Významnejšie sa prejavuje vplyv tepelnej elektrárne, ktorý však v závislosti od meteorologických podmienok prispieva viac k regionálnemu pozadiu.

[5] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/nitriansky-kraj.ssc*

[6] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/trenciansky-kraj.ssc*

ZÓNA ŽILINSKÝ KRAJ

Územie Žilinského kraja je prevažne hornaté, patrí do Západných Karpát. Rieka Váh územie rozdeľuje na severnú a južnú časť. V severnej sa nachádzajú pohoria Vysoké, Západné a Belianske Tatry, Skorušinské vrchy, Oravské Beskydy, Oravská Magura, Oravská vrchovina, Chočské vrchy, Krivánska Fatra, Kysucké Beskydy, Kysucká vrchovina a Javorníky, v južnej Nízke Tatry, Veľká Fatra, Lúčanská Fatra a Strážovské vrchy. Najvyšším bodom je Kriváň s nadmorskou výškou 2 494 m n. m., najnižší bod má 285 m n. m. Územie je tiež charakteristické hlbokými a uzavretými kotlinami, čo nepriaznivo vplýva na ventiláciu a tým aj na rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší.

Zdroje znečisťovania ovzdušia

V hornatej časti kraja je vykurovanie domácností tuhým palivom významným zdrojom znečistenia ovzdušia. Automobilová doprava ho ovplyvňuje najintenzívnejšie v okresoch Žilina, Martin a Bytča. V prvom z nich cesta č. 11 dosahuje denný priemerný počet 37 927 vozidiel (6 867 nákladných a 30 972 osobných áut), cesta č. 18 v priemere denne 32 334 vozidiel (3 736 nákladných a 28 523 osobných áut), 30 659 vozidiel je denne na ceste č. 18A (6 080 nákladných a 24 513 osobných áut) a 23 579 vozidiel na diaľnici D3 (5 661 nákladných a 17 819 osobných áut). V okrese Martin premávku na ceste č. 65 denne tvorí v priemere 22 973 vozidiel (2 767 nákladných a 20 153 osobných áut) a na ceste č. 65 denne 23 002 vozidiel (2932 nákladných a 19 982 osobných áut). V okrese Bytča diaľnicou D1 prechádza denne v priemere 23 956 vozidiel (5 141 nákladných a 18 725 osobných áut)[7].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia, ako sú papierne, cementárne, výroba vápna, či ferozliatín sú v tomto kraji z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

ZÓNA BANSKOBYSTRICKÝ KRAJ

Povrch Banskobystrického kraja je prevažne hornatý, pričom horské kotliny na tomto území sa vyznačujú v závislosti od orografie nízkymi rýchlosťami vetra a častými teplotnými inverziami, a to najmä v zimnom období. Na severe okresu sa nachádzajú vyššie pohoria Nízke Tatry a výbežky Veľkej Fatry. Pomerne veľkú časť zaberajú stredne vysoké pohoria – Slovenské Rudohorie, Štiavnické vrchy a Krupinská planina v centrálnej časti okresu. Juh okresu sa vyznačuje nižšími nadmorskými výškami – nachádza sa tu Juhoslovenská kotlina a Cerová vrchovina. Najvyšší bodom kraja je Ďumbier s výškou 2 046 m n. m., najnižší bod leží 124 m n. m.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v Banskobystrickom kraji je vykurovanie domácností, najmä v severnej časti, kde je podiel využitia palivového dreva v porovnaní s ostatnými oblasťami najvyšší. Lokálne je dôležitá aj cestná doprava. Najvyššiu intenzitu dosahuje v okrese Banská Bystrica – na diaľnici R1 (denne ňou v priemere prechádza 40 011 vozidiel, 4 644 nákladných a 35 174 osobných áut) a na ceste č. 66 (34 559 vozidiel, 2 740 nákladných a 31 719 osobných áut). Významnou z hľadiska zaťaženosti komunikácií je cesta č. 50 v okrese Zvolen, Detva a Žiar nad Hronom – s úrovňou 29 988 vozidiel (19 % nákladných), 16 707 vozidiel (23 % nákladných áut) a 14 357 vozidiel (11 % nákladných áut) – a cesta č. 66 v okresoch Zvolen (14 715 vozidiel, 2 534 nákladných áut a 12 135 osobných áut) a Brezno (12 289 vozidiel, 1 659 nákladných a 10 559 osobných áut). V okrese Lučenec sú dôležitými cesty č. 585, č. 50 a č. 75, pričom najhustejšia premávka je na prvej z nich (13 815 vozidiel, 1 387 nákladných a 12 370 osobných áut) [8].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia, ako je metalurgia neželezných kovov sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. V závislosti od meteorologických podmienok sa v tomto kraji môže prejaviť aj vplyv teplární.

---

[7] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/zilinsky-kraj.ssc*

[8] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/banskobystricky-kraj.ssc*

ZÓNA PREŠOVSKÝ KRAJ

Prešovský kraj sa vyznačuje prevažne hornatým reliéfom, najvyšším bodom je Gerlachovský štít – výška 2 655 m n. m., najnižší bod má nadmorskú výšku 109 m. Jeho územie zaberajú prevažne vonkajšie Karpaty (Spišská Magura, Podtatranská brázda, Spišsko-šarišské medzihorie, Levočské vrchy, Bachureň, Šarišská vrchovina, Pieniny, Ľubovnianska vrchovina, Čergov, Busov, Ondavská a Laborecká vrchovina, Beskydské predhorie a Bukovské vrchy). Vysoké Tatry, naše najvýznamnejšie pohorie, patria k vnútorným Karpatom.

Zdroje znečisťovania ovzdušia

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v Prešovskom kraji je vykurovanie domácností. A to najmä v menších obciach v hornatej časti územia, kde je najvyšší podiel využitia palivového dreva porovnaní s ostatnými oblasťami kraja. Ďalším zdrojom emisií je cestná doprava. Na základe celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 vieme, že v priemere denne 30 731 vozidiel (4 025 nákladných a 26 528 osobných áut) – čo je najviac v kraji – prechádza cestou č. 18 v okrese Prešov. Veľmi frekventovanou v tomto okrese je aj cesta č. 3450 (23 597 vozidiel, 3 009 nákladných a 20 518 osobných). Pre porovnanie – vyťaženosť diaľnice D1 v kraji je nižšia, s maximom 16 560 vozidiel (4 002 nákladných a 12 527 osobných áut) v okrese Prešov. Iné cesty s hustou premávkou – v okrese Poprad cesta č. 3080 s 21 639 vozidlami v dennom priemere (1 573 nákladných a 19 997 osobných áut) a cesta č. 67 s 21 488 vozidlami (1 378 nákladných a 20 058 osobných áut), v okrese Humenné cesta č. 74 s 18 790 vozidlami (1 481 nákladných a 17 213 osobných áut), v okrese Bardejov cesta č. 77 s 19 833 vozidlami (2 315 nákladných a 17 441 osobných áut), v okrese Humenné cesta č. 74 s 18 790 vozidlami (1 481 nákladných a 17 213 osobných áut), v okrese Vranov nad Topľou cesta č. 18 s 17 371 vozidlami (2 958 nákladných a 14 340 osobných áut) a v okrese Kežmarok cesta č. 67 s 17 095 vozidlami (2 306 nákladných a 14 733 osobných áut) [9].

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia v kraji sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. V závislosti od meteorologických podmienok sa tu môže prejaviť vplyv drevospracujúceho priemyslu a teplární.

ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ (bez Aglomerácie Košice)

Reliéf východnej časti Košického kraja má prevažne rovinatý charakter vďaka Východoslovenskej rovine, ktorú od Košickej kotliny oddeľujú Slanské vrchy. Na hranici s Prešovským krajom sa tiahnu Vihorlatské vrchy, zo západu na východ sa rozprestiera Hornádska kotlina. V západnej, hornatejšej časti kraja, sa tiahnu Volovské vrchy oddelené od Slovenského krasu Rožňavskou kotlinou. Hornádska kotlina na severnej časti územia zasahuje do južnej časti Prešovského kraja. Najvyšší bod Košického kraja je Stolica, najvyšší bod Stolických vrchov má nadmorskú výšku 1 476 m, najnižší bod má nadmorskú výšku 94 m.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Košický kraj

V hornatej oblasti západnej časti Košického kraja je významným zdrojom znečisťovania ovzdušia vykurovanie domácností využívajúcich tuhé palivá, najmä palivové drevo. Situáciu komplikujú nepriaznivé rozptylové podmienky v oblastiach s nízkou rýchlosťou vetra.

Najvyťaženejšie cesty v tomto kraji (mimo Košíc) – cesta č. 50 v okrese Michalovce s 14 783 vozidlami (1 721 nákladnými a 13 021 osobnými autami), cesta č. 3244 v okrese Spišská Nová Ves s 12 384 vozidlami (1 391 nákladných a 10 872 osobných áut), cesta č. 526 v okrese Rožňava s 10 433 vozidlami (626 nákladných a 9 747 osobných áut) a cesta č. 3710 v okrese Trebišov s 9 328 vozidlami (614 nákladných a 8 686 osobných áut) [10].

[9] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/presovsky-kraj.ssc*

[10] *https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/kosicky-kraj.ssc*

Tab. 1.1 obsahuje informáciu o rozlohe a osídlení jednotlivých krajov podľa údajov, ktoré sú k dispozícii na web stránkach ŠÚ SR.

Tab. 1.1 *Rozloha a hustota osídlenia a počet obyvateľov v jednotlivých krajoch SR.*

	Plocha [km^2]	**Počet obyvateľov ***
Bratislavský kraj	2 053	677 024
Trnavský kraj	4 146	565 324
Trenčiansky kraj	4 502	582 567
Nitriansky kraj	6 344	671 507
Žilinský kraj	6 809	691 139
Banskobystrický kraj	9 454	643 102
Prešovský kraj	8 973	827 026
Košický kraj	6 754	802 092

** Stav k 31. 12. 2020* *Zdroj: Štatistický úrad SR*

1.1.2 Rozdelenie územia do zón a aglomerácií v roku 2020 pre arzén, kadmium, nikel, olovo a ozón

Aglomerácia: Aglomerácia Bratislava (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)

Zóna: Slovensko (bez Aglomerácie Bratislava)

Ťažké kovy As, Cd, Ni a Pb v súčasnosti nepredstavujú problém z hľadiska prekračovania limitných či cieľových hodnôt na území SR, na rozdiel napríklad od Poľska, kde vysoký podiel vykurovania uhlím spôsobuje problém s vysokými koncentráciami As počas chladného polroka, čo sa premietne aj do vysokých priemerných ročných hodnôt (*Air quality in Europe - 2019*, s. 48). Hoci návrat k spaľovaniu tuhých palív je možné pozorovať aj na našom území, na rozdiel od Poľska ide najmä o drevo, preto u nás nepozorujeme problém s vysokými koncentráciami arzénu.

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, významný je podiel prenosu zo stratosféry a nezanedbateľný je aj cezhraničný prenos (*EMEP, 2019*). Cestná doprava vo väčších mestách je zdrojom prekurzorov ozónu, oxidy dusíka však naopak spôsobujú titráciu ozónu (chemická reakcia ozónu s oxidmi dusíka, pri ktorej sa ozón rozkladá) v blízkosti dopravne najvyťaženejších komunikácií. Cieľová hodnota ozónu na ochranu ľudského zdravia býva na území SR obzvlášť vo fotochemicky aktívnejších rokoch na viacerých miestach prekročená, možnosti zlepšenia situácie lokálnymi opatreniami sú obmedzené.

Ako uvádza Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 32/2020 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení vyhlášky č. 296/2017 Z. z., zónou pre arzén, kadmium, nikel, olovo a ozón je celé územie SR bez Aglomerácie Bratislava.

1.2 ZOZNAM OBLASTÍ RIADENIA KVALITY OVZDUŠIA PRE ROK 2020

Zóny a aglomerácie tvoria rozsiahle územia a súhrnne pokrývajú celé územie SR. V každej zóne je priestorové rozloženie koncentrácií znečisťujúcich látok pomerne variabilné – obsahuje zvyčajne územia s významnými zdrojmi emisií a zhoršenou kvalitou ovzdušia, ale aj pomerne čisté oblasti bez zdrojov. Z dôvodu uľahčenia riadenia kvality ovzdušia boli definované tzv. oblasti riadenia kvality ovzdušia. Tieto oblasti sú podmnožinou jednotlivých zón – každá zóna ich môže obsahovať niekoľko.

Ak namerané koncentrácie niektorej znečisťujúcej látky v ovzduší na danej monitorovacej stanici prekročia v sledovanom roku limitnú alebo cieľovú hodnotu, príslušné územie, ktoré stanica svojim meraním reprezentuje, je podľa Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov

vyhlásené za oblasť riadenia kvality ovzdušia (ORKO). Okresný úrad v sídle kraja vypracuje pre túto oblasť Program na zlepšenie kvality ovzdušia. Ak sú limitné hodnoty alebo cieľové hodnoty prekračované pre viac znečisťujúcich látok, okresný úrad v sídle kraja vypracuje pre ORKO integrovaný program.

Sledovanie a hodnotenie kvality ovzdušia vykonáva Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) ako poverená organizácia vo všetkých aglomeráciách a zónach pre znečisťujúce látky, pre ktoré sú určené limitné hodnoty alebo cieľové hodnoty a pre prekurzory ozónu, spôsobom ustanoveným vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. d).

SHMÚ každoročne na základe monitorovania znečistenia ovzdušia (za obdobie dlhšie ako jeden rok) navrhuje zoznam ORKO, pričom zoznam zón a aglomerácií zostáva nezmenený. Znečisťujúca látka je vyňatá zo zoznamu ORKO až potom, keď koncentrácie znečisťujúcej látky na stanici tri roky za sebou nepresiahnu limitnú hodnotu.

Oblasti riadenia kvality ovzdušia v SR, navrhnuté SHMÚ na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2017 – 2019 pre rok 2020 sú uvedené v **Tab. 1.2**.

Tab. 1.2 *Oblasti riadenia kvality ovzdušia pre rok 2020, vymedzené na základe merania v rokoch 2017 – 2019 (s prihliadnutím na výsledky meraní v predchádzajúcich rokoch v prípade nedostatočného počtu platných meraní).*

AGLOMERÁCIA Zóna	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka	Plocha [km^2]	Počet obyvateľov *
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	NO_2	368	440 948
KOŠICE	územia mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida	PM_{10}, BaP	296	246 344
Banskobystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM_{10}, BaP	103	77 719
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrá Lúka, Revúcka Lehota	PM_{10}, $PM_{2,5}$, BaP	109	6 316
	územie mesta Hnúšťa a doliny rieky Rimavy od miestnej časti Hnúšťa - Likier po mesto Tisovec	PM_{10}	191	11 426
Košický kraj	územie mesta Krompachy	PM_{10}, BaP	23	8 658
Prešovský kraj	územia mesta Prešov a obce Ľubotice	PM_{10}, NO_2	79	91 570
Trenčiansky kraj	územie mesta Trenčín	PM_{10}	82	55 416
	územie okresu Prievidza	BaP	43	45 141
Žilinský kraj	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	PM_{10}	145	29 386
	územie mesta Žilina	PM_{10}, $PM_{2,5}$, BaP	80	80 386

** Stav k 31. 12. 2020*

2 MONITOROVACIA SIEŤ KVALITY OVZDUŠIA

Napriek tomu, že na Slovensku sa prvé merania znečisťujúcich látok v ovzduší uskutočnili už v druhej polovici päťdesiatych rokov 20. stor., systematický monitoring sa na našom území začal v roku 1967, keď vstúpil do platnosti prvý zákon o ochrane ovzdušia (Zákon č. 35/1967 Zb. o opatreniach proti znečisťovaniu ovzdušia). Merania, ktoré spočiatku zahŕňali iba SO_2 a prašný spád v Bratislave, Košiciach a okolí, boli postupne dopĺňané o iné znečisťujúce látky a lokality. Legislatíva sa niekoľkokrát zmenila, pričom súčasná podoba je implementáciou legislatívy EÚ (smernice Európskeho parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalite okolitého ovzdušia a čistejšom ovzduší v Európe).

Keďže cieľom monitoringu je čo najlepšie charakterizovať kvalitu ovzdušia s ohľadom na ochranu zdravia obyvateľstva, štruktúra monitorovacej siete bola navrhnutá tak, aby jednotlivé stanice charakterizovali mieru znečistenia v najzaťaženejších oblastiach – v minulosti to boli najmä miesta v blízkosti veľkých priemyselných zdrojov znečisťovania ovzdušia. Tieto stanice sú i dnes súčasťou monitorovacej siete, podobne ako lokality zaťažené emisiami z cestnej dopravy. Postupne sa plán monitoringu rozširuje aj na meranie v tých lokalitách, kde je dominantným zdrojom znečistenia ovzdušia vykurovanie domácností.

Monitoringom sú pokryté aj miesta dostatočne vzdialené od zdrojov antropogénneho znečistenia ovzdušia. Monitorovacie stanice umiestnené v týchto oblastiach sa nazývajú regionálnymi (vidieckymi) pozaďovými stanicami. Keďže znečisťujúce látky v závislosti od svojich vlastností (napr. sedimentačná rýchlosť, chemická reaktivita) zotrvávajú v ovzduší aj niekoľko dní, môžu sa podľa prúdenia vzduchových hmôt prenášať na veľké vzdialenosti a vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok sa tak môžu vyskytnúť aj v zdanlivo čistých horských oblastiach. Monitorovanie kvality ovzdušia na regionálnych pozaďových staniciach má podstatnú úlohu aj pri hodnotení dlhodobých trendov kvality ovzdušia, keďže tieto trendy sú pri ostatných staniciach ovplyvnené predovšetkým miestnymi zdrojmi.

Sieť meracích staníc – pomenovaná ako *Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia* (NMSKO) – sa začala budovať ešte v ČSFR v roku 1991 (Závodský, 2010) a v súčasnosti zahŕňa kontinuálne meranie pomocou automatických prístrojov a manuálne meranie založené na odbere vzoriek a chemických analýzach v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ. Manuálny monitoring pokrýva meranie koncentrácií ťažkých kovov, prchavých organických zlúčenín (*volatile organic compounds – VOC*) a polycyklických aromatických uhľovodíkov (*polycyclic aromatic hydrocarbons – PAH*) v ovzduší a tiež monitoring kvality ovzdušia a analýzy kvality zrážok na regionálnych pozaďových staniciach s monitorovacím programom EMEP (*Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmisssion of Air Pollutants in Europe*). Rozmiestnenie monitorovacích staníc siete NMSKO a ich merací program v roku 2020 zachytáva **Obr. 2.1**.

Podrobný zoznam monitorovacích prístrojov jednotlivých staníc a metód, ktoré prístroje využívajú je v „Prílohe A – Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia - 2020“.

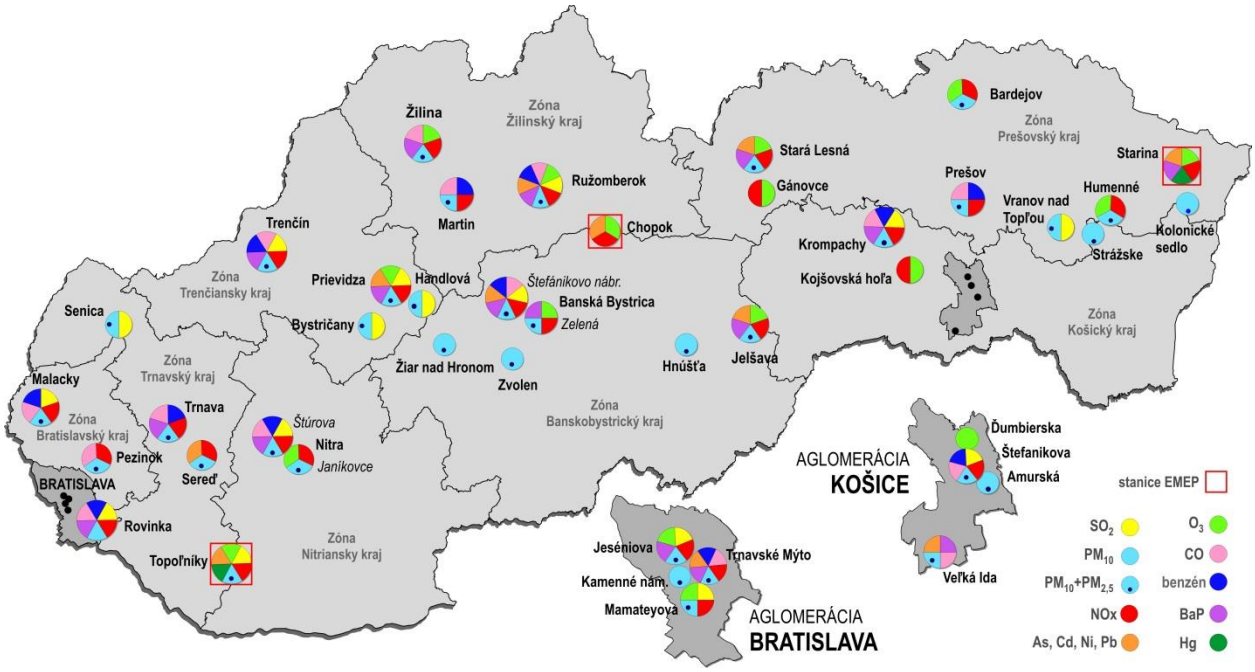
V roku 1979 bol v Ženeve podpísaný Dohovor EHK OSN o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom hranicami štátov (ďalej Dohovor). Doteraz bolo v rámci Dohovoru podpísaných osem protokolov. Prvým z nich je Protokol o dlhodobom financovaní programu spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového šírenia látok znečisťujúcich ovzdušie v Európe (EMEP) (Ženeva, 1984).

EMEP je v zmysle Dohovoru záväzný pre všetky európske štáty. Jeho cieľom je monitorovať, modelovať a hodnotiť diaľkový prenos znečisťujúcich látok v Európe a vypracovávať podklady pre stratégiu znižovania európskych emisií. Európska monitorovacia sieť EMEP má v súčasnosti 181 regionálnych staníc, vrátane štyroch slovenských EMEP staníc, ktoré sú súčasťou NMSKO. Prvá EMEP stanica na území SR vznikla na Chopku pri meteorologickom observatóriu SHMÚ v nadmorskej výške 2008 m. Merania kvality ovzdušia sa tu začali realizovať v roku 1977.

Stanica Chopok je súčasťou siete EMEP a siete GAW/BAPMoN/WMO od roku 1978. EMEP stanica Stará Lesná (nadmorská výška 808 m n. m.) je v prevádzke od roku 1988, od roku 1992 je súčasťou siete EMEP. EMEP stanica Starina sa nachádza v areáli vodnej nádrže Starina, v blízkosti štátnej hranice s Ukrajinou a Poľskom, v nadmorskej výške 345 m nad morom. Merania sa tu začali vykonávať v roku 1994, odkedy je stanica aj súčasťou siete EMEP. EMEP stanica Topoľníky sa nachádza pri Malom Dunaji, 7 km juhovýchodne od dediny Topoľníky v rovinatom teréne Podunajskej nížiny. Merania sa tu uskutočňujú od roku 1983, od roku 2000 je súčasťou siete EMEP.

Monitorovací program siete EMEP sa na staniciach postupne rozširoval. Merania zlúčenín síry a analýzy zrážok postupne dopĺňali oxidy dusíka, dusičnany, amónne ióny v ovzduší, tuhé častice, ozón a v roku 1994 sa začali v spolupráci s medzinárodným Chemickým koordinačným centrom EMEP – Nórskym ústavom pre atmosférický výskum v Kjelleri – realizovať merania prchavých organických zlúčenín. Neskôr boli začlenené do programu aj merania ťažkých kovov.

Obr. 2.1 *Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia v roku 2020.*

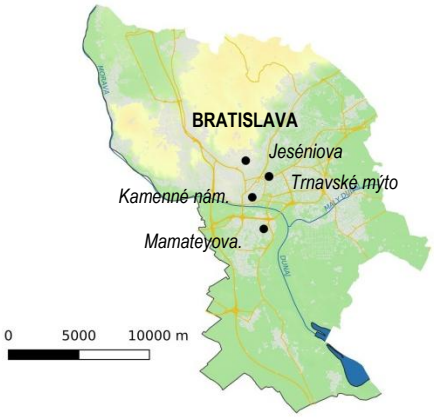


Nasledujúce tabuľky obsahujú informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia patriacich do NMSKO podľa aglomerácií a zón:

- medzinárodný EoI kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozaďová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice,
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM_{10}, $PM_{2,5}$, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého, benzénu a ortuti. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky, výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty. Výnimkou sú EMEP stanice, ktorých monitorovací program je popísaný v **Tab. 2.1** a **Tab. 2.2**.

Aglomerácia Bratislava

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Bratislava I	SK0004A	Bratislava, Kamenné nám.	U	B	17°06'49"	48°08'41"	139										
Bratislava III	SK0002A	Bratislava, Trnavské mýto	U	T	17°07'44"	48°09'30"	136										
Bratislava III	SK0048A	Bratislava, Jeséniova	S	B	17°06'22"	48°10'05"	287										
Bratislava V	SK0001A	Bratislava, Mamateyova	U	B	17°07'31"	48°07'29"	138										
							Spolu	4	4	3	2	2	1	1		1	2

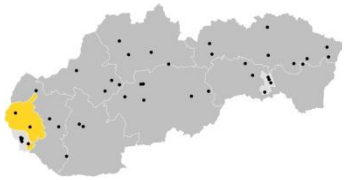


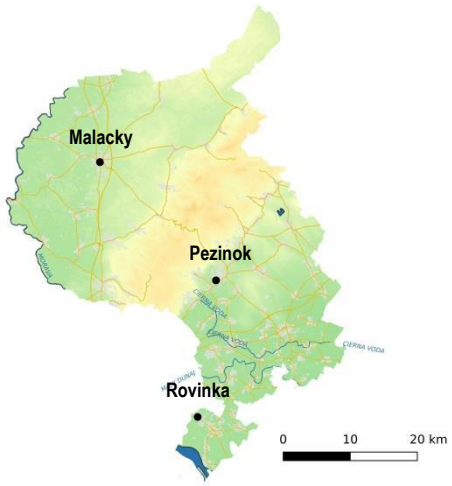
Typ oblasti: *U – mestská*
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: *B – pozaďová*
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Bratislavský kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Malacky	SK0407A	Malacky, Mierové nám.	U	T	17°01'09"	48°26'13"	197										
Pezinok	SK0075A	Pezinok	U	B	17°15'35"	48°17'00"	150										
Rovinka	SK0076A	Rovinka, mobilná stanica	S	B	17°13'50"	48°05'59"	129										
							Spolu	3	2	3	2		3	2			1





Typ oblasti: *U – mestská*
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: *B – pozaďová*
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Trnavský kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Dunajská Streda	SK0007R	Topoľníky, Aszód, EMEP	R	B	17°51'37"	47°57'34"	113									*	
Senica	SK0021A	Senica, Hviezdoslavova	U	T	17°21'47"	48°40'51"	212										
Trnava	SK0045A	Trnava, Kollárova	U	T	17°35'06"	48°22'17"	152										
Sereď	SK0063A	Sereď, Vinárska	U	B	17°44'07"	48°17'01"	130										
							Spolu	4	4	3	2	1	1	1	1	2	1

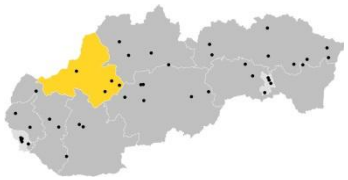
* *Monitoring ťažkých kovov na stanici Topoľníky prebieha podľa monitorovacieho programu EMEP (Tab. 2.1).*

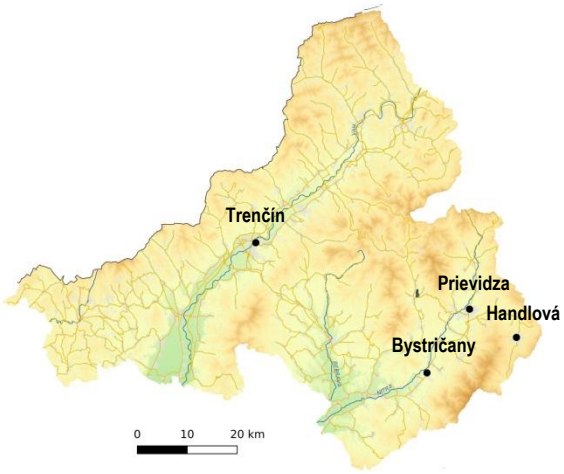
Typ oblasti: *U – mestská*
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: *B – pozaďová*
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Trenčiansky kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Prievidza	SK0013A	Bystričany, Rozvodňa SSE	S	B	18°30'51"	48°40'01"	261										
Prievidza	SK0027A	Handlová, Morovianska cesta	U	B	18°45'23"	48°43'59"	448										
Prievidza	SK0050A	Prievidza, Malonecpalská	U	B	18°37'41"	48°46'58"	276										
Trenčín	SK0047A	Trenčín, Hasičská	U	T	18°02'29"	48°53'47"	214										
							Spolu	4	4	2	4	1	1	1		1	2



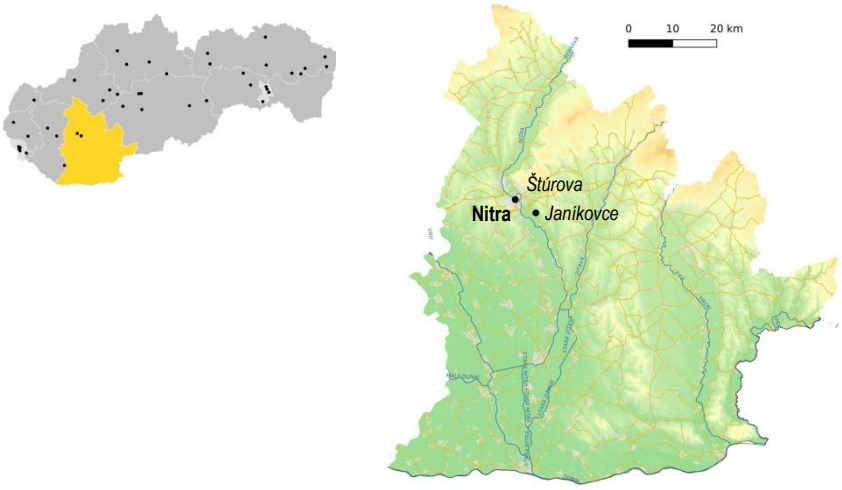


Typ oblasti: *U – mestská*
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: *B – pozaďová*
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Nitriansky kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadmorská výška [m]	Merací program – Kontinuálne: PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	Manuálne: As, Cd, Ni, Pb	BaP
Nitra	SK0269A	Nitra, Štúrova	U	T	18°04'37"	48°18'34"	143										
Nitra	SK0134A	Nitra, Janíkovce	U	B	18°08'27"	48°16'59"	149										
							Spolu	2	2	2	1	1	1	1			1



Typ oblasti: U – mestská
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: B – pozaďová
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Banskobystrický kraj

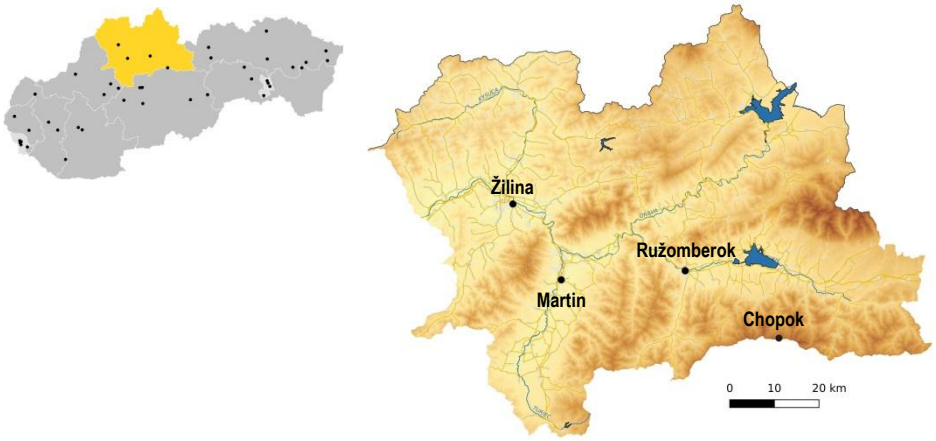
Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadmorská výška [m]	Merací program – Kontinuálne: PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	Manuálne: As, Cd, Ni, Pb	BaP
Banská Bystrica	SK0214A	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	U	T	19°09'18"	48°44'06"	346										
Banská Bystrica	SK0263A	Banská Bystrica, Zelená	U	B	19°06'55"	48°44'01"	425										
Revúca	SK0025A	Jelšava, Jesenského	U	B	20°14'26"	48°37'52"	289										
Rimavská Sobota	SK0022A	Hnúšťa, Hlavná	U	B	19°57'06"	48°35'02"	320										
Zvolen	SK0262A	Zvolen, J. Alexyho	U	B	19°09'25"	48°33'30"	321										
Žiar n/Hronom	SK0268A	Žiar n/Hronom, Jilemnického	U	B	18°50'34"	48°35'59"	296										
							Spolu	6	6	3	1	2	1	1		2	3

Typ oblasti: U – mestská
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: B – pozaďová
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Žilinský kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Liptovský Mikuláš	SK0002R	Chopok, EMEP	R	B	19°35'21"	48°56'37"	2008									*	
Martin	SK0039A	Martin, Jesenského	U	T	18°55'17"	49°03'35"	383										
Ružomberok	SK0008A	Ružomberok, Riadok	U	B	19°18'09"	49°04'45"	475										
Žilina	SK0020A	Žilina, Obežná	U	B	18°46'17"	49°12'41"	356										
							Spolu	3	3	4	1	3	3	2		2	2



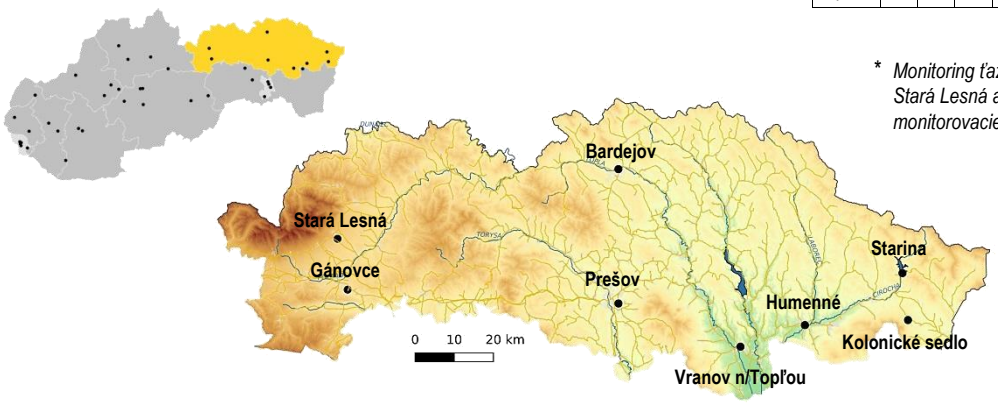
* *Monitoring ťažkých kovov na stanici Chopok prebieha podľa monitorovacieho programu EMEP (**Tab. 2.1**).*

Typ oblasti: U – mestská
S – predmestská
R – vidiecka
(regionálna)

Typ stanice: B – pozaďová
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Prešovský kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Humenné	SK0037A	Humenné, Nám. Slobody	U	B	21°54'50"	48°55'51"	160										
Kežmarok	SK0004R	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	R	B	20°17'22"	49°09'05"	808									*	
Poprad	SK0041A	Gánovce, Meteo. st.	R	B	20°19'22"	49°02'05"	706										
Prešov	SK0266A	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T	21°16'00"	48°59'33"	252										
Snina	SK0006R	Starina, Vodná nádrž, EMEP	R	B	22°15'36"	49°02'34"	345									*	
Snina	SK0406A	Kolonické sedlo, Hvezdáreň	R	B	22°16'26"	48°56'06"	431										
Vranov n/Topľou	SK0031A	Vranov n/Topľou, M. R. Štefánika	U	B	21°41'15"	48°53'11"	133										
Bardejov	SK0074A	Bardejov, pod Vinbargom	S	B	21°16'38"	48°18'00"	263										
							Spolu	6	6	6	1	5	1	1	1	2	2



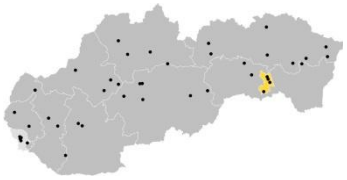
* *Monitoring ťažkých kovov na staniciach Stará Lesná a Starina prebieha podľa monitorovacieho programu EMEP (**Tab. 2.1**).*

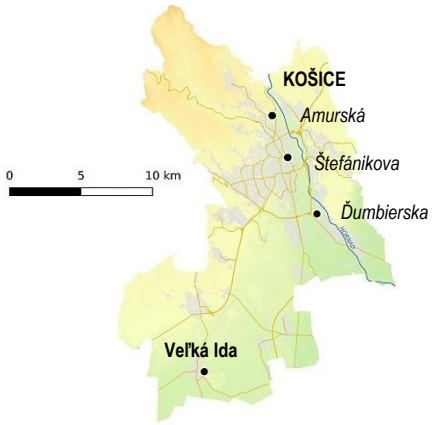
Typ oblasti: U – mestská
S – predmestská
R – vidiecka
(regionálna)

Typ stanice: B – pozaďová
T – dopravná
I – priemyselná

Aglomerácia Košice

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Košice I	SK0264A	Košice, Amurská	U	B	21°17'08"	48°41'25"	201										
Košice I	SK0267A	Košice, Štefánikova	U	T	21°15'32"	48°43'35"	209										
Košice I	SK0016A	Košice, Ďumbierska	S	B	21°14'42"	48°45'12"	240										
Košice okolie	SK0018A	Veľká Ida, Letná	S	I	21°10'31"	48°35'32"	209										
							Spolu	3	3	1	1	1	2	1		1	1



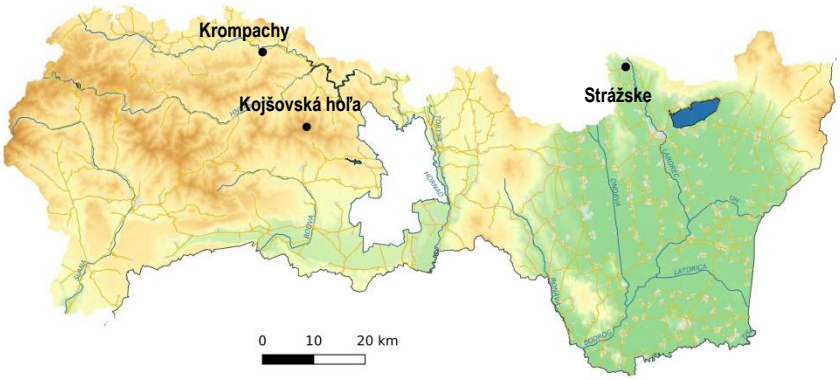


Typ oblasti: *U – mestská*
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: *B – pozaďová*
T – dopravná
I – priemyselná

Zóna Košický kraj

Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Merací program									
								Kontinuálne								Manuálne	
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka		PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO, NO_2	SO_2	O_3	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP
Gelnica	SK0042A	Kojšovská hoľa	R	B	20°59'14"	48°46'58"	1253										
Michalovce	SK0030A	Strážske, Mierová	U	B	21°50'15"	48°52'27"	133										
Spišská Nová Ves	SK0265A	Krompachy, SNP	U	T	20°52'26"	48°54'56"	372										
							Spolu	2	2	2	1	1	1	1			1



Typ oblasti: *U – mestská*
S – predmestská
R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice: *B – pozaďová*
T – dopravná
I – priemyselná

Monitorovací program kvality ovzdušia na EMEP staniciach v roku 2020 uvádza **Tab. 2.1**. Ozón sa meria kontinuálne. Vzorkovací interval pre ťažké kovy je týždeň, pre VOC jeden 10 min odber týždenne a ostatné látky sa analyzujú z 24-hodinových odberov.

Tab. 2.1 *Merací program EMEP staníc – ovzdušie.*

	Ozón (O_3)	Oxid siričitý (SO_2)	Oxidy dusíka (NO_X)	Sírany (SO_4^{2-})	Dusičnany (NO_3^-)	Kyselina dusičná (HNO_3)	Chloridy (Cl^-)	Amoniak, amónne ióny (NH_3, NH_4^+)	Alkalické ióny (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+})	VOC	PM_{10} / TSP*	EC/OC	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróm (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)	Ortuť (Hg)**
Chopok	x	x	x	x	x	x	x				x*		x	x	x	x	x	x	x	
Topoľníky	x										x		x	x	x	x	x	x	x	x
Starina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Stará Lesná	x										x	x	x	x	x	x	x	x	x	

** TSP – celkové suspendované častice v ovzduší*
*** Ortuť sa monitoruje mimo monitorovacieho programu EMEP*

Kvalita zrážok (pH, vodivosť, sírany, dusičnany, chloridy, amónne a alkalické ióny) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP staniciach podľa monitorovacieho programu uvedeného v **Tab. 2.2** buď na dennej báze (Chopok, Starina) alebo na týždennej (Topoľníky, Stará Lesná), v mesačnom intervale sa sleduje kvalita zrážok na stanici Bratislava, Jeséniova. Výsledkom analýz sú priemerné týždenné alebo mesačné hodnoty v závislosti od odberového intervalu.

Ťažké kovy sa vyskytujú na týchto lokalitách v nižších koncentráciách, odberové intervaly zrážok na analýzu ťažkých kovov sú mesiac, s výnimkou EMEP stanice Starina, kde sa odoberajú týždenné vzorky. Na odber zrážok slúžia zrážkomery dvoch typov: „wet-only“ alebo „bulk“. „Wet-only“ („iba mokrý“) je zrážkomer, ktorý zachytáva len zrážky – na základe takto odobraných vzoriek sa hodnotí mokrá depozícia. „Bulk“ (t.j. „celok“) odoberá suchú aj mokrú depozíciu. Tento druh odberu sa vykonáva na Chopku, kde sa kvôli nepriaznivému počasiu robí odber zrážok do otvorenej nádoby.

Tab. 2.2 *Merací program zrážok na EMEP staniciach a na stanici Bratislava, Jeséniova.*

	pH	Vodivosť	Sírany (SO_4^{2-})	Dusičnany (NO_3^-)	Chloridy (Cl^-)	Amónne ióny (NH_4^+)	Alkalické ióny (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+})	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróm (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Chopok	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Topoľníky	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Starina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Stará Lesná	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bratislava, Jeséniova	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

2.1 ZHODNOTENIE ROZSAHU MONITOROVANIA PRE JEDNOTLIVÉ ZNEČISŤUJÚCE LÁTKY

- **Oxid siričitý SO_2**

  Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 16 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie oxidu siričitého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 16 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na všetkých 16 monitorovacích staniciach.

- **Oxidy dusíka NO_2 a NO_X**

  Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 29 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 29 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 26 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Pezinok; Bardejov, Pod Vinbargom; Sereď, Vinárska, ktoré boli uvedené do prevádzky v druhej polovici roka 2020).

- **Častice PM_{10}**

  Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 37 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie PM_{10} bolo zabezpečené ekvivalentnou, kontinuálnou metódou oscilačnej mikrováhy, prístrojmi TEOM a metódou absorpcie beta žiarenia – BAM. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 34 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Pezinok; Bardejov, Pod Vinbargom; Sereď, Vinárska, ktoré boli uvedené do prevádzky v druhej polovici roka 2020).

- **Častice $PM_{2,5}$**

  Tieto častice sa monitorovali na 36 staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie $PM_{2,5}$ bolo zabezpečené rovnakou metódou ako merania PM_{10}, prístrojmi TEOM a BAM. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 33 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mali iba nové monitorovacie stanice Pezinok; Bardejov, Pod Vinbargom; Sereď, Vinárska, ktoré boli uvedené do prevádzky v druhej polovici roka 2020).

- **Oxid uhoľnatý CO**

  Táto znečisťujúca látka sa monitorovala na 15 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie oxidu uhoľnatého bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na 15 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) bol dosiahnutý na 14 monitorovacích staniciach (menší podiel platných meraní mala iba nová monitorovacia stanica v Pezinku, ktorá boli uvedená do prevádzky v druhej polovici roka 2020). Koncentrácie CO sa nachádzajú pod dolnou medzou pre hodnotenie, počet meraní je teda postačujúci.

- **Ozón O_3**

  Ozón sa monitoroval na 17 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie ozónu sa zabezpečovalo kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 17 staniciach. Požadovanú výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) dosiahlo 16 monitorovacích staníc (menší podiel platných meraní mala iba nová monitorovacia stanica Bardejov, Pod Vinbargom, ktorá boli uvedená do prevádzky v druhej polovici roka 2020).

[11] *počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 6 k Vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov*

- **Benzén**

Benzén sa monitoroval na 12 monitorovacích staniciach. Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený. Monitorovanie benzénu bolo zabezpečené kontinuálne, referenčnou metódou na všetkých 12 staniciach. Takisto aj požadovaný počet platných nameraných údajov (90 %) dosiahlo všetkých 12 staníc.

- **Ortuť**

Celková plynná ortuť bola monitorovaná na dvoch EMEP staniciach (Topoľníky a Starina). Monitorovanie ortuti bolo zabezpečené kontinuálne metódou difrenciálnej Zeemanovej atómovej absorbčnej spektrometrie, podiel platných nameraných údajov presiahol 90 % na oboch monitorovacích staniciach.

- **Ťažké kovy (Pb, As, Cd, Ni)**

Vzorky na analýzu ťažkých kovov sa odoberajú každý druhý deň počas 24 hodín na nitrocelulózový filter, následne sú analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie. V polovici roku 2020 sa menil spôsob detekcie a tiež metodika laboratórnej analýzy, ktorá sa ešte dolaďuje. V roku 2020 boli vzorky na analýzu ťažkých kovov (Pb, As, Cd, Ni) odoberané na jednej predmestskej, šiestich mestských staniciach a štyroch staniciach s monitorovacím programom EMEP (Pb, As, Cd, Ni, Cr, Zn, Cu - týždenný odber).

- **Polyaromatické uhľovodíky – benzo(a)pyrén**

V roku 2020 bol zabezpečený monitoring benzo(a)pyrénu na 16 monitorovacích staniciach. Odber vzoriek prebiehal každý tretí deň počas 24 hodín na kremenný filter. Vzorky sú po extrakcii analyzované v Skúšobnom laboratóriu SHMÚ metódou plynovej chromatografie s hmotnostnou detekciou (GC-MS). Minimálny požadovaný rozsah monitorovania[11] bol splnený.

- **VOC**

Prchavé organické zlúčeniny, C_2–C_8 alebo tzv. ľahké uhľovodíky, sa začali odoberať na stanici Starina na jeseň v roku 1994. Starina je jednou z mála európskych staníc, zaradených do siete EMEP, s pravidelným monitorovaním prchavých organických zlúčenín. Analýzy sú vykonávané v Centrální laboratoři imisí Českého hydrometeorologického ústavu metódou plynovej chromatografie s indukčne viazanou plazmou.

- **EC/OC**

Na jeseň roku 2020 sa na stanici Stará Lesná začalo v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP, s monitorovaním podielu organického a elementárneho uhlíka v časticiach $PM_{2,5}$. Chemické analýzy sa realizujú v Centrální laboratoři imisí Českého hydrometeorologického ústavu.

- **Monitorovanie kvality ovzdušia na monitorovacích staniciach EMEP**

Na všetkých štyroch EMEP staniciach bolo realizované meranie kvality ovzdušia v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP podľa schváleného monitorovacieho programu (**Tab. 2.1**).

- **Monitorovanie atmosférických zrážok na monitorovacích staniciach EMEP**

Meranie kvality zrážok sa realizovalo na všetkých štyroch EMEP staniciach v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP podľa schváleného monitorovacieho programu (**Tab. 2.2**).

Okrem monitorovacích staníc kvality ovzdušia v sieti NMSKO sú na území SR na účely monitorovania úrovne znečistenia ovzdušia zriadené aj monitorovacie stanice prevádzkované prevádzkovateľmi veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia (VZZO). Rozhodnutie o zriadení stanice VZZO vydáva Okresný úrad v sídle kraja. Údaje monitorovacích staníc VZZO, ktoré prešli funkčnými skúškami (**Tab. 2.3**) slúžia ako doplňujúce údaje k meraniam v sieti NMSKO pri hodnotení kvality ovzdušia za predpokladu, že boli získané referenčnou alebo ekvivalentnou metódou. Koncentrácie tých znečisťujúcich látok, ktoré sú v prípade VZZO monitorované inou metódou (Príloha A), predstavujú napriek tomu pri hodnotení kvality ovzdušia dôležitú informáciu.

Tab. 2.3 *Monitorovacie stanice ostatných prevádzkovateľov – veľkých zdrojov znečistenia ovzdušia (VZZO).*

	Okres	Názov stanice*	Typ		Zemepisná		Nadm. výška [m]
			oblasti	stanice	dĺžka	šírka	
BRATISLAVA	Bratislava II	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a.s.)	S	I	17°10‘10“	48°08‘00“	134
	Bratislava II	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a.s.)	U	B	17°12‘20“	48°08‘05“	132
KOŠICE	Košice II	Košice, Haniska (U.S. Steel, s.r.o.)	S	I	21°15‘07“	48°36‘54“	212
	Košice II	Košice, Poľov (U.S. Steel, s.r.o.)	R	B	21°11‘54“	48°39‘40“	271
Bratislavský kraj	Senec	Rovinka (Slovnaft, a.s.)	S	B	17°13‘40“	48°06‘15“	133
Košický kraj	Košice - okolie	Veľká Ida (U.S. Steel, s.r.o.)	S	I	21°10´12“	48°33´35“	208
	Trebišov	Leles (Slovenské elektrárne, a.s.)	R	B	22°01´23“	48°27´46“	100
Nitriansky kraj	Šaľa	Trnovec nad Váhom (Duslo, a.s.)	S	B	17°55‘43“	48°08‘60“	114
Trenčiansky kraj	Prievidza	Oslany (Slovenské elektrárne, a.s.)	S	B	18°28´12“	48°37´60“	228
Žilinský kraj	Ružomberok	Ružomberok (Mondi a.s. - Supra)	U	I	19°19‘12“	49°04‘43“	478

** V názve stanice je v zátvorkách uvedený vlastník stanice.*

Typ oblasti: U - mestská, S – predmestská, R – vidiecka (regionálna)
Typ stanice: B – pozaďová, T – dopravná, I – priemyselná

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA

3.1 ÚVOD

Problémy týkajúce sa životného prostredia sprevádzali technologický pokrok ľudstva od dávnych čias a environmentálne katastrofy spojené s ohrozením ľudského života a zdravia stimulovali spoločný postup pri hľadaní riešení v tejto oblasti. Keďže znečisťujúce látky sa môžu šíriť vzduchom na veľké vzdialenosti, koordinovaný postup čo najväčšieho počtu krajín pri monitorovaní a hodnotení kvality ovzdušia sa ukázal ako nevyhnutný základ pre prijímanie opatrení a odrazil sa v medzinárodných dohovoroch aj v európskej legislatíve, implementovanej následne do legislatívy SR.

Hodnotenie kvality ovzdušia podľa požiadaviek § 6 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov uskutočňuje SHMÚ na základe výsledkov monitorovania kvality ovzdušia s využitím matematického modelovania.

Kapitola 3 uvádza spracované výsledky monitorovania kvality ovzdušia. Hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania je spracované v kapitole **4**.

V kapitole **3.3** sú vyhodnotené výsledky meraní kvality ovzdušia v mestách a na vidieku podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu ľudského zdravia. Kapitola **3.4** spracúva výsledky meraní monitorovacích staníc s monitorovacím programom EMEP podľa limitných hodnôt na ochranu vegetácie. Program EMEP zahŕňa aj analýzu kvality atmosférických zrážok.

3.2 KRITÉRIÁ NA HODNOTENIA KVALITY OVZDUŠIA

Kvalita ovzdušia (podľa §5 odseku 4 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov) je považovaná za dobrú, ak je úroveň znečistenia ovzdušia nižšia ako limitná hodnota alebo cieľová hodnota.

Limitnou hodnotou (v súlade s §5 odsekom 5 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov – ďalej len zákon o ovzduší) je úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov s cieľom zabrániť, predchádzať alebo znížiť škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo životné prostredie ako celok, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase a od toho času nesmie byť prekročená; limitné hodnoty a podmienky ich platnosti sú ustanovené vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, olovo, benzén, častice PM_{10} a častice $PM_{2,5}$.

Cieľovou hodnotou je, v súlade s §5 odsekom 11 zákona o ovzduší, úroveň znečistenia ovzdušia určená s cieľom zabrániť, predchádzať alebo znížiť škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo na životné prostredie ako celok, ktorá sa má dosiahnuť v danom čase, ak je to možné; cieľová hodnota je ustanovená vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre ozón, arzén, kadmium, nikel a benzo(a)pyrén.

Výstražným prahom (podľa §12 odseku 6 zákona o ovzduší) je úroveň znečistenia ovzdušia, pri prekročení ktorej existuje už pri krátkodobej expozícii riziko poškodenia zdravia ľudí. Pri prekročení výstražného prahu je potrebné vydať výstrahu pred závažnou smogovou situáciou. Výstražné prahy sú ustanovené vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre oxid siričitý, oxid dusičitý, ozón a častice PM_{10}.

Kritickou úrovňou na účely hodnotenia kvality ovzdušia je (podľa §5 odseku 10 zákona o ovzduší) úroveň znečistenia ovzdušia určená na základe vedeckých poznatkov, pri prekročení ktorej sa môžu okrem ľudí vyskytnúť priame nepriaznivé vplyvy na stromy, rastliny alebo prírodné ekosystémy; kritická úroveň je ustanovená vykonávacím predpisom podľa § 33 písm. b) pre oxid siričitý a oxid dusičitý.

Metóda, akú je potrebné použiť na hodnotenie kvality ovzdušia v určitej lokalite závisí od miery znečistenia ovzdušia na danej lokalite. Na tento účel bola zavedená pre každú sledovanú znečisťujúcu látku dolná a horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia.

Hornou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia je, podľa §6 odseku 8 zákona o ovzduší, ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť kombináciu stálych meraní a matematického modelovania alebo aj indikatívnych meraní.

Dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia je, podľa §6 odseku 9 zákona o ovzduší, ustanovená úroveň znečistenia ovzdušia, pod ktorou možno na hodnotenie kvality ovzdušia použiť matematické modelovanie alebo techniky objektívneho odhadu.

V **Tab. 3.1** sú uvedené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a kritické úrovne na ochranu vegetácie, horné a dolné medze na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia pre SO_2, NO_2, NO_X, PM_{10}, $PM_{2,5}$, Pb, CO a benzén. **Tab. 3.2** uvádza cieľové hodnoty na ochranu zdravia ľudí a na ochranu vegetácie pre As, Cd, Ni a benzo(a)pyrén (BaP).

Tab. 3.1 *Limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí a kritické úrovne na ochranu vegetácie, horné a dolné medze na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia pre znečisťujúce látky.*

	Receptor	Interval spriemerovania	Limitná hodnota* [µg·m⁻³]		Medza na hodnotenie [µg·m⁻³]			
					Horná*		Dolná*	
SO_2	Ľudské zdravie	1h	350	(24)				
SO_2	Ľudské zdravie	24h	125	(3)	75	(3)	50	(3)
SO_2	Vegetácia	1r, zimné obdobie	20	(-)	12	(-)	8	(-)
NO_2	Ľudské zdravie	1h	200	(18)	140	(18)	100	(18)
NO_2	Ľudské zdravie	1r	40	(-)	32	(-)	26	(-)
NO_X	Vegetácia	1r	30	(-)	24	(-)	19,5	(-)
PM_{10}	Ľudské zdravie	24h	50	(35)	35	(35)	25	(35)
PM_{10}	Ľudské zdravie	1r	40	(-)	28	(-)	20	(-)
Pb	Ľudské zdravie	1r	0,5	(-)	0,35	(-)	0,25	(-)
CO	Ľudské zdravie	8h (maximálna)	10 000	(-)	7 000	(-)	5 000	(-)
Benzén	Ľudské zdravie	1r	5	(-)	3,5	(-)	2	(-)
$PM_{2,5}$	Ľudské zdravie	1r	25**		17		12	

* *povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách*
** *limitná hodnota pre $PM_{2,5}$ do 1.1.2020: 25 µg·m^{-3}*
limitná hodnota pre $PM_{2,5}$ od 1.1.2020: 20 µg·m^{-3}

Tab. 3.2 *Cieľové hodnoty na ochranu zdravia ľudí a vegetácie pre As, Cd, Ni a BaP.*

	Priemerované obdobie	Cieľová hodnota [ng·m⁻³]
As	1r	6
Cd	1r	5
Ni	1r	20
BaP	1r	1

3.3 VÝSLEDKY MONITOROVANIA KVALITY OVZDUŠIA - LOKÁLNE ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

V tabuľke **Tab. 3.3** je uvedený podiel platných údajov z meraní kvality ovzdušia v monitorovacej sieti NMSKO pre SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, CO, benzén, O_3.

Tab. 3.3 *Podiel platných údajov* v % v roku 2020.*

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO_2	NO_2	PM_{10}	$PM_{2,5}$	CO	Benzén	O_3
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			99	96			
	Bratislava, Trnavské mýto		95	98	98	95	98	
	Bratislava, Jeséniova	96	95	99	99			94
	Bratislava, Mamateyova	97	98	98	97			98
KOŠICE	Košice, Štefánikova	94	96	99	100	95	94	
	Košice, Amurská			99	99			
	Košice, Ďumbierska							95
	Veľká Ida, Letná			100	100	96		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	95	96	99	99	95	99	
	Banská Bystrica, Zelená		96	99	98			95
	Jelšava, Jesenského		95	99	99			93
	Hnúšťa, Hlavná			97	97			
	Zvolen, J. Alexyho			97	97			
	Žiar n/H, Jilemnického			98	98			
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	96	96	99	97	96	98	
	Pezinok**		24	23	20	24		
	Rovinka	99	99	98		99	95	
Košický kraj	Kojšovská hola		95					95
	Strážske, Mierová			99	99			
	Krompachy, SNP	95	96	99	99	90	99	
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		96	92	98			96
	Nitra, Štúrova	95	96	99	98	96	99	
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.		95					96
	Humenné, Nám. Slobody		96	100	100			94
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu		96	100	97	95	99	
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	95		99	100			
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP		96	96	100			95
	Starina, Vodná nádrž, EMEP		96					96
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň			99	98			
	Bardejov, Pod Vinbargom**		13	13	13			13
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	96	96	99	99			94
	Bystričany, Rozvodňa SSE	94		98	98			
	Handlová, Morovianska cesta	95		99	99			
	Trenčín, Hasičská	96	96	99	98	96	98	
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	90		96	96			
	Trnava, Kollárova		96	99	99	96	99	
	Topoľníky, Aszód, EMEP	96	96	99	71			95
	Sereď, Vinárska**		17	17	17			
Žilinský kraj	Chopok, EMEP		94					94
	Martin, Jesenského		95	99	98	95	99	
	Ružomberok, Riadok	96	96	98	98	95	98	93
	Žilina, Obežná		96	98	98	96		95

* ≥ 90 % *platných meraní (ako to po implementácii legislatívy EU požaduje naša legislatíva vo Vyhláške MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení Vyhlášky č. 296/2017 Z. z.).*

** *V Pezinku monitoring kvality ovzdušia začal 2. 10. 2020, v Seredi 27. 10. 2020 a v Bardejove 13. 11. 2020.*

Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt (LH) na ochranu zdravia ľudí pre SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, CO a benzén pre jednotlivé monitorovacie stanice a znečisťujúce látky za rok 2020 uvádza **Tab. 3.4**. Zároveň sú v tabuľke uvedené počty prekročení výstražných prahov.

Tab. 3.4 *Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a počty prekročení výstražných prahov – 2020.*

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									VP [2]	
		SO_2		NO_2		PM_{10}		$PM_{2,5}$	CO	Benzén	SO_2	NO_2
	Doba spriemerovania	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h [1]	1 rok	3 h po sebe	3 h po sebe
	Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	počet prekročení	počet prekročení
	Limitná hodnota [µg·m^{-3}]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	500	400
	Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					5	20	14				
	Bratislava, Trnavské mýto			0	33	14	25	15	1 059	0,6		0
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	9	4	18	12			0	0
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	16	4	20	13			0	0
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0	0	23	19	26	16	1 247	0,6	0	0
	Košice, Amurská					9	23	15				
	Veľká Ida, Letná					22	28	19	2 998			
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik.nábr.	0	0	0	24	23	25	16	2 068	0,8	0	0
	Banská Bystrica, Zelená			0	8	1	16	14				0
	Jelšava, Jesenského			0	8	44	30	18				0
	Hnúšťa, Hlavná					1	20	14				
	Zvolen, J. Alexyho					5	17	12				
	Žiar n/H, Jilemnického					2	16	12				
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	0	0	0	18	5	20	16	1 242	0,5	0	0
	Pezinok				19	0	20	12	1 395			0
	Rovinka	0	0	0	12	10	23		813	0,8	0	0
Košický kraj	Kojšovská hola			0	3							0
	Strážske, Mierová					5	20	16				
	Krompachy, SNP	0	0	0	14	13	23	17	1 892	1,4	0	0
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce			0	8	3	20	15				0
	Nitra, Štúrova	0	0	0	26	7	22	13	976	0,5	0	0
Prešovský kraj	Gánovce, Meteo. st.			0	8							0
	Humenné, Nám. slobody			0	8	10	22	14				0
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	31	15	26	16	1 520	0,8		0
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			6	18	14			0	
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			0	5	0	12	9				0
	Starina, Vodná nádrž, EMEP			0	3							0
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň					1	16	9				
	Bardejov, Pod Vinbargom*	0	0	0	13	0	20	18				0
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	14	3	16	15			0	0
	Bystričany, Rozvodňa SSE	0	0			7	20	16			0	
	Handlová, Morovianska cesta	0	0			6	20	16			0	
	Trenčín, Hasičská	0	0	0	23	17	24	15	1 325	0,8	0	0
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0	0			3	19	13			0	
	Trnava, Kollárova			0	27	6	22	16	1 365	0,6		0
	Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	8	3	17	15			0	0
	Sereď, Vinárska			0	11	1	23	19				0
Žilinský kraj	Chopok, EMEP			0	2							0
	Martin, Jesenského			0	19	12	22	15	1 788	0,8		0
	Ružomberok, Riadok	0	0	0	17	21	24	19	2 550	1,0	0	0
	Žilina, Obežná			0	16	14	23	17	1 664			0

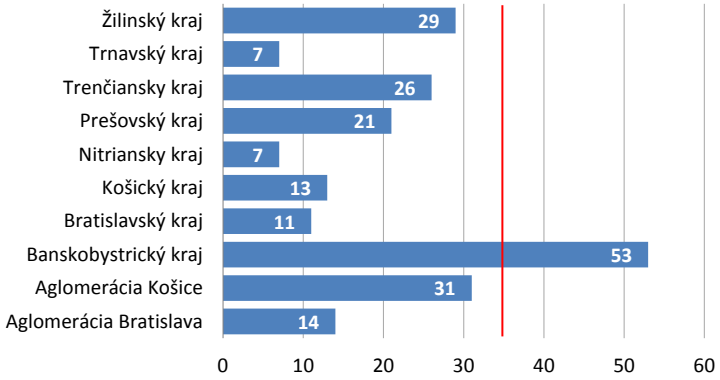
≥ 90 % platných meraní — *Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.*

[1] *maximálna osemhodinová koncentrácia* [2] *limitné hodnoty pre výstražné prahy*

** AMS začala merať v priebehu roku 2020, presný dátum je uvedený pod **Tab. 3.3**.*

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} (priemerná denná koncentrácia PM_{10} 50 µg·m^{-3} sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok) bola v roku 2020 prekročená iba na monitorovacej stanici Jelšava, Jesenského.

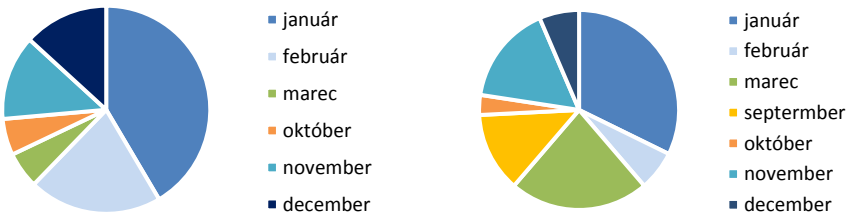
Obr. 3.1 *Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM_{10} > 50 µg·m^{-3} na aspoň jednej stanici v aglomerácii/zóne.*



Poznámka:
Červená čiara označuje limitnú hodnotu (35 dní/rok s priemernou dennou koncentráciou > 50 µg·m^{-3}).

Pri spočítaní všetkých dní, v ktorých prišlo aspoň na jednej stanici v danej zóne (aglomerácii) k prekročeniu priemernej dennej koncentrácie 50 µg·m^{-3}, dostaneme pre zónu Banskobystrický kraj 53 prekročení. Je to najvyššia hodnota tohto parametra spomedzi všetkých zón a aglomerácií v roku 2020 (**Obr. 3.1**). K počtu 53 prekročení najviac prispela stanica Jelšava, Jeséniova (44 prekročení). Okrem 44 dní, v ktorých prišlo k prekročeniu v Jelšave, boli v Banskobystrickom kraji prekročenia ešte na dvoch staniciach – Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie (8 prekročení) a Zvolen, Janka Alexyho (1 prekročenie) (v týchto 9 dňoch v Jelšave prekročenie zaznamenané nebolo).

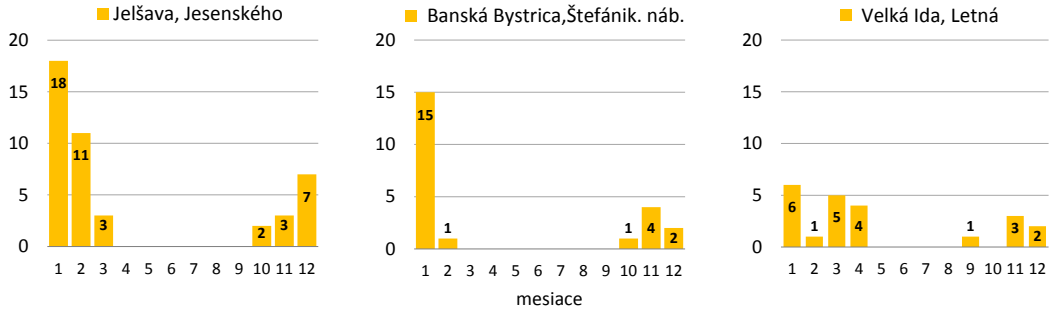
Obr. 3.2 *Počet dní s priemernou dennou koncentráciu PM_{10} > 50 µg·m^{-3} na aspoň jednej stanici v zóne Banskobystrický kraj (vľavo) a aglomerácii Košice (vpravo) – rozdelenie podľa mesiacov.*



Poznámka: V grafoch sú zobrazené iba tie mesiace, v ktorých boli v roku 2020 namerané priemerné denné koncentrácie PM_{10} > 50 µg·m^{-3}

Na **Obr. 3.2** je rozdelenie výskytu dní s priemernou dennou koncentráciou PM_{10} > 50 µg·m^{-3} na aspoň jednej stanici v zóne Banskobystrický kraj a v aglomerácii Košice, ktoré mali najvyšší počet takýchto dní v roku 2020, ako vidno aj na **Obr. 3.1**.

Obr. 3.3 *Porovnanie počtu dní s prekročením limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} na staniciach s najvyšším počtom prekročení v roku 2020 – AMS Jelšava, Jesenského (vľavo), Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie (v strede) a Veľká Ida, Letná (vpravo) – rozdelenie podľa mesiacov.*



Tab. 3.5 *Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi (As, Cd, Ni a Pb) – 2020.*

			As	Cd	Ni	Pb
AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	[ng·m⁻³]				
	Cieľová hodnota	[ng·m⁻³]	6,0	5	20	-
	Limitná hodnota	[ng·m⁻³]	-	-	-	500
	Horná medza na hodnotenie	[ng·m⁻³]	3,6	3	14	350
	Dolná medza na hodnotenie	[ng·m⁻³]	2,4	2	10	250
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto		*0,6	*0,1	0,7	11,9
Slovensko	Banská Bystrica, Štefánik. náb.		*0,6	0,2	1,1	15,1
	Jelšava, Jesenského		1,6	*0,1	2,3	11,3
	Ružomberok, Riadok		0,9	*0,1	0,8	7,4
	Velká Ida, Letná		0,6	*0,2	*0,9	7,2
	Prievidza, Malonecpalská		*0,9	*0,3	1,5	21,0
	Sereď, Vinárska**		1,0	*0,6	*0,8	98,0

** > 50 % údajov pod detekčný limit **merania na stanici Sereď, Vinárska začali koncom októbra 2020*

V **Tab. 3.6** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu (BaP) v ovzduší podľa meraní v rokoch 2017 – 2020.

Tab. 3.6 *Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.*

			2017	2018	2019	2020
AGLOMERÁCIA Zóna	Cieľová hodnota	[ng·m⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0
	Horná medza na hodnotenie	[ng·m⁻³]	0,6	0,6	0,6	0,6
	Dolná medza na hodnotenie	[ng·m⁻³]	0,4	0,4	0,4	0,4
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova				0,2	0,2
	Bratislava, Trnavské Mýto		0,4	0,9	0,4	0,5
KOŠICE	Veľká Ida, Letná		**4,3**	**5,8**	**4,5**	**4,6**
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie		**2,9**	**2,1**	**1,7**	**1,6**
	Banská Bystrica, Zelená				**1,1**	**1,2**
	Jelšava, Jesenského			3,9	**4,0**	**3,0**
Bratislavský kraj	Rovinka					*0,4
Košický kraj	Krompachy, SNP				**2,7**	**2,1**
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova		1,3	0,9	0,8	0,6
Prešovský kraj	Starina, Vodná nádrž, EMEP			1,2	0,4	0,3
	Stará Lesná, EMEP				0,4	0,3
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská				1,4	**1,2**
	Trenčín, Hasičská					*0,8
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova			0,9	0,7	0,5
Žilinský kraj	Žilina, Obežná			6,0	**2,0**	**1,9**
	Ružomberok, Riadok					*4,5

≥ 90 % platných meraní
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

Poznámka:

Na stanici Bratislava, Trnavské mýto sa nevykonávali merania benzo(a)pyrénu vo februári a v máji a na stanici Bratislava, Jeséniova boli merania prerušené v januári a októbri 2020. Na základe dostupných údajov (napr. meranie $PM_{2,5}$ a výsledky modelovania metódou neurónových sietí) na týchto monitorovacích staniciach je možné predpokladať, že priemerná hodnota by ani v prípade celoročného merania v roku 2020 neprekročila 1 $ng \cdot m^{-3}$.

** Merania na AMS Ružomberok, Riadok začali v decembri a v Rovinke a na stanici Trenčín, Hasičská v júni 2020.*

Vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu sa vyskytujú najmä v zimných mesiacoch, keďže dominantným zdrojom je vykurovanie domácností tuhým palivom. Pretože na AMS Ružomberok, Riadok začali merania v decembri, priemerná ročná koncentrácia dosiahla pravdepodobne nižšiu hodnotu, nemožno však s istotou usúdiť, čo neprekročí cieľovú hodnotu.

Výskyt a dobu trvania znečistenia na úrovni výstražných prahov pre SO_2 za posledných 8 rokov uvádza **Tab. 3.7**. Výstražný prah pre SO_2 v NMSKO bol naposledy prekročený v roku 2013 na AMS Bystričany, Rozvodňa SSE. Výstražný prah pre NO_2 nebol v rokoch 2013 – 2020 prekročený.

Tab. 3.7 *Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia SO_2 podľa výskytu a trvania prekročenia výstražného prahu v rokoch 2013 – 2020 na stanici Bystričany, Rozvodňa SSE.*

Rok	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Počet prekročení výstražného prahu	2	0	0	0	0	0	0	0
Dĺžka trvania v hodinách	7	0	0	0	0	0	0	0

Legislatíva stanovuje podmienky na vydanie oznámenia o vzniku smogovej situácie aj pre PM_{10} s cieľom chrániť zdravie obyvateľov aj pri krátkodobejšom zhoršení kvality ovzdušia. Podľa Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov je oznámenie o vzniku smogovej situácie pre častice PM_{10} vydané vtedy, ak dvanásťhodinový kĺzavý priemer koncentrácií PM_{10} prekročí informačný prah 100 $\mu g \cdot m^{-3}$, a súčasne podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie tejto znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu informačného prahu.

Výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre častice PM_{10} je vydaná, ak dvanásťhodinový kĺzavý priemer koncentrácií PM_{10} prekročí výstražný prah 150 $\mu g \cdot m^{-3}$, a súčasne podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať zníženie koncentrácie tejto znečisťujúcej látky v priebehu nasledujúcich 24 hodín pod hodnotu výstražného prahu.

Podmienky na vydanie oznámenia o ukončení smogovej situácie alebo oznámenia o zrušení výstrahy pred závažnou smogovou situáciu nastanú, ak koncentrácia PM_{10} neprekračuje príslušnú prahovú hodnotu a tento stav trvá:

- súvisle 24 hodín, a podľa vývoja znečistenia ovzdušia a na základe meteorologickej predpovede nie je odôvodnené predpokladať opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín, alebo
- najmenej 3 hodiny a podľa vyhodnotenia vývoja znečistenia ovzdušia na základe meteorologickej predpovede je takmer vylúčené opätovné prekročenie príslušnej prahovej hodnoty v priebehu nasledujúcich 24 hodín.

Trvanie prekročenia informačného a výstražného prahu[12] pre PM_{10} v roku 2020 v porovnaní s r. 2019 uvádza **Tab. 3.8**. V roku 2020 sme zaznamenali menej prekročení informačného aj výstražného prahu než v roku 2019 (pokles viac než 60 %)

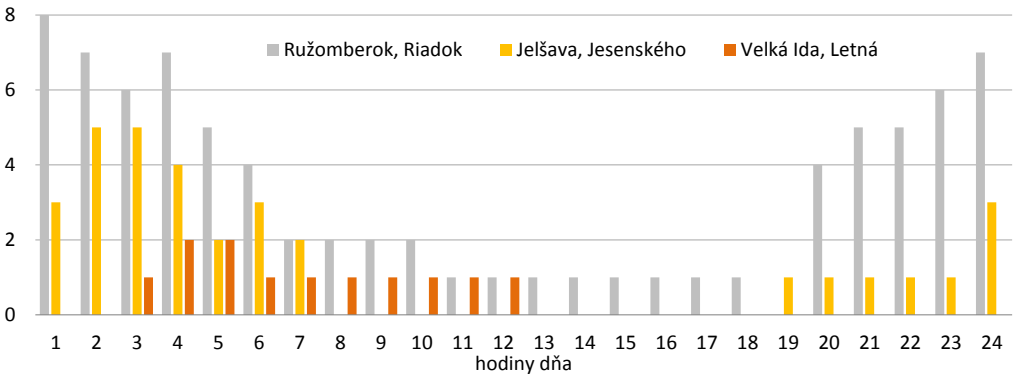
[12] *Oznámenie o vzniku smogovej situácie, či výstraha pred závažnou smogovou situáciou boli vydané v prípade splnenia vyššie uvedených podmienok.*

Tab. 3.8 *Trvanie prekročení informačného a výstražného prahu pre PM_{10} v r. 2020 v porovnaní s r. 2019.*

Stanica	Typ		2019 Trvanie prekročenia [h]		2020 Trvanie prekročenia [h]	
	oblasti	stanice	informačného prahu	výstražného prahu	informačného prahu	výstražného prahu
Bratislava, Trnavské Mýto	U	T			11	
Košice, Amurská	U	B			1	
Košice, Štefánikova	U	T	4			
Veľká Ida, Letná	S	I	47		12	
Banská Bystrica, Štefánik. náb.	U	T			4	
Jelšava, Jesenského	U	B	119	17	33	
Malacky, Mierové nám.	U	T	12			
Rovinka, mobil AMS	S	B			10	
Krompachy, SNP	U	T			21	
Nitra, Štúrova	U	T	7			
Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T	6			
Vranov nad Top., M. R. Štefánika	U	B	12	10		
Prievidza, Malonecpalská	U	B	8			
Trenčín, Hasičská	U	T	40			
Senica, Hviezdoslavova	U	T	8			
Trnava, Kollárova	U	T	8			
Ružomberok, Riadok	U	B	87		80	3
Martin, Jesenského	U	T	78	22	8	
Žilina, Obežná	U	B	57	5		

Najviac prekročení informačného prahu a jediné prekročenie výstražného prahu bolo zaznamenané v roku 2020 na monitorovacej stanici Ružomberok, Riadok, pričom všetky prekročenia na tejto stanici boli namerané v priebehu januára, na rozdiel od Jelšavy, kde sa prekročenia vyskytli aj vo februári a decembri. V Jelšave sa okrem nízkych teplôt prejavuje aj vplyv teplotných inverzií. **Obr. 3.4** ilustruje prekročenia informačného prahu podľa hodín dňa. Najviac prekročení bolo zaznamenaných vo večerných a nočných hodinách, čo pri prevládajúcom vplyve vykurovania domácností môže indikovať rozdielnu intenzitu kúrenia počas dňa, svoju úlohu tu však zohrávajú aj večerné a nočné teplotné inverzie. Na podrobnejšie vysvetlenie by bolo potrebné preskúmať situáciu pomocou matematického modelovania s emisnými vstupmi s dobrým časovým a priestorovým rozlíšením a zobrať do úvahy aj možné iné vplyvy.

Obr. 3.4 *Počet hodín s prekročením informačného prahu pre PM_{10} – porovnanie AMS Jelšava, Jesenského, Ružomberok Riadok a Veľká Ida, Letná - podľa hodín dňa.*



Hodnotenie kvality ovzdušia sa vykonáva stálym meraním v aglomeráciách a zónach tam, kde je úroveň znečistenia ovzdušia znečisťujúcou látkou vyššia ako horná medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia. Ak je k dispozícii dostatok údajov, musia sa prekročenia horných a dolných medzí na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia zistiť na základe koncentrácií nameraných za posledných päť rokov. Medza na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia sa považuje za prekročenú, ak príde k prekročeniu najmenej v troch rokoch z posledných piatich rokov.

Ak je k dispozícii menej údajov ako za päť rokov, prekročenia horných a dolných medzí na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia možno zistiť kombináciou výsledkov z meracích kampaní kratšieho trvania vykonaných počas jedného roka – a to v lokalitách s pravdepodobne najvyššími úrovňami znečistenia ovzdušia – s výsledkami, ktoré sa získali z emisných inventúr a modelovania (Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov). Zaradenie monitorovacích staníc podľa horných a dolných medzí na hodnotenie uvádzajú **Tab. 3.9** a **Tab. 3.10**.

Tab. 3.9 *Zaradenie AMS podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2016 až 2020.*

AGLOMERÁCIA/ zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí															
		SO_2		NO_2			PM_{10}			$PM_{2,5}$		CO		Benzén			
		24h priemer		1h priemer		ročný priemer	24h priemer		ročný priemer		ročný priemer		8h maximum		ročný priemer		
		> HMH	HMH; >DMH ≤ HMH	≤ DMH	> HMH	HMH; >DMH ≤ HMH	≤ DMH	> HMH	HMH; >DMH ≤ HMH	≤ DMH	> HMH	HMH; >DMH ≤ HMH	≤ DMH	> HMH	HMH; >DMH ≤ HMH	≤ DMH	> HMH	HMH; >DMH ≤ HMH	≤ DMH
Bratislava	Bratislava, Kamenné nám.							x			x			x					
	Bratislava, Trnavské mýto				x			x			x			x			x		x
	Bratislava, Jeséniova		x			x		x			x			x					
	Bratislava, Mamateyova		x			x		x			x			x					
Košice	Košice, Štefánikova		x		x			x			x			x			x		x
	Košice, Amurská							x			x			x					
	Veľká Ida, Letná							x			x			x			x		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.		x			x		x			x			x			x		x
	Banská Bystrica, Zelená					x			x			x			x				
	Zvolen, J. Alexyho							x				x			x				
	Jelšava, Jesenského					x			x		x			x					
	Hnúšťa, Hlavná							x				x			x				
	Žiar nad Hronom, Jilemnického								x			x			x				
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.		x			x		x				x			x			x		x
	Pezinok**					x				x			x					x		
	Rovinka		x			x		x				x				x		x		x
Košický kraj	Kojšovská hoľa*					x														
	Strážske, Mierová							x				x		x						
	Krompachy, SNP		x			x		x				x		x				x		x
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce					x			x			x			x					
	Nitra, J. Štúrova		x			x		x				x			x			x		x
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody					x			x			x		x						
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu					x		x				x		x				x		x
	Gánovce, MS SHMÚ*					x			x											
	Starina, Vodná nádrž, EMEP*					x			x											
	Vranov n/Topľou, M. R. Štefánika		x					x				x			x					
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP*					x				x			x			x				
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň								x				x			x				
	Bardejov, Pod Vinbargom																			
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská		x			x		x			x			x						
	Bystričany, Rozvodňa SSE		x					x				x			x					
	Handlová, Moravianska cesta		x					x				x			x					
	Trenčín, Hasičská		x			x		x			x			x				x		x
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova,		x					x			x			x						
	Trnava, Kollárova					x			x			x			x			x		x
	Topoľníky, Aszód, EMEP*		x			x		x			x			x						
	Sereď, Vinárska**																			
Žilinský kraj	Martin, Jesenského					x			x			x			x			x		x
	Chopok, EMEP*					x														
	Ružomberok, Riadok		x			x			x			x			x			x		x
	Žilina, Obežná					x			x			x			x			x		

* *stanice indikujú regionálnu pozaďovú úroveň*

** *AMS začala merať v priebehu roku 2020 viď poznámku pod* ***Tab. 3.3****.*

Tab. 3.10 *Zaradenie monitorovacích staníc, na ktorých sa monitorovali ťažké kovy a benzo(a)pyrén, podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2016 až 2020.*

Stanica	As			Cd			Ni			Pb			BaP		
	> HMH	≤ HMH; > DMH	≤ DMH	> HMH	≤ HMH; > DMH	≤ DMH	> HMH	≤ HMH; > DMH	≤ DMH	> HMH	≤ HMH; > DMH	≤ DMH	> HMH	≤ HMH; > DMH	≤ DMH
Bratislava, Jeséniova															x
Bratislava, Trnavské mýto			x			x			x			x		x	
Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.			x			x			x			x	x		
Banská Bystrica, Zelená													x		
Veľká Ida, Letná			x			x			x			x	x		
Krompachy, SNP						x			x			x	x		
Prievidza, Malonecpalská						x			x			x	x		
Trnava, Kollárova														x	
Ružomberok, Riadok			x			x			x			x			
Nitra, Štúrova													x		
Žilina, Obežná													x		
Jelšava, Jesenského			x			x			x			x	x		
Starina, Vodná nádrž, EMEP															x
Stará Lesná, EMEP															x
Sereď, Vinárska *			x			x			x			x			
Rovinka *														x	

** AMS začala merať v priebehu roku 2020, presný dátum je uvedený pod **Tab. 3.3**.*

V **Tab. 3.11** sú uvedené priemerné ročné koncentrácie troposférického ozónu v rokoch 2008 – 2020 v porovnaní s fotochemicky mimoriadne aktívnym rokom 2003.

Tab. 3.11 *Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu ($\mu g \cdot m^{-3}$) v rokoch 2003, 2008 – 2020.*

Stanica	2003	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bratislava, Jeséniova	71	59	60	61	63	65	62	60	71	56	64	68	66	61
Bratislava, Mamateyova	53	48	48	46	51	53	48	46	54	36	51	54	54	49
Košice, Ďumbierska	68	56	81	63	73	62	61	55	57	55	55	63	56	46
Banská Bystrica, Zelená			53	56	60	66	66	58	48	45	57	56	47	48
Jelšava, Jesenského	55	51	49	44	-	-	41	36	45	48	49	49	45	39
Kojšovská hoľa	91	76	85	90	87	83	78	75	61	81	80	82	78	72
Nitra, Janíkovce			74	53	-	62	58	52	63	43	60	60	54	56
Humenné, Nám. slobody	66	55	59	53	53	55	60	40	41	50	52	51	54	49
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	67	74	61	67	65	63	71	56	66	58	63	67	59	57
Gánovce, Meteo. st.	68	65	62	63	64	66	67	58	66	38	53	56	57	51
Starina, Vodná nádrž, EMEP	73	59	58	51	59	60	64	55	64	58	60	64	62	54
Prievidza, Malonecpalská		53	50	49	51	52	50	53	54	39	51	52	49	46
Topoľníky, Aszód, EMEP	67	60	59	55	-	59	64	51	51	49	47	54	55	24
Chopok, EMEP	109	92	90	87	96	93	96	52	88	91	98	95	90	91
Žilina, Obežná	48	46	48	47	48	49	53	42	36	43	38	44	44	36
Ružomberok, Riadok										37	37	36	36	35
Priemer	**65**	**61**	**62**	**59**	**61**	**63**	**63**	**53**	**58**	**52**	**57**	**59**	**57**	**51**

≥ 90 % požadovaných platných údajov

Vyhláška MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov ustanovuje cieľovú hodnotu pre ozón na ochranu zdravia ľudí nasledovne: *„120 µg/m^3 sa neprekročí viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov*“.* Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu uvádza **Tab. 3.12**.

**Metodická poznámka:* Priemerovaným obdobím je najväčšia denná 8-hodinová stredná hodnota (tá sa vyberie preskúmaním 8-hodinových kĺzavých priemerov vypočítaných z hodinových údajov a aktualizovaných každú hodinu. Každý takto vypočítaný 8-hodinový priemer sa priradí ku dňu, v ktorom končí, t. j. prvým výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek deň je obdobie od 17.00 hod. predchádzajúceho dňa do 1.00 hod. daného dňa; posledným výpočtovým obdobím pre ktorýkoľvek jeden deň je obdobie od 16.00 hod. do konca daného dňa).*

Tab. 3.12 *Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu na ochranu zdravia ľudí.*

Stanica	2018	2019	2020	Priemer 2018 – 2020
Bratislava, Jeséniova	54	40	17	37
Bratislava, Mamateyova	33	32	12	26
Košice, Ďumbierska	16	6	0	7
Banská Bystrica, Zelená	20	2	0	7
Jelšava, Jesenského	11	4	2	6
Kojšovská hoľa	41	11	2	18
Nitra, Janíkovce	44	10	9	21
Humenné, Nám. Slobody	2	3	3	3
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	33	3	5	14
Gánovce, Meteo. st.	4	0	0	1
Starina, Vodná nádrž, EMEP	7	3	4	5
Prievidza, Malonecpalská	9	1	2	4
Topoľníky, Aszód, EMEP	6	19	0	8
Chopok, EMEP	82	36	33	50
Žilina, Obežná	12	6	0	6
Ružomberok, Riadok	1	1	0	1

≥ 90 % požadovaných platných údajov
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty

Tab. 3.13 *Počet prekročení (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) prízemného ozónu pre upozornenie a varovanie obyvateľstva.*

Stanica	IP1h = 180 µg·m^{-3}			VP1h = 240 µg·m^{-3}		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Bratislava, Jeséniova	1	0	0	0	0	0
Bratislava, Mamateyova	2	0	0	0	0	0
Košice, Ďumbierska	0	0	0	0	0	0
Banská Bystrica, Zelená	0	0	0	0	0	0
Jelšava, Jesenského	0	0	0	0	0	0
Kojšovská hoľa	0	0	0	0	0	0
Nitra, Janíkovce	0	0	0	0	0	0
Humenné, Nám. slobody	0	0	0	0	0	0
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	0	0	0	0
Gánovce, Meteo. st.	0	0	0	0	0	0
Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	0	0	0	0	0
Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	0	0	0
Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	0	0	0
Chopok, EMEP	0	0	0	0	0	0
Žilina, Obežná	0	0	0	0	0	0
Ružomberok, Riadok	0	0	0	0	0	0

≥ 90 % požadovaných platných údajov

Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie sa nachádzajú v **Tab. 3.14**. AOT40 je suma prekročení úrovne 80 µg·m^{-3} počítaných z 1h koncentrácií počas dňa (od 8 00 do 20 00 h SEČ) od 1. mája do 31. júla. Cieľová hodnota je 18 000 µg·m^{-3} (vzťahuje sa k priemeru za 5 za sebou idúcich kalendárnych rokov). Táto hodnota bola prekročená na troch staniciach (t.j. na týchto staniciach prekročil priemer hodnôt AOT40 za roky 2016 – 2020 hodnotu 18 000 µg·m^{-3}).

Tab. 3.14 *Hodnoty prízemného ozónu AOT40 na ochranu vegetácie (máj – júl). Cieľová hodnota AOT40 je 18 000.*

Stanica	2016	2017	2018	2019	2020	Priemer 2016 – 2020
Bratislava, Jeséniova	13 612	25 042	25 103	20 609	12 501	**19 373**
Bratislava, Mamateyova	4 450	21 525	22 658	19 340	10 655	15 726
Košice, Ďumbierska	15 560	11 557	14 384	11 752	3 269	11 305
Banská Bystrica, Zelená	*9 771	17 198	16 982	8 298	7 723	12 550
Jelšava, Jesenského	*14 597	12 756	6 660	12 361	5 191	9 242
Kojšovská hoľa	18 259	13 056	18 706	12 202	4 995	13 444
Nitra, Janíkovce	18 684	25 925	25 036	13 313	12 741	**19 140**
Humenné, Nám. slobody	13 008	14 209	10 833	13 326	5 981	11 471
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	13 151	13 197	22 437	8 666	7 890	13 068
Gánovce, Meteo. st.	2 678	7 020	6 646	8 954	3 251	5 476
Starina, Vodná nádrž, EMEP	10 235	12 154	13 116	11 601	5 072	10 436
Prievidza, Malonecpalská	*5 835	16 167	15 889	8 301	6 198	11 639
Topoľníky, Aszód, EMEP	11 812	9 334	15 886	17 690	-	10 944
Chopok, EMEP	23 014	29 820	32 667	23 711	15 957	**23 837**
Žilina, Obežná	14 359	10 956	13 364	11 800	559	10 208
Ružomberok, Riadok	3 875	2 801	3 789	5 307	1 999	3 496

** daný rok sa nezapočítal do priemeru, z dôvodu nedostatku údajov v letnom období*
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty

Podľa vyhodnotenia meraní monitorovacích staníc ostatných prevádzkovateľov (priemyselné stanice mimo NMSKO) bola prekročená limitná hodnota pre PM_{10} na jednej lokalite (**Tab. 3.15**).

Tab. 3.15 *Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2020 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov – VZZO.*

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia						
		SO_2		NO_2		PM_{10}		CO
	Doba spriemerovania	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	8 h [1)]
	Limitná hodnota [µg·m^{-3}] (počet prekročení)	350 (24)	125 (3)	200 (18)	40	50 (35)	40	10 000
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	15	6	19	1 060
	Bratislava, Vlčie Hrdlo (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	17	1	19	974
KOŠICE	Košice, Poľov (U.S. Steel, s.r.o.)	0	0	0	3	0	16	5 736
	Košice, Haniska (U.S. Steel, s.r.o.)	0	0	0	6	2	20	4 229
Bratislavský kraj	Rovinka (Slovnaft, a.s.)	0	0	0	12	6	21	1 462
Košický kraj	Veľká Ida (U.S. Steel, s.r.o.)	0	0	0	5	30	27	1 807
	Leles (Slovenské elektrárne, a.s.)	0	0	0	6			
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom (Duslo, a.s.)	0	0	0	9	2	15	
Trenčiansky kraj	Oslany (Slovenské elektrárne, a.s.)	0	0	0	8			
Žilinský kraj	Ružomberok (Mondi a.s. - Supra)					**41**	25	

[1)] *maximálna osemhodinová koncentrácia*
Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty

3.3.1 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzén, CO a benzo(a)pyrén v členení na aglomerácie a zóny v roku 2020

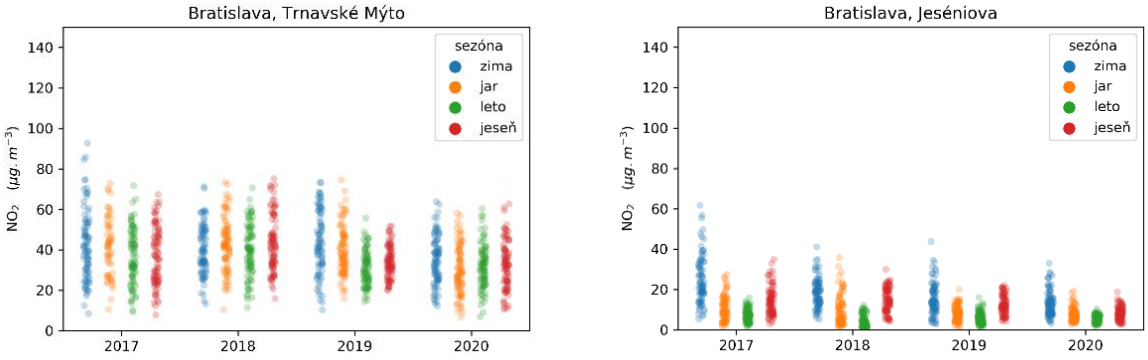
V nasledujúcom texte sú vyhodnotené výsledky meraní vzhľadom k limitným a cieľovým hodnotám jednotlivých znečisťujúcich látok na ochranu ľudského zdravia. Hodnotenie kvality ovzdušia je komplexný problém, na riešenie ktorého sa okrem monitoringu používajú metódy matematického modelovania. Tie slúžia na doplnenie informácie o priestorovom rozdelení koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší ako aj o vzťahu k zdrojom emisií znečisťujúcich látok (v prípade, že sú k dispozícii vstupné informácie). Hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovanie sa nachádza v Kapitole **4**.

■ **Aglomerácia Bratislava**

V roku 2020 neboli v aglomerácii Bratislava prekročené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí pre SO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, NO_2, benzén ani CO, nebolo tu namerané ani prekročenie cieľovej hodnoty pre benzo(a)pyrén. **Obr. 3.5** porovnáva vybrané AMS s najvyššími a najnižšími nameranými koncentráciami NO_2 v Bratislave. Na priebehu priemerných denných koncentrácií NO_2 vidno vyššie hodnoty na dopravnej AMS Trnavské mýto, pričom sezónnosť charakteristická pre vykurovanie sa viac prejavuje na AMS Bratislava, Jesenského, ktorá má v letnom období nižšie koncentrácie oxidu dusičitého. Vplyv protipandemických opatrení zavedených začiatkom roku 2020 sa prejavil na poklese intenzity cestnej dopravy, čo sa najviac odrazilo na zníženíkoncentrácií oxidov dusíka[13].

Prekročenie limitnej hodnoty pre PM_{10} nebolo v aglomerácii Bratislava zaznamenané od r. 2015, keď prišlo k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu na Trnavskom mýte; limitná hodnota pre NO_2 bola prekročená na tejto stanici v roku 2018. Výsledky modelovania kvality ovzdušia s vysokým priestorovým rozlíšením naznačujú možnosť prekročenia limitných hodnôt v blízkosti cestných komunikácií s vysokou intenzitou dopravy[14].

Obr. 3.5 *Priemerné denné koncentrácie NO_2 v rokoch 2017 – 2020 na AMS Bratislava, Trnavské mýto a $PM_{2,5}$ na AMS Bratislava Jeséniova.*



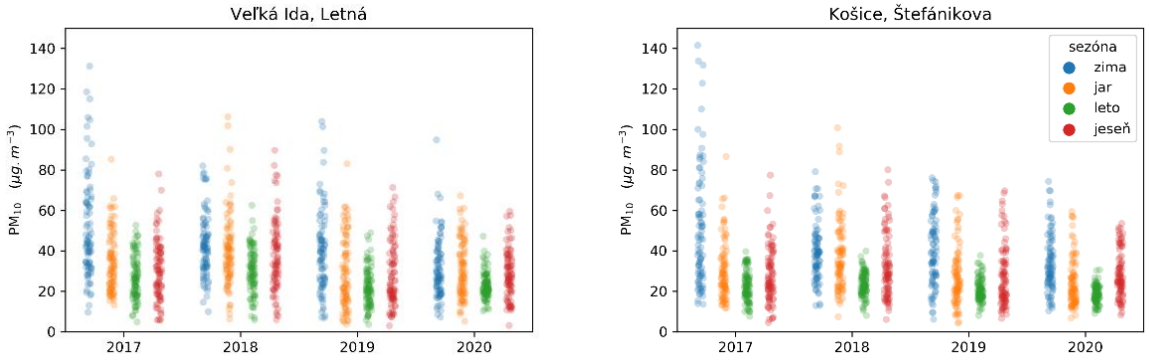
[13] *http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1054*
[14] *Štúdia kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava, SHMÚ, 2020. http://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Studia_BA_2020.pdf*

Aglomerácia Košice

V roku 2020 neboli v aglomerácii Košice prekročené limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí pre SO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzén ani CO, na rozdiel od roku 2019, keď prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú denné koncentráciu PM_{10} zaznamenala monitorovacia stanica Veľká Ida, Letná. (AMS Veľká Ida, Letná je od roku 2020 súčasťou aglomerácie Košice).

Na **Obr. 3.6** vidno vyššie koncentrácie PM_{10} na priemyselnej stanici Veľká Ida, Letná oproti dopravnej AMS Košice, Štefánikova, pričom výraznejší rozdiel na dopravnej stanici v letnom období by indikoval možný vplyv vykurovacích zdrojov aj v Košiciach. Koncentrácie namerané na AMS Košice, Amurská sú oproti spomínaným lokalitám značne nižšie (**Tab. 3.4**), čo je dané typom lokality, ktorá charakterizuje mestské pozadie.

Obr. 3.6 *Priemerné denné koncentrácie PM_{10} v rokoch 2017 – 2020 na AMS Veľká Ida, Letná a Košice, Štefánikova.*



Na stanici Veľká Ida, Letná bola tiež prekročená cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén, kde sa pravdepodobne prejavil vplyv metalurgického komplexu s výrobou koksu a v menšej miere aj vykurovania domácností.

Zóna Banskobystrický kraj

Priemerné denné koncentrácie PM_{10} prekročili limitnú hodnotu na jedinej AMS: Jelšava, Jesenského. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10} nebola prekročená na žiadnej stanici v tejto zóne.

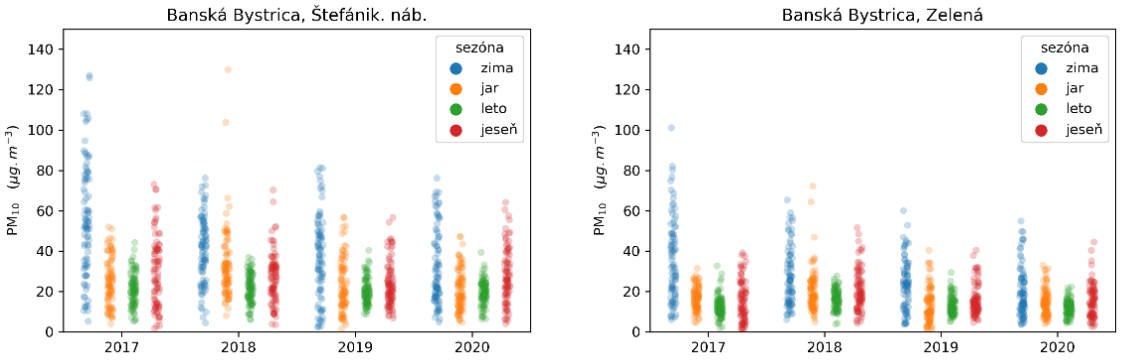
Koncentrácie benzo(a)pyrénu výrazne prekročili cieľovú hodnotu na AMS Jelšava, Jesenského, prekročenie bolo zaznamenané aj na oboch monitorovacích staniciach v Banskej Bystrici.

Vysoký počet prekročení dennej limitnej hodnoty pre PM_{10} v Jelšave v roku 2020 (44 prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu) a tiež vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu (priemerná ročná koncentrácia mala hodnotu 3,0 $ng \cdot m^{-3}$) je možné pripísať najmä vykurovaniu tuhým palivom v tejto oblasti, kde situáciu ešte zhoršujú extrémne nepriaznivé rozptylové podmienky uzavretej horskej doliny. Menej výrazne sa v Jelšave prejavuje vplyv priemyselných zdrojov. Vplyv meteorológie, najmä teploty, sa prejaví aj v odlišnej intenzite vykurovania v rôznych mesiacoch roka (**Obr. 3.8**) teda nepriamo ovplyvní aj emisie. Vyššia rýchlosť vetra pôsobí priaznivo na zlepšenie rozptylových podmienok a vyššie úhrny zrážok indikujú vyššiu mieru mokrej depozície (vymývanie znečisťujúcich látok atmosférickými zrážkami) a preto nižšie koncentrácie. Podrobnejšie je tieto procesy možné simulovať metódami matematického modelovania.

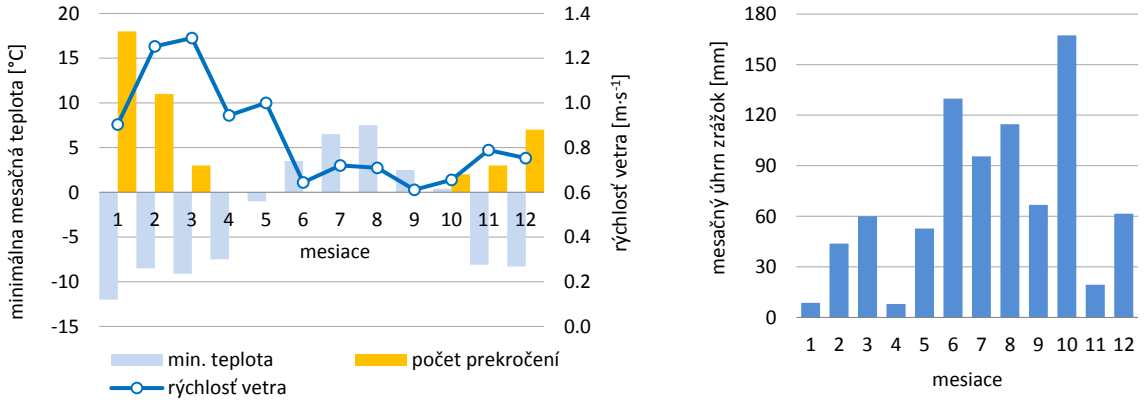
Naopak, na AMS Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie, je pomerne vysoký počet prekročení dennej limitnej hodnoty spôsobený najmä cestnou dopravou, pričom sa tu zároveň prejavuje aj vplyv vykurovania domácností.

Koncentrácie $PM_{2,5}$, SO_2, NO_2, benzénu ani CO neprekročili v tejto zóne limitné hodnoty.

Obr. 3.7 *Priemerné denné koncentrácie PM_{10} v rokoch 2017 – 2020 na AMS Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie a Banská Bystrica, Zelená.*



Obr. 3.8 *Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM_{10} > 50 µg·m^{-3} na AMS Jelšava, Jeséniova v roku 2020 – porovnanie s minimálnou mesačnou teplotou, rýchlosťou vetra a úhrnom zrážok.*



Zóna Bratislavský kraj

Koncentrácie SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzénu, CO ani benzo(a)pyrénu neprekročili na monitorovacích staniciach v tejto zóne limitnú, resp. cieľovú hodnotu.

Poznámka: Benzo(a)pyrén sa začal na stanici v Rovinke merať v júni 2020. Na základe doterajších výsledkov meraní benzo(a)pyrénu a PM pre roky 2020 – 2021 v tejto lokalite môžeme usúdiť, že cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén na tejto stanici by v roku 2020 nebola prekročená.

Zóna Košický kraj

Namerané koncentrácie SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzénu a CO neprekročili v zóne Košický krajlimitné hodnoty. Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén bola prekročená na monitorovacej stanici Krompachy, SNP v roku 2020 aj v predchádzajúcom roku. Prejavuje sa tu vplyv kombinácie viacerých zdrojov – cestnej dopravy, vykurovania domácností a priemyselného zdroja.

Zóna Nitriansky kraj

Koncentrácie SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzénu a CO neprekročili v tejto zóne limitné hodnoty, ani cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén tu nebola v roku 2020 prekročená.

- **Zóna Prešovský kraj**

  Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10} nebola v tejto zóne prekročená, rovnako ako limitné hodnoty pre SO_2, NO_2, benzén, CO a $PM_{2,5}$. Prekročenie cieľovej hodnoty pre benzo(a)pyrén nebolo v zóne namerané, mohlo sa však vyskytovať na lokalitách, kde prevláda vykurovanie domácností tuhým palivom.

- **Zóna Trenčiansky kraj**

  Limitná hodnota pre priemernú ročnú a priemernú dennú koncentráciu pre PM_{10} nebola v Trenčianskom kraji prekročená, rovnako ako limitné hodnoty pre SO_2, NO_2, benzén, CO a $PM_{2,5}$.

  Na monitorovacej stanici Prievidza, Malonecpalská bolo namerané prekročenie cieľovej hodnoty pre benzo(a)pyrén. Prejavuje sa tu vykurovanie domácností tuhým palivom a v menšej miere systémová energetika (tepelné elektrárne).

- **Zóna Trnavský kraj**

  Namerané koncentrácie SO_2, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$, benzénu a CO neprekročili v tejto zóne limitné hodnoty. Rovnako neprišlo v Trnavskom kraji ani k prekročeniu cieľovej hodnoty pre benzo(a)pyrén.

- **Zóna Žilinský kraj**

  Žilinský kraj nezaznamenal prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} ani pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10} a $PM_{2,5}$, SO_2, NO_2, benzén a CO.

  Na monitorovacej stanici Žilina, Obežná bolo namerané prekročenie cieľovej hodnoty pre benzo(a)pyrén – prejavuje sa tu pravdepodobne vplyv vykurovania domácností, cestnej dopravy a cezhraničného prenosu z Malopoľského vojvodstva.

3.3.2 Vyhodnotenie kvality ovzdušia podľa limitných a cieľových hodnôt na ochranu zdravia ľudí pre Pb, As, Cd, Ni a O_3 v členení na aglomeráciu a zóny v roku 2020

- **Aglomerácia Bratislava**

  Limitná hodnota pre Pb, ani cieľové hodnoty pre As, Cd, Ni neboli v aglomerácii Bratislava prekročené.

  Cieľová hodnota pre ozón (120 $\mu g \cdot m^{-3}$ sa neprekročí viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov) bola prekročená na monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova a Bratislava, Mamateyova. Táto skutočnosť mohla byť zapríčinená viacerými faktormi – dobrou dostupnosťou prekurzorov ozónu, vyšším pomerom NO_2/NO v prospech NO_2 týchto lokalitách, takže ozón tu už nie je do takej miery degradovaný oxidom dusnatým z cestnej dopravy ako pri frekventovaných cestách. Prejaviť sa tu mohli aj epizódy diaľkového prenosu. V roku 2020 v Bratislave neprišlo k prekročeniu informačného prahu ani výstražnému prahu.

- **Zóna Slovensko**

  Zóna vymedzuje územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy.

  Limitná hodnota pre Pb, ani cieľové hodnoty pre As, Cd a Ni neboli v zóne Slovensko prekročené.

  Cieľová hodnota pre ozón bola prekročená na monitorovacej stanici Chopok, EMEP. Stanica sa nachádza v nadmorskej výške 2008 m n. m., kde sa na zvýšených koncentráciách troposférického ozónu podieľa okrem horizontálneho diaľkového prenosu aj prenos zo spodných vrstiev stratosféry.

3.4 REGIONÁLNY MONITORING

Regionálne znečistenie ovzdušia je znečistenie hraničnej vrstvy atmosféry krajiny prírodného typu, v dostatočnej vzdialenosti od lokálnych priemyselných a mestských zdrojov. Hraničná vrstva atmosféry je vrstva premiešavania, siahajúca od povrchu do výšky asi 1000 m. V regionálnych polohách sú už priemyselné exhaláty viac-menej rovnomerne vertikálne rozptýlené v celej hraničnej vrstve a úroveň prízemných koncentrácií je nižšia ako v mestách. V nasledujúcom texte sú uvedené výsledky z regionálnych monitorovacích staníc EMEP, kapitola **3.4.1** obsahuje výsledky monitoringu kvality ovzdušia a kapitola **3.4.2** sa zaoberá kvalitou atmosférických zrážok.

3.4.1 Ovzdušie

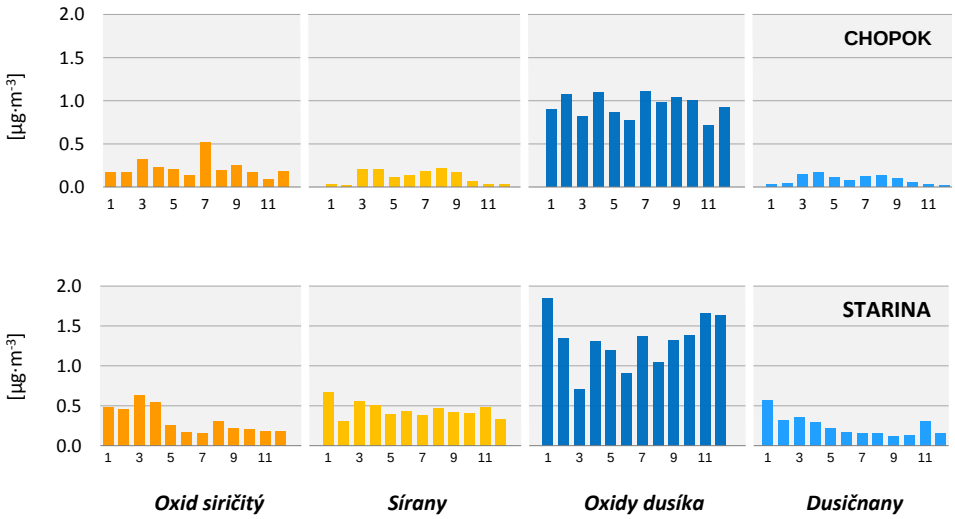
- **Oxid siričitý, sírany**

V roku 2020 regionálna úroveň koncentrácií oxidu siričitého prepočítaného na síru bola 0,22 $\mu g \cdot m^{-3}$ na Chopku a 0,31 $\mu g \cdot m^{-3}$ na Starine (**Tab. 3.16**, **Obr. 3.9**). V súlade s prílohou č. 2 k Vyhláške MŽP SR o kvalite ovzdušia č. 244/2016 Z. z. v znení neskorších predpisov kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie je 20 $\mu g\ SO_2 \cdot m^{-3}$ za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto úroveň nebola prekročená ani za kalendárny rok (Chopok 0,44 $\mu g\ SO_2 \cdot m^{-3}$ a Starina 0.62 $\mu g\ SO_2 \cdot m^{-3}$) ani za zimné obdobie (Chopok 0,5 $\mu g\ SO_2 \cdot m^{-3}$ a Starina 1,1 $\mu g\ SO_2 \cdot m^{-3}$). Priemerná ročná koncentrácia síranov, prepočítaných na síru, činila 0,12 $\mu g \cdot m^{-3}$ na Chopku a 0,44 $\mu g \cdot m^{-3}$ na Starine (**Tab. 3.16**, **Obr. 3.9**).

- **Oxid dusičitý, dusičnany**

Koncentrácie oxidu dusičitého prepočítaného na dusík na regionálnych staniciach v roku 2020 boli 0,94 $\mu g \cdot m^{-3}$ na Chopku a 1,31 $\mu g \cdot m^{-3}$ na Starine (**Tab. 3.16**, **Obr. 3.9**). V súlade s prílohou č. 2 k Vyhláške MŽP SR o kvalite ovzdušia č. 244/2016 Z. z., v znení neskorších predpisov kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie je 30 $\mu g\ NO_X \cdot m^{-3}$ za kalendárny rok. Táto úroveň nebola za kalendárny rok prekročená (Chopok 3,09 $\mu g\ NO_2 \cdot m^{-3}$ a Starina 4,33 $\mu g\ NO_2 \cdot m^{-3}$). Dusičnany v ovzduší na Chopku a na Starine (**Tab. 3.16**, **Obr. 3.9**) boli prevažne v časticovej forme. Plynné a časticové dusičnany sa zachytávajú na filtre a merajú oddelene. Ich fázové delenie závisí od teploty a vlhkosti vzduchu. Keď je vyššia teplota, je tendencia v prospech plynnej fázy, teda HNO_3 a naopak, keď je vyššia vlhkosť, tak v prospech časticovej, teda NO_3^-.

Obr. 3.9 *Priemerné mesačné koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší, rok 2020 (prepočítané na síru, resp. dusík).*



Amoniak, amónne ióny a ióny alkalických kovov

V súlade s požiadavkami monitorovacej stratégie EMEP sa začali pre EMEP stanice v rámci programu staníc „prvej úrovne“ merania amoniaku, amónnych iónov, iónov sodíka, draslíka, vápnika a horčíka v ovzduší v máji roku 2005 na stanici Stará Lesná. Ukončené boli v septembri 2007. Na Starine sa tieto ióny začali merať v júli 2007. Priemerné koncentrácie uvedených komponentov (NH_3 a NH_4^+ prepočítané na dusík) na Starine za rok 2020 sú uvedené v **Tab. 3.16**. Pri amónnych iónoch predstavuje ročná koncentrácia hodnotu 0,68 µg N·m^{-3} a pri amoniaku 1,52 µg N·m^{-3}.

Tab. 3.16 *Priemerné ročné koncentrácie znečisťujúcich látok [µg·m^{-3}]v ovzduší na EMEP staniciach, rok 2020.*

	SO_2	SO_4^{2-}	NO_2	NO_3^-	HNO_3	Cl^-	NH_3	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Chopok	0,22	0,12	0,94	0,08	0,03	0,09	-	-	-	-	-	-
Starina	0,31	0,44	1,31	0,24	0,05	0,19	1,52	0,68	0,18	0,13	0,03	0,15

SO_2, SO_4^{2-} – prepočítané na síru, NO_x, NO_3^-, HNO_3, NH_3, NH_4^+ – prepočítané na dusík

Atmosférický aerosól, ťažké kovy

Hodnoty koncentrácií ťažkých kovov (olova, medi, kadmia, niklu, chrómu, zinku a arzénu) za rok 2020 sú uvedené v **Tab. 3.17**. Najvyššie hodnoty koncentrácií medi, olova a zinku boli zaznamenané na Starine a naopak najnižšie hodnoty na Chopku. V štvrtom kvartáli roku 2020 sa začalo sledovať kvalitatívne zloženie frakcie PM_{10} na obsah elementárneho a organického uhlíka na stanici EMEP Stará Lesná.

Tab. 3.17 *Priemerné ročné koncentrácie ozónu [µg·m^{-3}] a ťažkých kovov [ng·m^{-3}] v ovzduší na EMEP staniciach, rok 2020.*

	O_3	Pb	Cu	Cd	Ni	Cr	Zn	As	Hg*	EC/OC
Chopok	91	0,82	0,30	0,03	0,22	0,09	1,93	0,07	-	
Topoľníky	24	5,23	1,07	0,04	0,11	0,27	9,81	0,15	1,60	
Starina	54	5,44	1,16	0,04	0,13	0,27	9,73	0,14	1,65	
Stará Lesná	57	2,72	0,65	0,03	0,23	0,20	5,84	0,09	-	2/0,5**

* *Hg sa meria mimo monitorovacieho programu EMEP*
** *vypočítané len z hodnôt za štvrtý kvartál 2020*

Ozón

Stará Lesná má najdlhší časový rad meraní ozónu, od roku 1992. Merania ozónu v Topoľníkoch, na Starine a na Chopku sa začali realizovať v priebehu roka 1994. V roku 2020 bola priemerná ročná koncentrácia ozónu na Chopku 91 µg·m^{-3}, v Topoľníkoch 24 µg·m^{-3}, v Starej Lesnej 57 µg·m^{-3} a na Starine 54 µg·m^{-3} (**Tab. 3.17**).

Prchavé organické zlúčeniny

Prchavé organické zlúčeniny, $C_2 - C_8$ (tzv. ľahké uhľovodíky) sa začali odoberať na stanici Starina na jeseň v roku 1994. Starina je jednou z mála európskych staníc, zaradených do siete EMEP, s pravidelným monitorovaním prchavých organických zlúčenín. Laboratórne analýzy VOC boli v roku 2020 vykonávané v Centrálnom laboratóriu imisií ČHMÚ v Prahe.

Tab. 3.18 *Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín [µg·m^{-3}] na EMEP stanici Starina, rok 2020.*

etán	etén	propán	propén	i-bután	bután	2-metylbután	pentán	hexán	izoprén
2,21	1,11	1,36	0,22	0,41	0,54	0,38	1,57	0,09	0,43
Σ butény	**Σ pentény**	**benzén**	**i-oktán**	**heptán**	**toluén**	**etylbenzén**	**oktán**	**m+p-xylén**	**o-xylén**
0,13	0,05	0,58	0,12	0,13	0,54	0,75	0,12	1,06	0,51

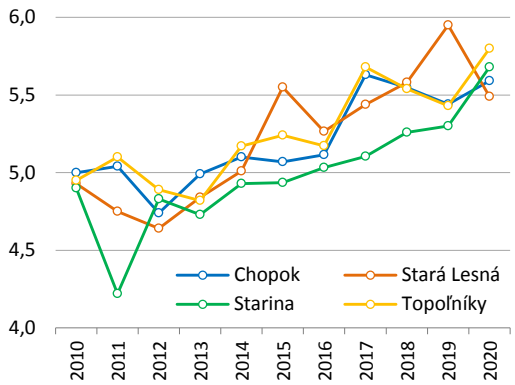
3.4.2 Atmosférické zrážky

Kvalita atmosférických zrážok sa okrem štyroch EMEP staníc monitoruje aj na mestskej pozaďovej stanici Bratislava, Jeséniova, ktorá slúži ako porovnanie k nameraným hodnotám na regionálnych staniciach.

Hlavné ióny, pH, vodivosť

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn na regionálnych staniciach od 441 do 1285 mm s hornou hranicou rozpätia na Chopku a s najmenším množstvom zrážok na Starine. Najnižšie ročné priemerné hodnoty pH 5,49 sme zaznamenali v Starej Lesnej, na tejto stanici sme v januári zaznamenali dážď s úhrnom 14,1 mm a hodnotou pH 4,12 z dôvodu veľmi vysokej koncentrácie síranov Zrážky s takto nízkou hodnotou pH sú označované za kyslé dažde. Január a celkovo zimné obdobie sú na regionálnych staniciach spravidla mesiace s najnižšími sledovanými hodnotami pH v zrážkach, priemerné hodnoty sa pohybujú tesne pod pH 5. V Bratislave takýto sezónny pokles pH pozorovaný nie je. Je to spôsobené najmä rozdielnym spôsobom vykurovania domácností - plynom v Bratislave, regionálne stanice sú ovplyvnené emisiami z vykurovania domácností tuhým palivom, v tomto prípade pravdepodobne uhlím. Najvyššie ročné priemerné hodnoty pH boli namerané v Topoľníkoch (**Tab. 3.19**, **Obr. 3.10**). Vodivosť atmosférických zrážok je odrazom prítomnosti katiónov a aniónov, ktoré sú vodivé. Koncentrácie dominantných síranov v zrážkových vodách (**Tab. 3.19**, **Obr. 3.11**) prepočítané na síru predstavovali na staniciach EMEP rozpätie 0,22 – 0,33 mg·l^{-1}. Koncentrácie síranov sú na spodnej hranici rozpätia na Chopku a mierne vyššie na ostatných staniciach. Z dôvodu významného poklesu koncentrácií síranov v ovzduší za posledné dekády, začali hrať dusičnany, ktoré sa v minulosti podieľali na kyslosti zrážok v menšej miere ako sírany, v súčasnosti väčšiu rolu aj z dôvodu menej významných poklesov ich koncentrácií. Dusičnany vykazovali koncentračné rozpätie na staniciach EMEP prepočítané na dusík 0,17 – 0,29 mg·l^{-1} (**Tab. 3.19**, **Obr. 3.11**). Spodnú hranicu rozpätia predstavuje Chopok a hornú Topoľníky. Amónne ióny patria tiež medzi majoritné ióny a ich koncentračné rozpätie na staniciach EMEP predstavovalo 0,31 – 0,58 mg·l^{-1} (**Tab. 3.19**). Vývoj ročných priemerných hodnôt pH atmosférických zrážok na staniciach EMEP za posledných jedenásť rokov je uvedený v grafe na **Obr. 3.10**.

Obr. 3.10 *pH v atmosférických zrážkach.*

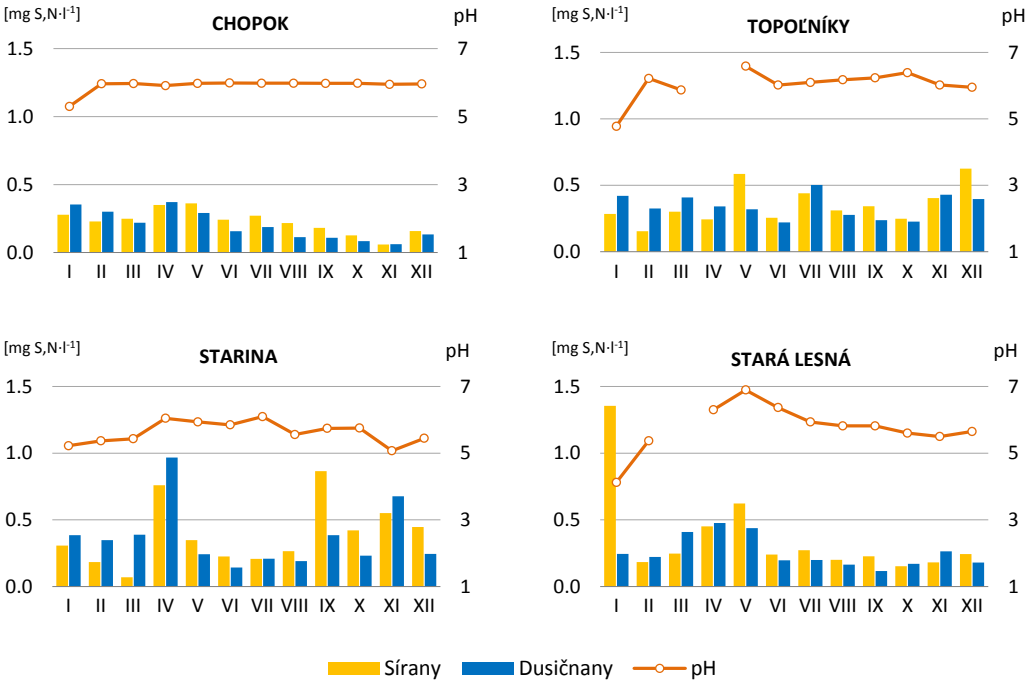


Tab. 3.19 *Ročné vážené priemery koncentrácií znečisťujúcich látok v atmosférických zrážkach, rok 2020.*

	zrážky [mm]	pH	vodivosť [µS·cm^{-1}]	SO_4^{2-} [mg·l^{-1}]	NO_3^- [mg·l^{-1}]	NH_4^+ [mg·l^{-1}]	Cl^- [mg·l^{-1}]	Na^+ [mg·l^{-1}]	K^+ [mg·l^{-1}]	Mg^{2+} [mg·l^{-1}]	Ca^{2+} [mg·l^{-1}]
Chopok	1 285	5,59	11,75	0,22	0,17	0,31	0,27	0,15	0,05	0,02	0,12
Topoľníky	494	5,80	13,64	0,33	0,29	0,58	0,20	0,14	0,06	0,04	0,38
Starina	441	5,68	9,87	0,31	0,24	0,30	0,28	0,18	0,20	0,04	0,30
Stará Lesná	716	5,49	9,88	0,27	0,21	0,39	0,35	0,17	0,07	0,02	0,17
Bratislava, Jeséniova	676	6,22	18,39	0,62	0,51	1,00	0,41	0,54	0,24	0,12	1,17

SO_4^{2-} – prepočítané na síru, NO_3^-, NH_4^+ – prepočítané na dusík

Obr. 3.11 *Atmosférické zrážky, rok 2020.*



Ťažké kovy v atmosférických zrážkach

Od roku 2000 bol merací program ťažkých kovov v zrážkach postupne modifikovaný a viac prispôsobovaný aktuálnym požiadavkám monitorovacej stratégie CCC EMEP (Chemical Coordinating Centre of EMEP). V rámci programu EMEP pre stanice prvej úrovne boli zaradené tieto ťažké kovy – olovo, meď, kadmium, nikel, chróm, zinok a arzén. Na monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova bolo zavedené meranie rovnakej palety ťažkých kovov. Táto však slúži len na porovnanie a nehodnotí sa ako regionálna stanica. Výsledky ročných vážených priemerov koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach za rok 2020 sú uvedené v **Tab. 3.20**. Zinok, olovo a meď majú medzi monitorovanými kovmi vyššie zastúpenie ako ostatné kovy, podobne ako pri kovoch v ovzduší (**Tab. 3.17**). Dlhodobý trend ťažkých kovov má klesajúcu tendenciu.

Tab. 3.20 *Ročné vážené priemery koncentrácií ťažkých kovov v atmosférických zrážkach na EMEP staniciach, rok 2020.*

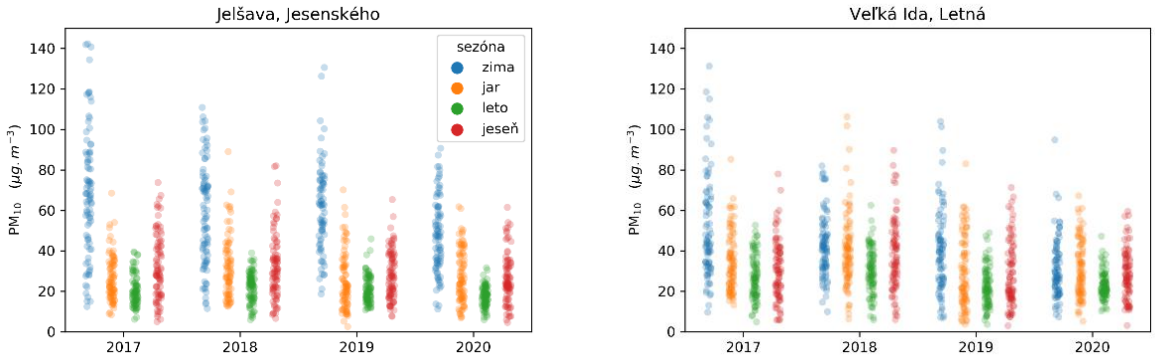
	Zrážky [mm]	Pb [µg·l⁻¹]	Cd [µg·l⁻¹]	Cr [µg·l⁻¹]	As [µg·l⁻¹]	Cu [µg·l⁻¹]	Zn [µg·l⁻¹]	Ni [µg·l⁻¹]
Chopok	1 082	1,21	0,07	0,12	0,19	0,90	17,53	0,21
Topoľníky	457	0,87	0,07	0,15	0,13	0,61	31,94	0,36
Starina	749	0,77	0,09	0,14	0,27	0,74	17,98	0,47
Stará Lesná	754	0,73	0,10	0,12	0,08	0,85	10,41	0,40
Bratislava, Jeséniova	956	1,23	0,08	0,16	0,25	1,14	14,94	0,32

3.5 ZHRNUTIE

PM_{10}

Cieľom monitoringu nielen PM_{10}, $PM_{2,5,}$ ale aj benzo(a)pyrénu je dostatočne pokrývať územie Slovenska berúc do úvahy možný vplyv rôznych zdrojov znečisťovania ovzdušia. Preto budú postupne pribúdať monitorovacie stanice, ktoré odrážajú aj vplyv vykurovania domácností. V roku 2020 neprišlo na žiadnej monitorovacej stanici k prekročeniu limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10}. Prekročenia limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre 24 hodinové koncentrácie sa vyskytli na jednej AMS: Jelšava, Jesenského - ako dominantný zdroj PM_{10} sa na výsledkoch monitorovania na tejto stanici sa prejavuje vykurovanie domácností tuhým palivom; problémom sú tu obvykle veľmi nepriaznivé rozptylové podmienky v zimnom období, lokalita je v menšej miere ovplyvnená aj priemyselným zdrojom. **Obr. 3.12** ilustruje výraznejší pokles koncentrácií PM_{10} na AMS Jelšava, Jesenského v letnom období v porovnaní s AMS Veľká Ida, Letná, čo odráža rozdielnu sezónnosť zdrojov. Koncentrácie namerané na lokalite ovplyvnenej najmä vykurovaním domácností (Jelšava) sú porovnateľne vysoké, ako na priemyselnej stanici Veľká Ida, Letná, niekedy dokonca vyššie. Obe stanice dlhodobo vykazujú vyššie koncentrácie PM (ako bolo spomenuté, Veľká Ida je v menšej miere ovplyvnená aj vykurovaním domácností, ide však najmä o vplyv metalurgického komplexu).

Obr. 3.12 *Priemerné denné koncentrácie PM_{10} na AMS Jelšava, Jesenského a Veľká Ida, Letná.*



Na základe prekročenia informačného, resp. výstražného prahu bolo pre verejnosť vydaných 7 oznámení o smogovej situácii (4 pre Ružomberok a po jednom pre Jelšavu, Krompachy a Martin) a jedna (Ružomberok) výstraha pred závažnou smogovou situáciou pre PM_{10}. V prípade, že bolo na základe meteorologickej predpovede možné predpokladať zlepšenie rozptylovej situácie, oznámenie resp. výstraha neboli vydávané (podmienky sú popísané v kapitole **3.3**). **Tab. 3.8** uvádza zoznam monitorovacích staníc a trvanie prekročenia informačného alebo výstražného prahu pre PM_{10}.

$PM_{2,5}$

Pre $PM_{2,5}$ je stanovená limitná hodnota 20 $\mu g \cdot m^{-3}$ (pre priemernú ročnú koncentráciu), ktorá vstúpila do platnosti 1. 1. 2020. (Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2011/850/EU, Príloha 1, bod 5). V roku 2020 táto hodnota nebola prekročená na žiadnej monitorovacej stanici.

Zdravotné dôsledky vyplývajúce zo znečistenia ovzdušia časticami PM závisia od veľkosti aj zloženia tuhých znečisťujúcich látok (častíc) a sú tým závažnejšie, čím sú častice menšie. Európska i slovenská legislatíva preto presúva ťažisko pozornosti na $PM_{2,5}$. Ukazovateľom, ktorý vyjadruje trend zaťaženia obyvateľstva koncentráciami $PM_{2,5}$ je Indikátor Priemernej Expozície $PM_{2,5}$ (IPE). Je definovaný ako trojročný kĺzavý priemer ročných priemerov $PM_{2,5}$ z vybraných mestských a predmestských pozaďových staníc (pre SR bol v r. 2020 celý časový rad IPE prepočítaný – po dohode s EEA a EK boli vybraté tie stanice, ktoré mali v roku 2010 výťažnosť najmenej 75 %). Napríklad IPE 2020 sa počíta ako priemer troch priemerných ročných koncentrácií týchto staníc v r. 2018, r. 2019 a r. 2020. Podľa prílohy č. 1 k Vyhláške č. 244/2016 Z. z., v znení neskorších predpisov je od 1.januára 2020 limitná hodnota

stanovená na 20 µg·m^{-3}. V **Tab. 3.21** uvádzame hodnoty tohto ukazovateľa od roku 2010, ktorý je pre IPE referenčným rokom. Národný cieľ zníženia expozície pre častice $PM_{2,5}$ v roku 2020 Slovenská republika splnila.

Národný cieľ zníženia expozície pre častice $PM_{2,5}$

Cieľ zníženia expozície tykajúci sa Indikátora Priemernej Expozície v roku 2010		Rok, v ktorom sa má dosiahnuť cieľ zníženie expozície
Počiatočná koncentrácia v µg·m^{-3}	Cieľ zníženia	
≤ 8,5	0 %	2020
> 8,5 – < 13	10 %	
= 13 – < 18	15 %	
= 18 – < 22	20 %	
≥ 22	Všetky vhodné opatrenia na dosiahnutie 18 µg·m^{-3}	

Záväzok zníženia koncentrácie expozície pre častice $PM_{2,5}$

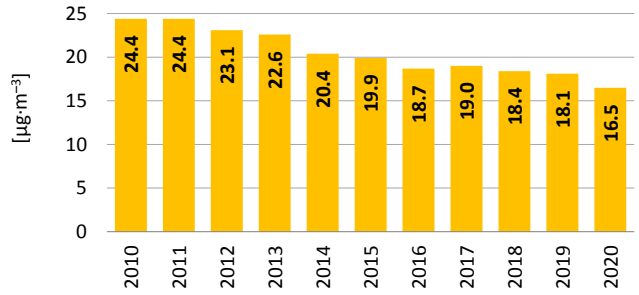
Záväzok zníženia koncentrácie expozície platný od roku 2015	20 µg·m^{-3}

Tab. 3.21 *Indikátor Priemernej Expozície $PM_{2,5}$.*

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
IPE [µg·m^{-3}]	24,4	24,4	23,1	22,6	20,4	19,9	18,7	19,0	18,4	18,1	16,5

Obr. 3.13 zobrazuje vývoj Indikátora Priemernej Expozície $PM_{2,5}$ za posledných desať rokov. Jeho pokles v roku 2020 je pravdepodobne možné vysvetliť poklesom emisií na Slovensku aj susedných krajinách, podrobnejšie informácie budú k dispozícii po spracovaní emisných inventúr za rok 2020, a po následnej analýze pomocou matematického modelovania.

Obr. 3.13 *Indikátor Priemernej Expozície $PM_{2,5}$ v rokoch 2010 – 2020.*



SO_2

Na rozdiel od PM, NO_2, CO a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO_2 podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje a systémová energetika (tepelné elektrárne).

V roku 2020 nebola v žiadnej aglomerácii ani zóne prekročená limitná hodnota pre priemerné hodinové a denné hodnoty SO_2. Zároveň sa v tomto roku na monitorovacích staniciach v SR nevyskytol žiaden prípad prekročenia výstražného prahu. Merané koncentrácie sú dlhodobo pod limitnou hodnotu.

Kritická hodnota na ochranu vegetácie je 20 µg·m^{-3} za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto limitná hodnota nebola prekročená v priebehu roku 2020 na žiadnej z EMEP staníc, ani za kalendárny rok, ani za zimné obdobie. Všetky hodnoty boli pod dolnou medzou pre hodnotenie na ochranu vegetácie.

NO_2

NO_2 vzniká v ovzduší oxidáciou NO, ktorý je emitovaný z cestnej dopravy a rôznych priemyselných zdrojov. So vzdialenosťou zdroja – napríklad od cestnej komunikácie – sa preto výrazne mení podiel NO/NO_2 v prospech NO_2.

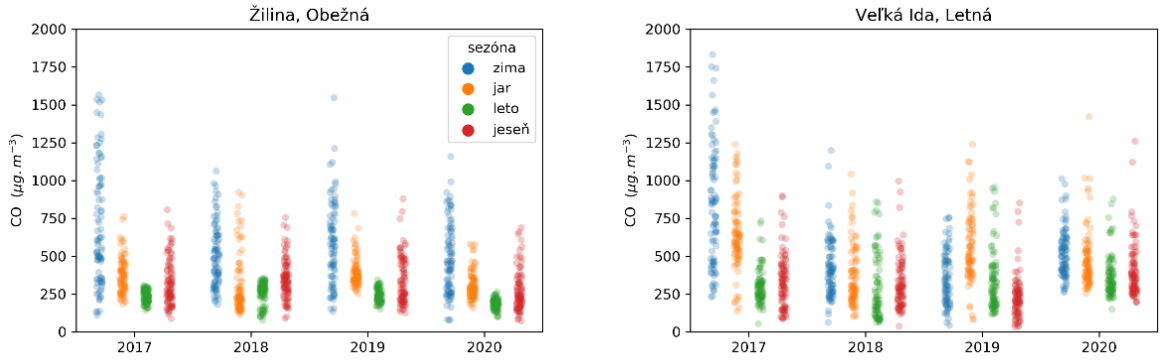
V roku 2020 nebola prekročená ročná limitná hodnota pre NO_2 na žiadnej monitorovacej stanici. Takisto neprišlo k prekročeniu limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre hodinové koncentrácie tejto znečisťujúcej látky. V roku 2020 nenastal ani prípad prekročenia výstražného prahu pre NO_2.

Kritická úroveň znečistenia ovzdušia na ochranu vegetácie (30 $\mu g \cdot m^{-3}$ za kalendárny rok vyjadrená ako NO_x) nebola v roku 2020 prekročená na žiadnej z EMEP staníc. Hodnoty boli hlboko pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia ovzdušia, ktorá je určená na ochranu vegetácie a prírodných ekosystémov.

CO

Zdrojom emisií CO sú spaľovacie procesy v priemysle, energetike, vykurovanie domácností a cestná doprava. Na žiadnej z monitorovacích staníc na Slovensku nebola v roku 2020 prekročená limitná hodnota pre CO a úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2012 – 2020 je pod dolnou medzou na hodnotenie úrovne znečistenia vonkajšieho ovzdušia. Na **Obr. 3.14** môžeme porovnať priebeh priemerných denných koncentrácií na dvoch odlišných lokalitách – na AMS Veľká Ida, Letná sú koncentrácie rozdelené približne rovnomerne počas roku, na AMS Žilina Obežná sa vyskytuje maximum v zimných mesiacoch, čo môže byť spôsobené vplyvom vykurovania domácností.

Obr. 3.14 *Priemerné denné koncentrácie CO na AMS Veľká Ida, Letná a Žilina, Obežná.*



Benzén

Emisie benzénu pochádzajú z cestnej dopravy, v menšej miere z priemyselných zdrojov.

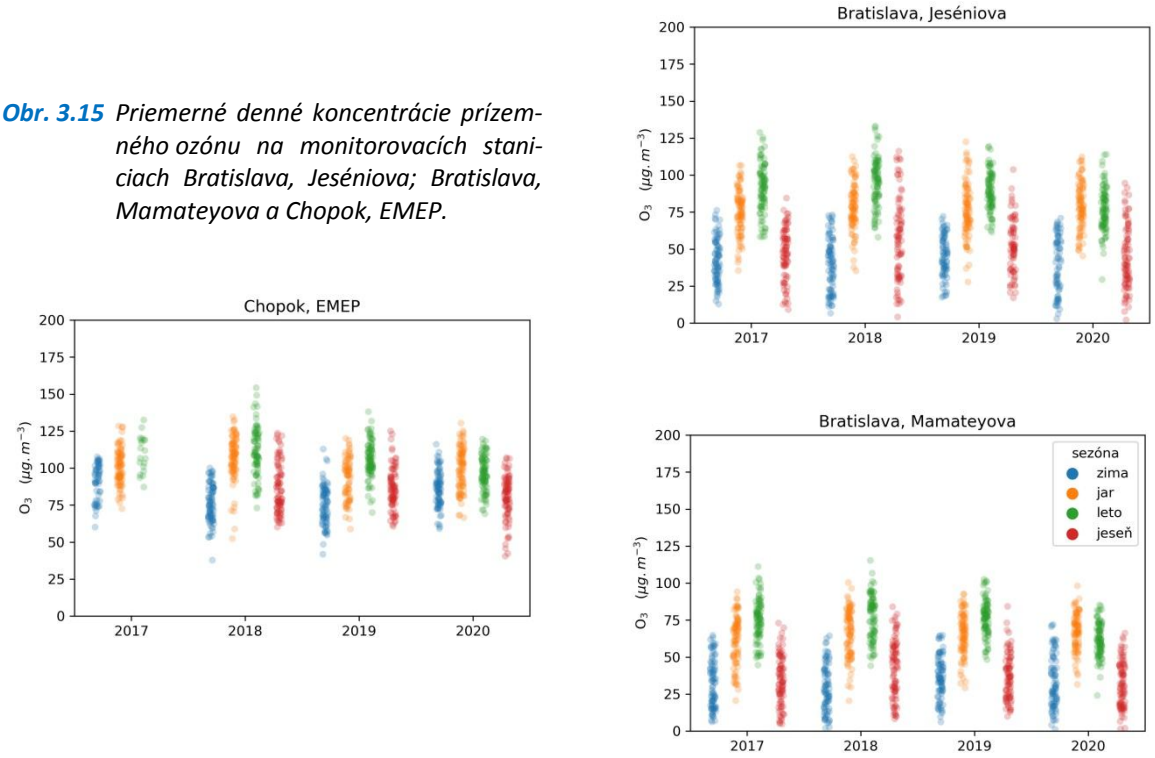
Najvyššia úroveň benzénu sa v roku 2020 namerala na stanici Krompachy, SNP. Hodnoty priemerných ročných koncentrácií však boli výrazne pod limitnou hodnotou 5 $\mu g \cdot m^{-3}$.

Ozón

Problematika troposférického ozónu má regionálny charakter, keďže ozón aj jeho prekurzory podliehajú diaľkovému prenosu v horizontálnom aj vertikálnom smere. Situáciu komplikuje aj chemizmus jeho vzniku a degradácie v atmosfére – ozón vzniká za prítomnosti slnečného žiarenia napríklad z oxidu dusnatého (z cestnej dopravy) a prchavých organických uhľovodíkov (z rôznych spaľovacích procesov, náterov a rozpúšťadiel, ale aj z biogénnych zdrojov); za prítomnosti oxidu dusnatého sa však ozón rozkladá, preto je v blízkosti frekventovaných ciest väčšinou nízka koncentrácie ozónu. Vyššie koncentrácie je možné namerať na predmestiach, keďže oxid dusnatý rýchlo oxiduje na oxid dusičitý a preto sa vo väčšej vzdialenosti od ciest vyskytuje menej.

Obr. 3.15 zachytáva sezónnosť koncentrácií troposférického ozónu, ktorý sa vyznačuje na rozdiel od ostatných znečisťujúcich látok (viď. Príloha B tejto Správy) výrazným maximom v letnom období. Prízemný ozón vzniká pri fotochemických reakciách napríklad z oxidu dusnatého alebo uhoľnatého a prchavých organických látok. Reakcia závisí od intenzity slnečného žiarenia (UV-B časť spektra). Vo vysokých horských polohách (napríklad na Chopku) sú koncentrácie ozónu najvyššie.

Cieľovú hodnotu prízemného ozónu prekročili merania na troch staniciach: Bratislava, Jeséniova; Bratislava, Mamateyova a Chopok, EMEP. V roku 2020 nebol prekročený výstražný ani informačný prah na žiadnej stanici.



Obr. 3.15 *Priemerné denné koncentrácie prízemného ozónu na monitorovacích staniciach Bratislava, Jeséniova; Bratislava, Mamateyova a Chopok, EMEP.*

- **Pb, As, Ni, Cd**

Limitná ani cieľová hodnota neboli v roku 2020 prekročené.

Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov namerané na staniciach NMSKO sú väčšinou len zlomkom ich cieľovej, resp. limitnej hodnoty.

- **BaP**

Cieľová hodnota pre BaP bola prekročená na väčšine monitorovacích staníc. Preto je potrebné tejto **znečisťujúcej látke venovať zvýšenú pozornosť.**

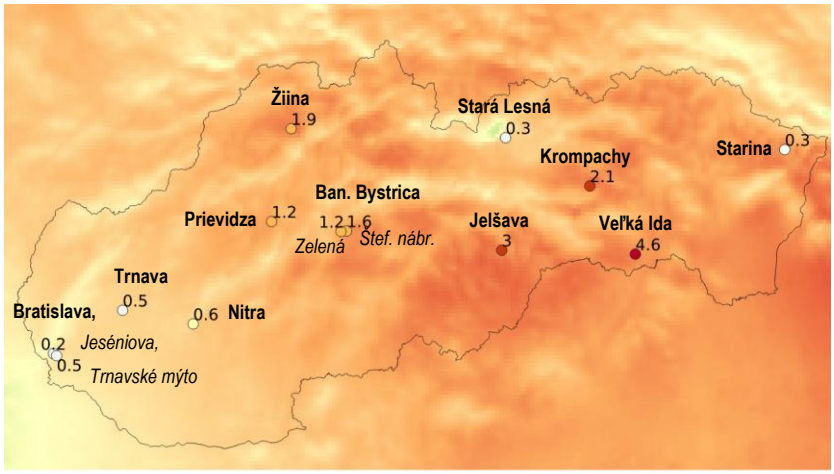
Prekročenie cieľovej hodnoty (1 ng·m^{-3}) bolo zaznamenané na staniciach Veľká Ida, Letná; Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.; Banská Bystrica, Zelená.; Žilina, Obežná; Jelšava, Jesenského; Krompachy, SNP a Prievidza, Malonecpalská. Na monitorovacej stanici Ružomberok, Riadok, boli tiež namerané vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu, meranie však začalo v decembri, preto nemôžeme výsledky porovnávať s cieľovou hodnotou, ktorá sa vzťahuje na priemernú ročnú koncentráciu.

Vo Veľkej Ide môžeme prekročenie pripísať priemyselnej činnosti (najmä výrobe koksu) a z časti vykurovaniu domácností. V Jelšave sa prejavil najmä vplyv vykurovania domácností tuhým palivom. Na ostatných staniciach ide o kombináciu vplyvu cestnej dopravy a vykurovania domácností tuhým palivom (situácia je komplikovanejšie pri vykurovaní uhlím). Výrazne zvýšené hodnoty benzo(a)pyrénu bývajú preto obvykle namerané najmä v chladnom polroku na všetkých staniciach s výnimkou Veľkej Idy. Chladnejšie mesiace sú navyše charakteristické častejšie sa vyskytujúcimi teplotným inverziami.

So zreteľom na význam vplyvu emisií z vykurovania domácností a rozptylových podmienok na kvalitu ovzdušia boli bližšie skúmané oblasti ohrozené možnými vysokými koncentráciami PM a benzo(a)pyrénu. Podrobnejšie je metóda a prvé výsledky popísané v Kapitole **5**.

Mapa na **Obr. 3.16** znázorňuje ventilačný index a ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu

Obr. 3.16 *Priestorové rozloženie ventilačného indexu v roku 2020 (podľa modelu ALADIN) a priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu [ng·m^{-3}].*

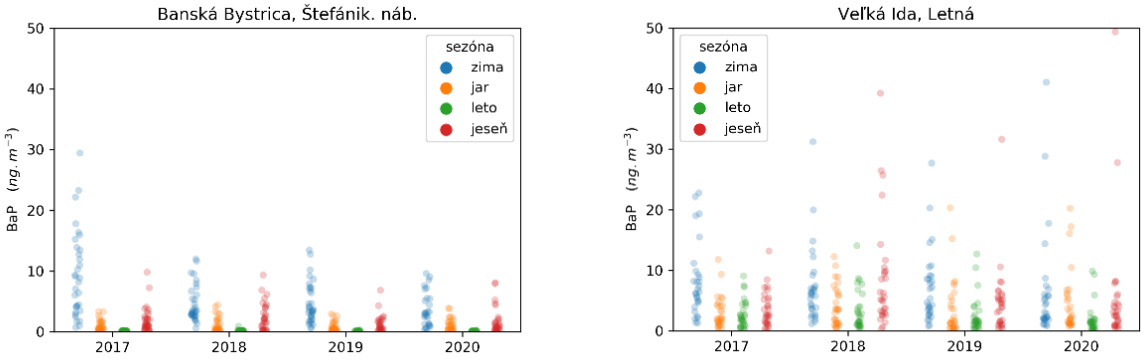


Farebnou škálou je znázornený ventilačný index v zimných mesiacoch (december, január, február). Tmavšia farba zodpovedá nepriaznivejším rozptylovým podmienkam (nižšej hodnote ventilačného indexu).[15]

Poznámka: AMS Trenčín, Hasičská, Ružomberok, Riadok a Rovinka nie sú znázornené na mape, keďže začali merať v druhom polroku 2020.

Ročný priebeh koncentrácií benzo(a)pyrénu má výrazné maximá v zimných mesiacoch na všetkých staniciach okrem AMS Veľká Ida, Letná, ktorú ovplyvňuje okrem vykurovania domácností aj priemyselný zdroj – najmä výrobou koksu (**Obr. 3.17**).

Obr. 3.17 *Priemerné denné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2020 na AMS Veľká Ida, Letná a Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie*



[15] *Výška premiešavania vynásobená priemernou rýchlosťou vetra vo vrstve pod touto výškou.*

4 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVANIA KVALITY OVZDUŠIA

Zákon o ovzduší č. 137/2010 Z. z. v znení neskorších predpisov stanovuje postup pre hodnotenie a kritériá kvality ovzdušia v plnom súlade so smernicami EÚ a umožňuje využiť na hodnotenie kvality ovzdušia okrem meraní pomocou monitorovacích staníc aj matematické modelovanie. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje SHMÚ na staniciach NMSKO. V nadväznosti na merania sa pre priestorové hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania.

Výpočty pre hodnotenie kvality ovzdušia pomocou matematického modelovania boli uskutočnené aplikáciou upravených modelov RIO a CMAQ. Tieto modely sú odlišné svojou metodikou od modelov, ktoré sa používali na hodnotenie kvality ovzdušia v predošlých rokoch. Túto skutočnosť treba brať na zreteľ pri porovnávaní aktuálnych výsledkov a výsledkov zo Správy o kvalite ovzdušia v roku 2019 a starších.

4.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MODELOV

- **Chemicko-transportný model CMAQ v5.3**

Modelovací systém *Community Multiscale Air Quality Modeling System* – CMAQ[16], je vyvíjaný a podporovaný vo vývojovom stredisku EPA National Exposure Research Laboratory v Research Triangle Park, NC. CMAQ predstavuje model kvality ovzdušia tretej generácie, čo znamená, že dokáže modelovať viaceré znečisťujúce látky naraz na veľkých škálach, ktoré môžu pokrývať celé kontinenty. Je to trojrozmerný eulerovský chemicko-transportný model, ktorý sa používa na simulovanie ozónu, atmosférických aerosólov (PM), oxidov síry, dusíka a iných znečisťujúcich látok v troposfére. Vyjadrené matematicky, CMAQ počíta zmenu koncentrácií látok v čase pre každú bunku mriežky pomocou rovnice kontinuity. Tieto zmeny koncentrácie zahŕňajú procesy emisie, advekcie, difúzie, chemických transformácií znečisťujúcej látky a procesy odstraňovania znečisťujúcich látok z atmosféry, akými sú suchá a mokrá depozícia na zemský povrch. Pre hodnotenie kvality ovzdušia bola spustená simulácia s horizontálnym rozlíšením 2 x 2 km s meteorologickými údajmi z modelu ALADIN. Výpočtová doména modelu pokrýva oblasť strednej Európy.

- **Interpolačno-regresný model RIO**

Model RIO[17] je pokročilý interpolačno-regresný model. Vstupmi sú namerané koncentrácie a rôzne pomocné priestorové polia, ktoré majú súvislosť s priestorovým rozložením danej znečisťujúcej látky - ako napríklad mapy nadmorskej výšky, intenzity dopravy, ventilačného indexu, gridovaných emisií z lokálnych kúrenísk - pričom súbor týchto tzv. driverov je špecifický pre konkrétnu znečisťujúcu látku. Ako priestorový driver môžu slúžiť aj výsledky modelov, napr. aj modelu CMAQ, družicové pozorovania atď., pričom pomocou modelu RIO môžeme získať vyššie priestorové rozlíšenie koncentrácií. V prvom kroku výpočtu model zisťuje priestorové korelácie danej znečisťujúcej látky s jednotlivými možnými priestorovými drivermi v miestach monitorovacích staníc. V ďalšom optimalizuje tzv. parameter β, ktorý získa kombináciou vybraných priestorových driverov, ktoré najlepšie korelujú s priestorovým rozložením znečisťujúcej látky. Model vypočíta taký parameter β, pomocou ktorého dosiahne najlepšiu koreláciu s nameranými dátami. Rozdiely medzi hodnotami v miestach monitorovacích staníc vypo-

[16] *United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2) [Software]. Available from https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737*

[17] *Janssen, S., Dumont, G., Fierens, F., Mensink, C., 2008: Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. Atmos. Environ. 42, 4884–4903. doi: 10.1016/ j.atmosenv.2008.02.043*

čítanými pomocou parametra β a skutočnými meraniami sa potom interpolujú metódou ordinary kriging a následne sa pripočítajú k dátam vypočítaným pomocou parametra β pre každý bod mriežky. Pre hodnotenie kvality ovzdušia modelom RIO sa použilo rozlíšenie 1 x 1 km.

- **IDW-R**

Interpolačný model RIO patrí medzi tzv. aproximujúce interpolačné metódy, čo znamená že pole koncentrácií vyhladzuje a v miestach monitorovacích staníc nevypočíta nutne rovnakú koncentráciu ako bola nameraná. Preto výstupy modelu RIO alebo CMAQ ešte upravujeme technikou IDW-R (inverse distance weighting - regresion). V prvom kroku IDW-R sa vypočíta lineárna regresná krivka medzi nameranými údajmi a výstupmi modelu. V druhom kroku sa vykoná štandardná IDW interpolácia rozdielov medzi nameranými dátami a dátami vypočítanými pomocou lineárnej regresie, čím získame 2D mapu s interpolovanými rozdielmi. Táto sa vynásobí preškálovanými vstupnými dátami s hodnotami od 0 až 1 a následne sa pripočíta k hodnotám vypočítaným regresiou. Techniku možno opakovať niekoľkokrát po sebe pri zlepšujúcich sa štatistických ukazovateľoch. Na výsledné porovnanie modelu s meraniami bola použitá stredná kvadratická chyba (RMSE) a systematická chyba (BIAS).

4.2 VÝSLEDKY A VÝSTUPY

- **Modelovanie PM_{10}**

Dominantným zdrojom emisií PM_{10} je vykurovanie domácností hlavne tuhým palivom, ktoré predstavuje viac než 60 % celkových emisií PM_{10}. Emisie PM_{10} z cestnej prepravy predstavujú menej ako 10 %, napriek tomu je ich vplyv na kvalitu ovzdušia v blízkosti vyťažených cestných komunikácií nezanedbateľný. Veľké a stredné priemyselné zdroje a systémová energetika tvoria približne 10 % emisií PM_{10}, menšou mierou sa podieľa nakladanie s odpadmi a poľnohospodárstvo[18]. Problematika modelovania PM chemicko-transportným, či rozptylovým modelom je komplikovaná aj relatívne výrazným, aj keď časovo obmedzeným vplyvom aktivít, ktorých emisie je zložité vyčísliť a aspoň približne lokalizovať v priestore a čase – napríklad stavebné a búracie práce, poľnohospodárske práce ako napríklad orba, či žatva a nedovolené spaľovanie poľnohospodárskych zvyškov aj odpadu.

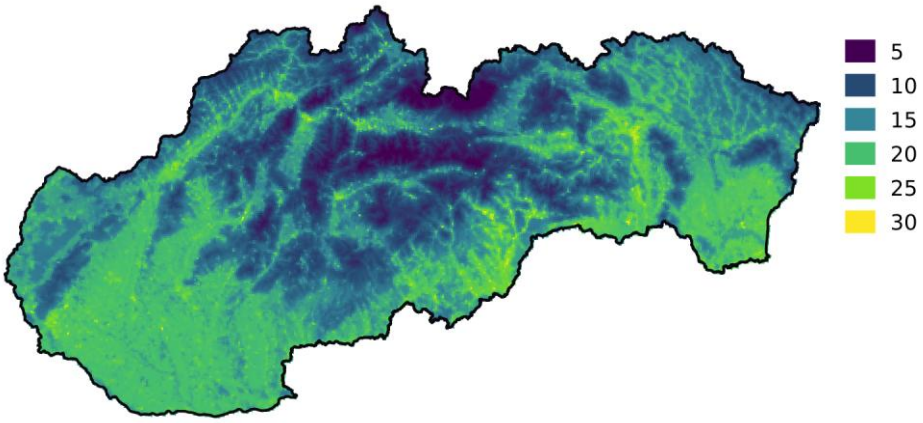
Priestorové rozloženie koncentrácií PM_{10} na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité emisie z lokálnych kúrenísk (13,7 %), ventilačný index[19] (5,8 %), nadmorská výška (45,5 %), využitie krajiny[20] (26 %), koncentrácie z modelu CMAQ (9 %)[21]. Po následnej úprave výsledkov metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,2 $\mu g \cdot m^{-3}$ a BIAS = 0,1 $\mu g \cdot m^{-3}$.

Výsledné priemerné ročné koncentrácie PM_{10} sú na **Obr. 4.1**. Ako vidno, limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu (40 $\mu g \cdot m^{-3}$) nebola v tomto priestorovom rozlíšení modelu nikde prekročená. Najvyššie koncentrácie PM_{10} sa vyskytujú v dolinách Gemera, Šariša, Spiša a na severozápade Slovenska. Pomerne vysoké koncentrácie na Východoslovenskej nížine sú do určitej miery podmienené relatívne nízkym ventilačným indexom v tejto oblasti, v roku 2020 tam však nebola žiadna reprezentatívna stanica monitorujúca kvalitu ovzdušia. Či sú modelom predpovedané koncentrácie správne, alebo sú čiastočne spôsobené aj chybou použitej metódy, bude možné overiť v nasledujúcom roku, pretože medzitým bola nainštalovaná nová stanica NMSKO v Trebišove.

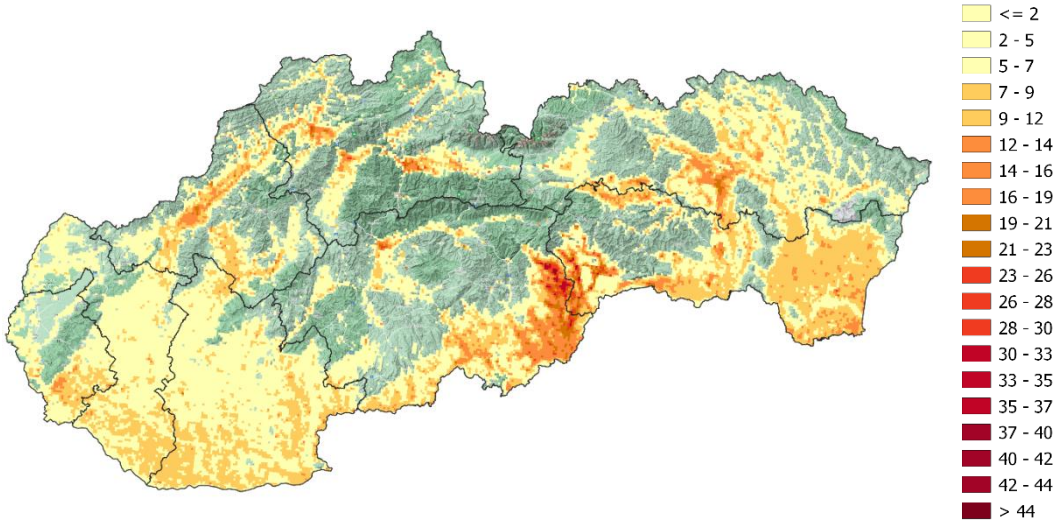
Na **Obr. 4.2** je zobrazený počet dní, počas ktorých bola prekročená priemerná denná limitná hodnota koncentrácií PM_{10} rovnajúca sa 50 $\mu g \cdot m^{-3}$. Takýchto dní nesmie byť viac ako 35 v roku. Z obrázku vidíme, že túto podmienku nespĺňajú doliny na Gemeri. Vyšší počet prekročení majú spravidla slabšie vetrané kotlinové oblasti Slovenska s vysokým podielom tuhých palív na lokálnom vykurovaní.

[18] *https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results* - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách
[19] *Výška premiešavania vynásobená priemernou rýchlosťou vetra vo vrstve pod touto výškou.*
[20] *CORINE Land Cover 2018 https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018*
[21] *Percentá v zátvorkách vyjadrujú príspevok jednotlivých priestorových polí*

Obr. 4.1 *Priemerné ročné koncentrácie PM_{10} [µg·m^{-3}] v roku 2020.*



Obr. 4.2 *Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM_{10} (50 µg·m^{-3}) v roku 2020.*



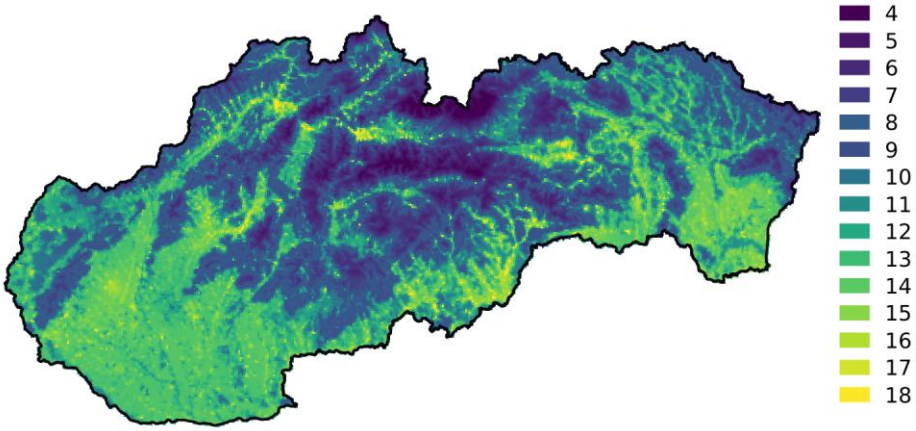
Modelovanie $PM_{2,5}$

Dominantným zdrojom emisií $PM_{2,5}$ je vykurovanie domácností prevažne tuhým palivom, ktoré dosahuje pre $PM_{2,5}$ každoročne až 80 % celkových emisií[22].

Priestorové rozloženie koncentrácií $PM_{2,5}$ na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové dáta boli použité emisie z lokálnych kúrenísk (12,1 %), ventilačný index (6,4 %), nadmorská výška (43,9 %), využitie krajiny[23] (19,9 %), výsledky modelu CMAQ (6 %) a teplota v 2 m (10,7 %). Po následnej úprave výstupu modelu RIO metódou IDW-R dostávame pri porovnaní s meraniami RMSE = 0,2 µg·m^{-3} a BIAS = –0,2 µg·m^{-3}. Výsledné priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ sú na **Obr. 4.3**. Priemerná ročná limitná hodnota 20 µg·m^{-3} v roku 2020 v tomto priestorovom rozlíšení nie je prekročená na žiadnom mieste Slovenska, čo je pravdepodobne spôsobené najmä miernou až teplou zimou v danom roku. Najvyššie koncentrácie sú, podobne ako v prípade PM_{10} v lokalitách s veľkým počtom lokálnych kúrenísk na tuhé palivo, v uzavretých horských dolinách.

[22] *https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results* - IIR po jednotlivých rokoch a krajinách
[23] *CORINE Land Cover 2018 https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/corine-land-cover-2018*

Obr. 4.3 *Priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ [$\mu g \cdot m^{-3}$] v roku 2020.*



Modelovanie benzo(a)pyrénu

Najvýznamnejším zdrojom emisií benzo(a)pyrénu je podobne ako v prípade $PM_{2,5}$ vykurovanie domácností tuhým palivom. Podiel vykurovania domácností na celkových emisiách benzo(a)pyrénu sa blíži k 70 %, pričom napríklad v roku 2017 (keď sa vyskytol teplotne silne podnormálny január[24]), dosahoval tento podiel viac než 80 %[25]. Z priemyselných zdrojov sa najvýraznejšie prejavuje výroba koksu, ktorej vplyv je vidno na vysokých koncentráciách z meraní na priemyselnej monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná. Poznamenajme, že táto stanica je tiež v obci s lokálnymi kúreniskami a v blízkosti marginalizovanej rómskej komunity. Vykurovanie domácností sa takmer výlučne prejavuje na zhoršených koncentráciách benzo(a)pyrénu v horských dolinách s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok a teplotných inverzií najmä počas zimných mesiacov. Príkladom monitorovacej stanice umiestnenej v takejto oblasti je Jelšava, Jesenského. Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu v roku 2020 dosiahla na tejto stanici hodnotu 3 $ng \cdot m^{-3}$, pričom cieľová hodnota je 1 $ng \cdot m^{-3}$. Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu na stanice Veľká Ida, Letná mala v roku 2020 hodnotu 4,6 $ng \cdot m^{-3}$, najvyššie priemerné mesačné koncentrácie boli namerané v decembri.

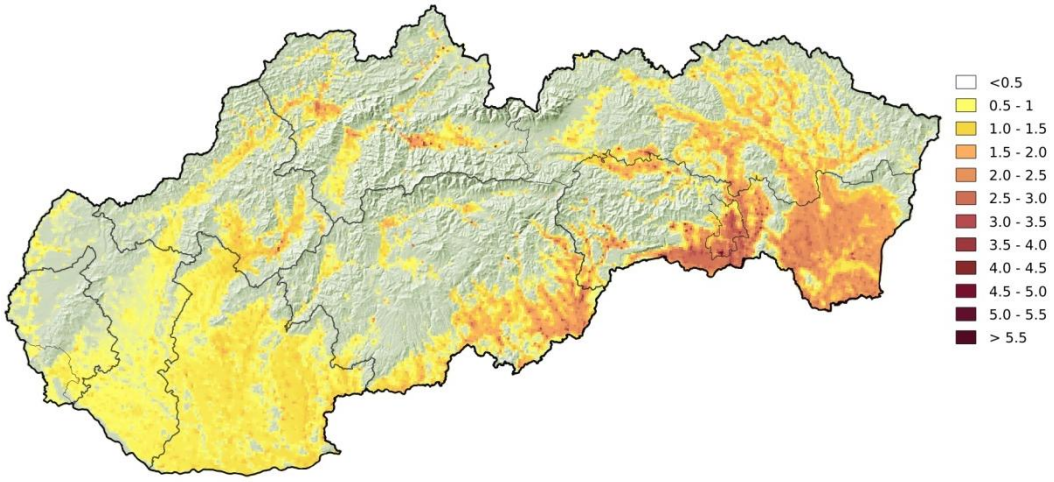
Pri hodnotení priestorového rozloženia bol použitý interpolačný model RIO a IDW-R, keďže použitie chemicko-transportného modelu je v prípade benzo(a)pyrénu spojené s veľkou neurčitosťou v priestorovom a časovom rozložení emisií a situáciu komplikujú aj zložité chemické reakcie, ktoré sú ešte stále predmetom výskumu[26]. Kvôli relatívne malému počtu staníc, ktorých monitorovací program zahŕňa túto látku je však tiež dosť problematické vykonať kvalitnú regresiu a interpoláciu modelom RIO. Keďže korelácia nameraných koncentrácií benzo(a)pyrénu a hodnôt priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$, vypočítaných v miestach monitorovacích staníc kombináciou RIO a IDW-R je pomerne vysoká (korelačný koeficient r = 0,76), použili sme ako vstup do modelu IDW-R už vypočítané hodnoty priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$. Takto vypočítané priestorové rozloženie priemerných ročných hodnôt benzo(a)pyrénu na území Slovenska je zobrazené na **Obr. 4.4**. Pri porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 0,1 $ng \cdot m^{-3}$ a BIAS = 0,2 $ng \cdot m^{-3}$. Cieľová hodnota priemernej ročnej koncentrácie benzo(a)pyrénu 1 $ng \cdot m^{-3}$ bola prekročená na mnohých meracích miestach s výnimkou vidieckych pozaďových staníc a miest v Podunajskej nížine. Túto skutočnosť odrážajú aj výsledky modelovania, pričom na východe Slovenska sú koncentrácie najvyššie. Model môže koncentrácie benzo(a)pyrénu nadhodnocovať najmä v okolí Košíc a Východoslovenskej nížiny, pretože je silne ovplyvnený vysokou priemernou ročnou koncentráciou nameranou vo Veľkej Ide, ktorej hodnota bola až 4,6 $ng \cdot m^{-3}$.

[24] *http://www.shmu.sk/sk/?page=1613&id=*

[25] *https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2019-submissions, - údaje predkladané v roku 2019 sa vzťahujú na rok 2017 http://www.shmu.sk/File/oko/rocenky/SHMU_Sprava_o_kvalite_ovzdusia_SR_2018_v3.pdf*

[26] *Fernández, Israel. (2020). Understanding the reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds. Chemical Science. 11. 10.1039/D0SC00222D.*

Obr. 4.4 *Priemerné ročné koncentrácie benzo(a)pyrénu [ng·m^{-3}] v roku 2020.*

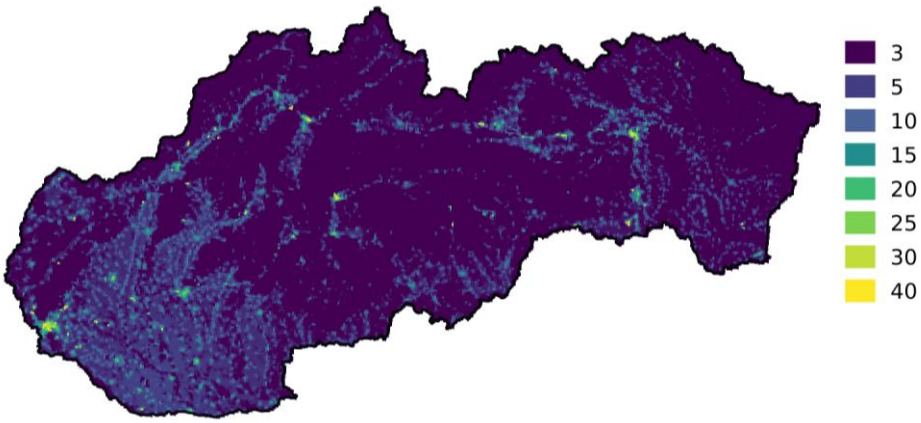


Modelovanie NO_2

Hoci podiel emisií z cestnej dopravy predstavuje okolo 35 % celkových emisií NO_X, vplyv cestnej dopravy v blízkosti vyťažených cestných komunikácií je podstatne významnejší ako vplyv ostatných druhov zdrojov, ktorých spaliny vypustené z komínov vo vyššej výške sa za obvyklých meteorologických podmienok efektívne rozptýlia.

Priestorové rozloženie koncentrácií NO_2 na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom boli použité tieto pomocné priestorové dáta: hustota populácie (10,2 %), intenzita cestnej dopravy (8 %), hodnoty troposférického stĺpca NO_2 z meraní družice Sentinel-5P (5,9 %), využitie krajiny[27] (75 %). Po následnej úprave modelu metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 1,6 µg·m^{-3} a BIAS = –0,9 µg·m^{-3}. Výsledné priemerné ročné koncentrácie NO_2 sú na **Obr. 4.5**. Najvyššie koncentrácie sa vyskytujú v okolí veľkých miest, teda v miestach so zvýšenou intenzitou cestnej dopravy. Ako vidno, model nezachycuje zvýšenie koncentrácií v blízkosti ciest mimo obcí. To môže byť spôsobené buď tým, že koncentrácie sú tu naozaj nízke (emisie sú vo forme NO a na NO_2 sa ešte v okolí úzkej cesty nestihli transformovať) a tiež tým, že metodika RIO s danými vstupmi a rozlíšením nie je dostatočná. Odpoveď na túto otázku nám môže poskytnúť v blízkej dobe modelovanie s vysokým rozlíšením. Z obrázku možno vidieť, že v skúmanom rozlíšení nebola limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu (40 µg·m^{-3}) v roku 2020 prekročená. Taktiež limitná hodnota pre priemernú hodinovú koncentráciu (200 µg·m^{-3}) nebola v skúmanej mierke 1 x 1 km prekročená.

Obr. 4.5 *Priemerné ročné koncentrácie NO_2 [µg·m^{-3}] v roku 2020.*

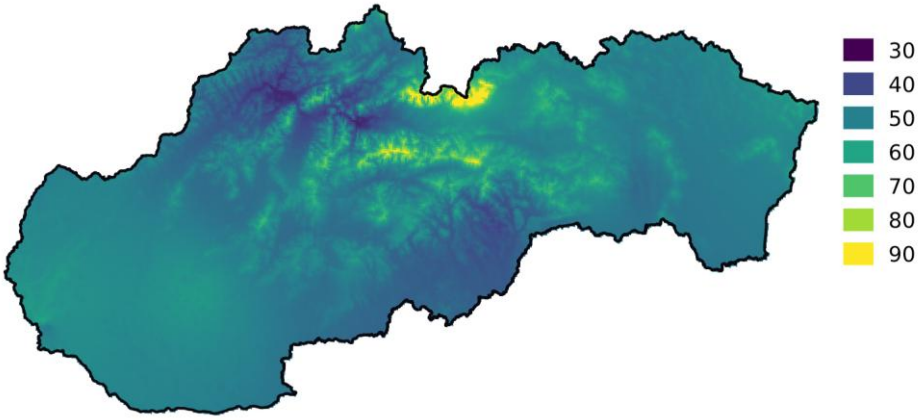


[27] *https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover*

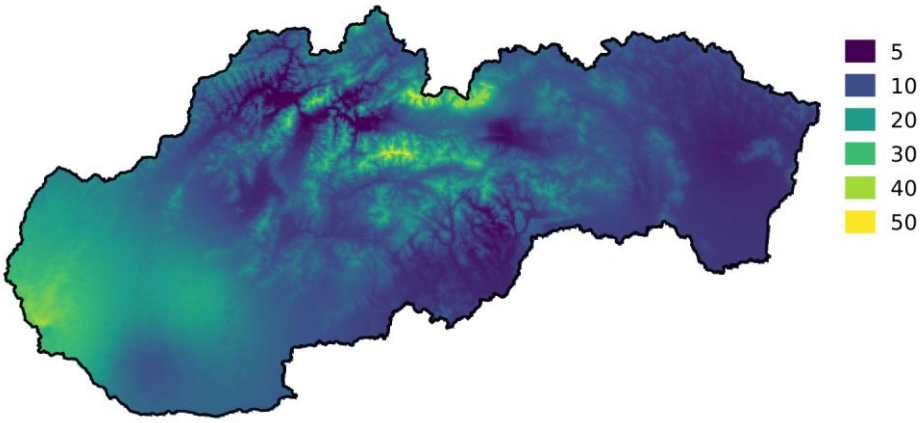
Modelovanie ozónu

Priestorové rozloženie koncentrácií ozónu na Slovensku bolo vypočítané modelom RIO, pričom ako pomocné priestorové pole bola použitá len nadmorská výška. Po následnej úprave vypočítaných koncentrácií metódou IDW-R a porovnaní s meraniami dostávame RMSE = 1,2 $\mu g \cdot m^{-3}$ a BIAS = 0 $\mu g \cdot m^{-3}$. Pre analýzu boli použité údaje z monitorovacích staníc s relevantnými dátami v roku 2020. Výsledné priemerné ročné koncentrácie ozónu sú na **Obr. 4.6**. **Obr. 4.7** ilustruje počet dní, v ktorých priemerná osemhodinová koncentrácia prízemného ozónu prekročila hodnotu 120 $\mu g \cdot m^{-3}$ (t.j. cieľovú hodnotu pre ochranu ľudského zdravia), pričom sa zobrazuje priemerný počet dní za obdobie 2018 – 2020. (Vyhláška č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia určuje, že cieľová hodnota 120 $\mu g/m^3$ sa neprekročí viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov.). Z obrázku vidíme, že viac ako 25 prekročení v priemere za obdobie 2018 – 2020 majú vysoko položené horské oblasti a oblasti na západnom Slovensku. **Obr. 4.8** zachytáva priemerné hodnoty AOT40 pre ochranu vegetácie za obdobie 2016 – 2020 (podľa Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov). Cieľová hodnota 18 000 sa taktiež prekračuje vo vysokohorských polohách a na západnom Slovensku.

Obr. 4.6 *Priemerné ročné koncentrácie ozónu [$\mu g \cdot m^{-3}$] v roku 2020.*



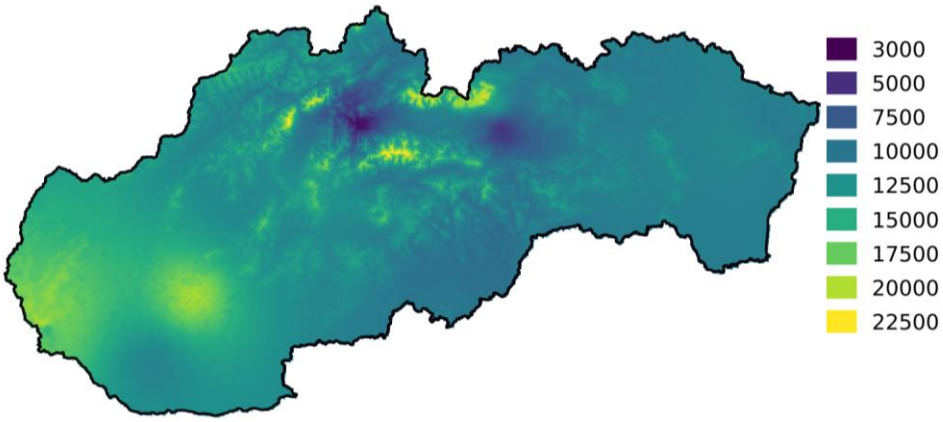
Obr. 4.7 *Počet dní, v ktorých priemerná osem hodinová koncentrácia prízemného ozónu prekročila hodnotu 120 $\mu g \cdot m^{-3}$ (priemer za obdobie 2018 – 2020).*



Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu vo všeobecnosti narastajú s nadmorskou výškou, čo je spôsobené prenikaním stratosférického ozónu do vrchných vrstiev troposféry. V roku 2020, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli maximálne hodnoty namerané na najvyššie položených miestach a minimálne hodnoty na monitorovacích staniciach v centrách miest, kde je ozón odbúravaný vysokými koncentráciami NO. Zvýšené hodnoty ozónu sú aj v okrajových oblastiach väčších mestských aglomerácií, resp. v priemyselných zónach, kde ozón vzniká najmä fotochemickými reakciami oxidov dusíka s VOC a CO. Na podrobnejšie skúmanie priestorového rozloženia troposférického ozónu by bolo

potrebné použiť chemicko-transportný model s vysokým rozlíšením a kvalitnými emisnými vstupmi prekurzorov ozónu. Kvôli lepšej kalibrácii modelu by bolo potrebné pokryť územie hustejšou sieťou staníc, či vykonať sériu indikatívnych meraní, ktoré by charakterizovali viacero typov prostredí (lokality bezprostredne ovplyvnené cestnou opravou, lokality v rôznych vzdialenostiach od centra aglomerácie, či od zdrojov prekurzorov ozónu). Mapy na **Obr. 4.6** až **Obr. 4.8** nezachytávajú preto skutočnosť dostatočne presne.

Obr. 4.8 *Priemerné hodnoty AOT40 za obdobie piatich rokov (2016 – 2020).*



- **Modelovanie SO_2**

Na rozdiel od PM a benzo(a)pyrénu sa na emisiách SO_2 podieľajú najmä veľké priemyselné zdroje a energetika. Podiel vykurovania domácností na celkových emisiách predstavuje menej ako 10 %. Lokálne sa vplyv malých zdrojov môže výraznejšie prejaviť v oblastiach, kde sa na vykurovanie domácností používa vo väčšej miere uhlie.

Priestorové rozloženie koncentrácií SO_2 na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom boli použité meteorologické údaje z modelu ALADIN.

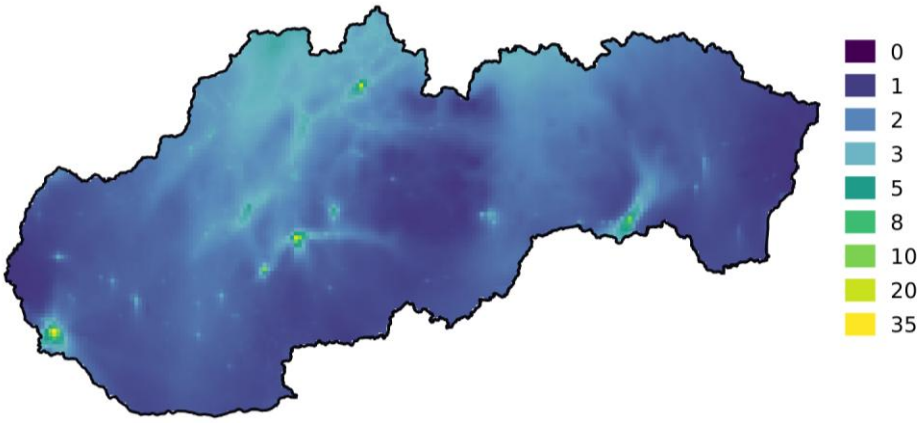
Najdôležitejšími emisiami SO_2 sú výškové zdroje (komíny priemyselných alebo energetických prevádzok). Tieto zdroje boli pre územie SR získané z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém). Do výpočtu bolo zaradených 711 komínov (výduchov), ktorých emisie predstavujú spolu 99 % všetkých emisií SO_2 z veľkých a stredných zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Najvýznamnejšie zdroje SO_2 sú U. S. Steel Košice, s.r.o., SLOVNAFT, a.s. (Bratislava), Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) a Slovenské elektrárne, a.s. (elektráreň Nováky). Podľa predbežných údajov poklesli v roku 2020 emisie SO_2 registrované v databáze NEIS oproti roku 2019 o 16 %. Ďalej boli do simulácie zahrnuté emisie SO_2 z lokálneho vykurovania (približne 8 % z celkových emisií) a emisie z cestnej dopravy (ktoré v prípade SO_2 predstavujú menej ako 1 % z celkových emisií). Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III[28]. Ďalšou potrebnou charakteristikou sú zmeny emisií počas roka, ktoré boli určené na základe charakteru a typu zdroja (celoročná prevádzka, sezónna prevádzka, energetika, lokálne vykurovanie atď.). Tieto zmeny sú však v prípade veľkých zdrojov často náhle a veľké a nedajú sa s potrebnou presnosťou spätne zrekonštruovať, čo prispieva k zdrojom neurčitosti v modelovaných koncentráciách.

Namerané priemerné ročné koncentrácie SO_2 sú v posledných rokoch nízke. Zdá sa, že pri takýchto nízkych hodnotách sme dosiahli úroveň senzitivity meracích zariadení (analyzátorov) SO_2, preto v prípade priemerných ročných koncentrácií SO_2 model nekalibrujeme na hodnoty nameraných koncentrácií. Výsledná mapa priemerných ročných koncentrácii SO_2 z modelovania (**Obr. 4.9**) obsahuje niekoľko základných informácií:

[28] *Kuenen, J.J.P., Visschedijk, A.J.H., Jozwicka, M., Denier van der Gon, H.A.C., 2014. TNOMACC_ II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling. Atmos. Chem. Phys. 14, 10963–10976. https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014*

1. Najvyššie koncentrácie sú na lokalitách s priamym dosahom významných bodových zdrojov.
2. Zvýšené koncentrácie sú aj na severozápade Slovenska, kde sa predpokladá najväčší podiel vykurovania domácností uhlím.
3. Na severe a najmä severozápade Slovenska sa dá rozoznať aj slabší cezhraničný prenos, ktorý pochádza hlavne z poľského Malopoľska a Sliezka a českého Ostravska.

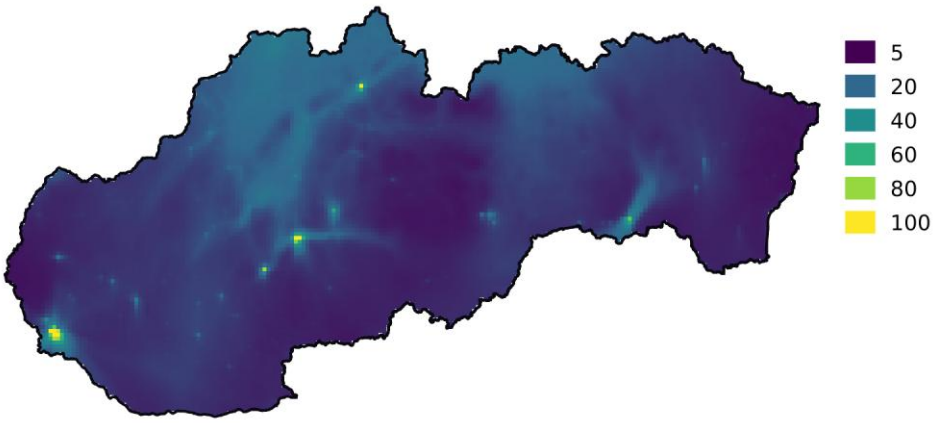
Obr. 4.9 *Priemerné ročné koncentrácie SO_2 [µg·m^{-3}] v roku 2020.*



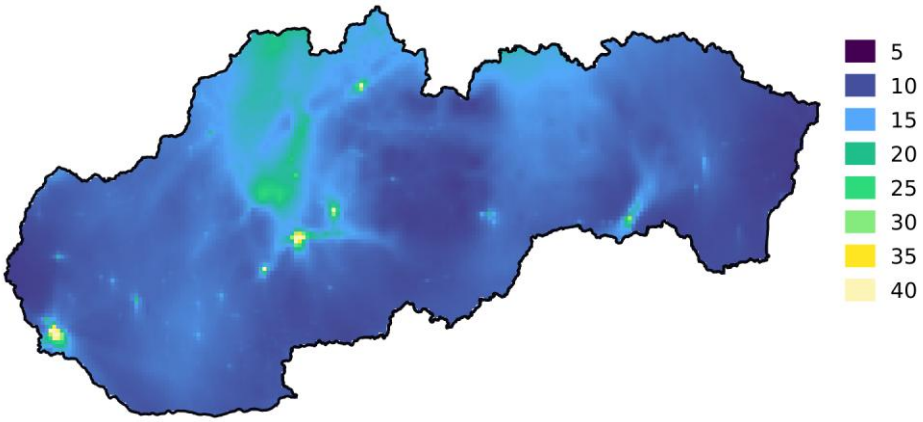
Priemerné hodinové koncentrácie SO_2 by nemali prekročiť 350 µg·m^{-3} viac ako 24-krát v kalendárnom roku. Preto sa počíta 99,7 percentil z hodinových hodnôt (tento percentil zodpovedá zhruba 25. najvyššej hodinovej koncentrácii). Zaujímavosťou je, že v prípade 99,7 hodinového percentilu nám výsledky z meraní korelujú s modelom CMAQ pomerne dobre (r = 0,63). Možno sa domnievať, že merania pomerne dobre zachytávajú maximá koncentrácií. Koncentrácie vypočítané modelom CMAQ boli následne spracované metódou IDW-R pre dosiahnutie čo najlepšej zhody s meraniami (RMSE = 6,7 µg·m^{-3} a BIAS = –2,2 µg·m^{-3}). Výsledný 99,7 hodinový percentil koncentrácií SO_2 je na **Obr. 4.10**, z ktorého možno vidieť, že 25. najvyššia hodinová koncentrácia bola hlboko pod limitnou hodnotou 350 µg·m^{-3}.

Priemerná denná koncentrácia SO_2 by nemala prekročiť 125 µg·m^{-3} viac ako 3 krát v kalendárnom roku. Toto je reprezentované 99,2 percentilom z priemerných denných hodnôt, ktorého hodnota zodpovedá zhruba 4. najvyššej dennej koncentrácii. Podobne ako v predchádzajúcom prípade boli výsledky modelu CMAQ ešte spracované metódou IDW-R (RMSE = 4,1 µg·m^{-3} a BIAS = 1,7 µg·m^{-3}). Výsledný 99,2 percentil z priemerných denných hodnôt koncentrácií SO_2 znázorňuje **Obr. 4.11**, z ktorého možno vidieť, že 4. najvyššia priemerná denná koncentrácia bola hlboko pod limitnou hodnotou 125 µg·m^{-3}.

Obr. 4.10 *99,7 hodinový percentil [µg·m^{-3}] koncentrácií SO_2 v roku 2020*



Obr. 4.11 *99,2 percentil [µg·m^{-3}] z priemerných denných hodnôt koncentrácií SO_2 v roku 2020*



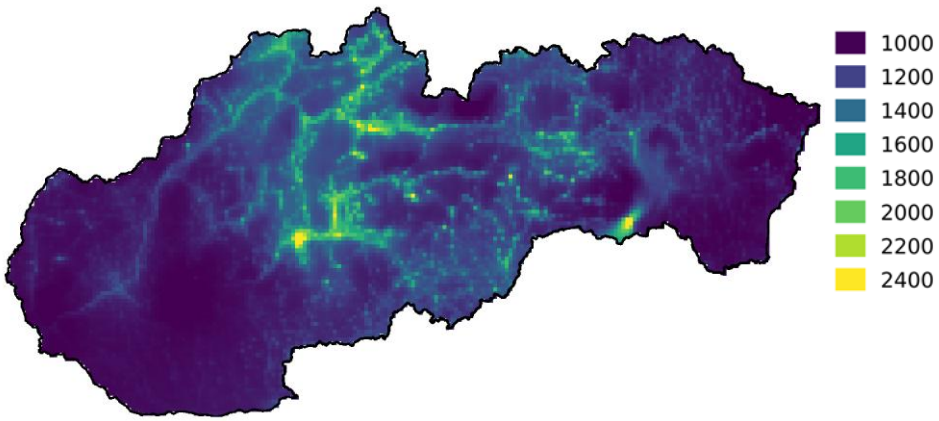
Modelovanie CO

Priestorové rozloženie koncentrácií CO na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom boli použité meteorologické údaje z modelu ALADIN.

Najdôležitejšími zdrojom emisií CO sú lokálne kúreniská (takmer 55 % celkových emisií), nasledujú priemyselné výškové zdroje, pričom viac než 80 % z priemyselných zdrojov tvoria emisie z U. S. Steel Košice, s.r.o.; Slovalco, a.s. (Žiar nad Hronom) a CEMMAC a.s. (Horné Srnie). Do výpočtu bolo zaradených 912 komínov (výduchov), ktorých celkové ročné emisie tvoria 81 % všetkých emisií CO z veľkých a stredných zdrojov evidovaných v databáze NEIS. Do simulácie boli tiež zahrnuté emisie z cestnej dopravy (približne 20 % z celkových emisných vstupov) a poľnohospodárstva (približne 5 % z celkových emisných vstupov). Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III. Maximálne denné 8-hodinové kĺzavé koncentrácie CO v roku 2020 na **Obr. 4.12** boli získané z modelu CMAQ a následne spracované použitím metódy IDW-R. Limitná hodnota 10 000 µg·m^{-3} nebola prekročená. Pri porovnaní modelu s meraním dostávame RMSE = 139 µg·m^{-3} a BIAS = –129 µg·m^{-3}. Z obrázku vidíme, že najvyššie koncentrácie CO sú v okolí významných bodových zdrojov, v oblastiach významných ciest a v blízkosti lokálnych kúrenísk. Keďže CO sa meria prakticky len na dopravných a priemyselných staniciach, je ťažké zistiť skutočnú pozaďovú koncentráciu, aj kvôli tomu, že CO je chemicky stabilný a ostáva v atmosfére pomerne dlho. Najnižšia meraná 8-hodinová kĺzavá koncentrácia CO mala hodnotu približne 1 000 µg·m^{-3}, preto zobrazujeme spodný interval od 0 do 1 000 µg·m^{-3}.

Táto znečisťujúca látka nepredstavuje problém z hľadiska prekračovania limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia.

Obr. 4.12 *Maximálne denné 8-hodinové kĺzavé koncentrácie CO [µg·m^{-3}] v roku 2020.*

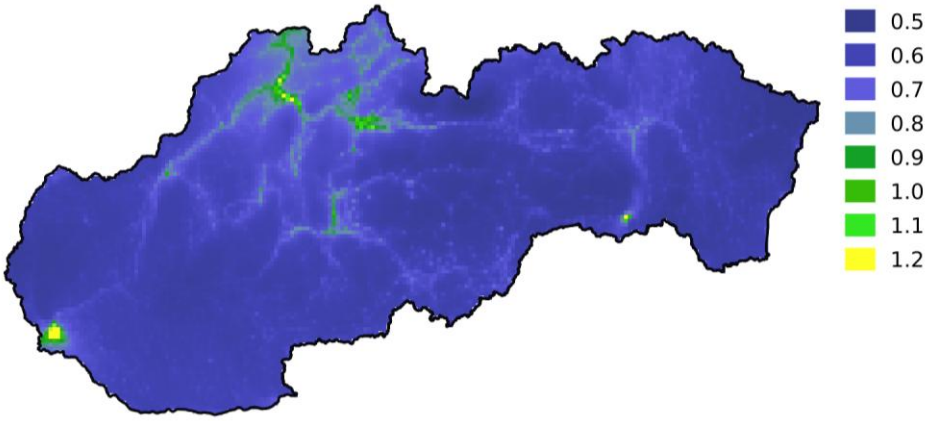


Modelovanie benzénu

Priestorové rozloženie koncentrácií benzénu na Slovensku bolo vypočítané modelom CMAQ, pričom ako meteorologické vstupy boli použité údaje z modelu ALADIN.

Najvyšší podiel na emisných vstupoch pre modelovanie benzénu má cestná doprava (približne 66 %), lokálne kúreniská (viac než 19 %) a priemyselné zdroje (viac než 16 %) pričom najvýznamnejšími zdrojmi sú SLOVNAFT, a.s. Bratislava a U. S. Steel Košice, s.r.o. Mimo územia SR boli použité emisie z databázy TNO-MAC III. Priemerné ročné koncentrácie benzénu v roku 2020 na **Obr. 4.13** boli získané z modelu CMAQ a následne spracované použitím metódy IDW-R. Do analýzy boli zahrnuté monitorovacie stanice s relevantnými údajmi. Pri porovnaní modelu s meraniami dostávame RMSE = 0,03 $\mu g \cdot m^{-3}$ a BIAS = –0,02 $\mu g \cdot m^{-3}$. Z **Obr. 4.13** vidíme, že najvyššie koncentrácie benzénu sú v okolí významných ciest, najmä v oblastiach so zhoršenými rozptylovými podmienkami a v oblastiach v dosahu dvoch spomenutých priemyselných zdrojov. Celkovo sú však koncentrácie benzénu pod limitnou hodnotou 5 $\mu g \cdot m^{-3}$ aj v okolí najvýznamnejších zdrojov.

Obr. 4.13 *Priemerné ročné koncentrácie benzénu [$\mu g \cdot m^{-3}$] v roku 2020.*



4.3 ZÁVER

Matematické modely, nech sú akokoľvek sofistikované, sú iba priblížením reality, a ich výsledky sú spojené s pomerne vysokou mierou neurčitosti, ktorá je značne závislá na kvalite vstupných dát. Najdôležitejšie vstupné dáta sú meteorologické polia a priestorové rozloženie emisií. V súčasnosti môžeme považovať z hľadiska ročného hodnotenia meteorologické dáta za omnoho spoľahlivejšie, ako emisné dáta, preto sa dá povedať, že emisné dáta sú primárnym zdrojom neistôt vo výstupoch z matematických modelov kvality ovzdušia. Ďalším faktorom, ktorý treba mať na pamäti pri hodnotení priestorového rozloženia koncentrácií pomocou modelov na regionálnej úrovni je ich priestorové rozloženie. Modely používané v našej analýze majú horizontálne priestorové rozlíšenie 1 km. Koncentrácia, ktorá je vypočítaná by mala reprezentovať priemernú koncentráciu na území 1 x 1 km. Na takomto území je však obyčajne priestorová premenlivosť koncentrácií, hlavne v zastavaných, resp. človekom ovplyvnených oblastiach pomerne veľká. Model s rozlíšením 1 x 1 km teda nutne zhladzuje lokálne maximá (a samozrejme nadhodnocuje lokálne minimá). Toto sa obzvlášť týka oblastí, kde sa vyskytuje veľká koncentrácia lokálnych kúrenísk alebo frekventované cesty vo vnútri zastavaných oblastí, pretože tieto zdroje sa nachádzajú v malej výške nad zemským povrchom a spôsobujú obyčajne najvýraznejšie silne lokalizované koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu. Na presnejšie rozloženie koncentrácií v jednotlivých mestách a určenie lokálnych maxím je preto potrebné použiť lokálne modely s vysokým rozlíšením. Presnosť týchto modelov však tiež silne závisí od presnosti vstupných emisných dát a ich optimálne využitie predpokladá upresnenie lokálnych emisných inventúr (lokálne kúreniská, doprava). Výstupy lokálnych modelov s vysokým rozlíšením sa využívajú hlavne v Programoch na zlepšenie kvality ovzdušia v jednotlivých Oblastiach riadenia kvality ovzdušia.

Koncentrácie základných znečisťujúcich látok na väčšine lokalít na území Slovenska v roku 2020 poklesli, čo je dôsledkom aj meteorologicky priaznivejšej situácie (nižšie emisie z vykurovania počas teplejších zím, priaznivejšie rozptylové podmienky). Najvýraznejším problémom zostáva znečistenia ovzdušia PM_{10}, $PM_{2,5}$ a benzo(a)pyrénom, pričom podstatnú úlohu tu zohráva vykurovanie domácností tuhým palivom. Situácia je najkomplikovanejšia v horských údoliach, v oblastiach s dobrou dostupnosťou palivového dreva a častým výskytom nepriaznivých rozptylových podmienok, najmä počas vykurovacej sezóny. Finančné podmienky miestnemu obyvateľstvu často neumožňujú používať na vykurovanie zemný plyn ani nákup moderných nízkoemisných vykurovacích zariadení.

5 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER

5.1 NÁVRH VYMEDZENIA OBLASTÍ RIADENIA KVALITY OVZDUŠIA V ROKU 2021

SHMÚ na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v rokoch 2018 – 2020, podľa § 8 ods. 3 Zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhuje aktualizáciu vymedzenia oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2021.

Oblasti riadenia kvality ovzdušia (ORKO) sa vymedzujú s cieľom identifikovať lokality, na ktoré je potrebné prioritne zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Opatreniami na zlepšenie kvality ovzdušia je potrebné pokryť čo najväčšiu časť územia, kde sa môžu vyskytovať vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok.

Keďže monitorovacie stanice nemôžu svojim meraním pokryť celú krajinu s takým členitým terénom, ako má Slovensko, **oblasti riadenia kvality ovzdušia** (Tab. 5.1), ktoré sú vymedzené podľa meraní, boli doplnené o **rizikové oblasti** (Obr. 5.1), identifikované na základe matematického modelovania. V rizikových oblastiach sa môžu vyskytovať hlavne vyššie koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu.

Vymedzenie rizikových oblastí je komplikovaný problém, preto bolo na ich identifikáciu použitých viacero metód – výstup chemicko-transportného modelu CMAQ s priestorovým rozlíšením 1,6 x 1,6 km a výstup interpolačného modelu RIO s rozlíšením 1 x 1 km (viď Kapitola 4.1). Vyčlenenie rizikových oblastí využíva simulácie vzťahujúce sa na rok 2017, ktorý bol z hľadiska kvality ovzdušia nepriaznivý. Z oboch modelov boli vybrané oblasti s hodnotami priemernej ročnej koncentrácie $PM_{2,5}$ vyššími ako 90. percentil z hodnôt vypočítaných (namodelovaných) pre celé územie SR.

Kvalita ovzdušia môže byť zhoršená aj na miestach, ktoré nemusí žiaden zo spomínaných modelov identifikovať. Dôvody môžu byť rôzne – napr. meteorologické podmienky referenčného roku nie sú pre všetky oblasti úplne reprezentatívne v dlhodobejšom merítku napr. 10 rokov, v súčasnosti dostupné informácie o priestorovom rozložení a množstve emisií najmä z lokálneho vykurovania sa vyznačujú dosť veľkou neurčitosťou, priestorové rozlíšenie modelov je nedostatočné na zachytenie lokálnych extrémov a pod. Preto boli vymedzené aj **oblasti s možným výskytom zhoršenej kvality ovzdušia (**Obr. 5.2**)**. Tieto oblasti pokrývajú miesta, ktoré môžu mať nepriaznivé rozptylové podmienky (priemerná rýchlosť vetra v roku 2020 menšia než 2 $m \cdot s^{-1}$ podľa výstupu modelu ALADIN s rozlíšením 2 x 2 km). Ak sa v takejto oblasti vyskytujú zdroje emisií, tieto môžu spôsobovať vyššie koncentrácie znečisťujúcich látok v ovzduší ako rovnaké emisie uvoľnené do ovzdušia na miestach s lepšími rozptylovými podmienkami. Táto doplnková metóda tiež nie je úplne reprezentatívna, pretože na určenie priemerných rýchlostí vetra bol použitý iba jeden rok. (Výstupy z modelu ALADIN s takýmto vysokým rozlíšením nie sú dostupné za predchádzajúce roky.)

Nedostupnosť dostatočne podrobných údajov o vykurovaní domácností, ktoré sú dôležitým vstupom pre matematické modely, značne ovplyvňuje neurčitosť vypočítaných koncentrácií. Súčasťou opatrení na zlepšenie kvality ovzdušia by preto malo byť upresňovanie údajov o využívaní rôznych palív pri vykurovaní domácností najmä v rizikových oblastiach a v závislosti od miestnych podmienok aj v oblastiach s možným výskytom zhoršenej kvality ovzdušia.

Tab. 5.1 *Oblasti riadenia kvality ovzdušia pre rok 2021, vymedzené na základe merania v rokoch 2018 – 2020 doplnené o rizikové oblasti ohrozené možnými vysokými koncentráciami PM a BaP na základe matematického modelovania.*

AGLOMERÁCIA /zóna	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka	AMS a rok prekročenia limitnej /cieľovej hodnoty
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	NO_2	Bratislava, Trnavské mýto (2018)
	V aglomerácii boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
KOŠICE [29]	územia mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida	PM_{10}, $PM_{2,5}$, BaP	PM_{10}: Košice, Štefánikova (2018 – 2019); Veľká Ida (2018 – 2019) $PM_{2,5}$: Veľká,Ida 2018 (24,4 µg·m^{-3}), 2019 (20,7 µg·m^{-3}) BaP: Veľká Ida (2009 – 2020)
	V aglomerácii boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Bansko-bystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM_{10}, BaP	PM_{10}: Banská Bystrica, Štefánikovo nábr, (2018) BaP: BB Štefánikovo nábr. (2017 – 2020), Zelená (2019 – 2020)
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrá Lúka, Revúcka Lehota	PM_{10}, $PM_{2,5}$, BaP	PM_{10}: Jelšava (2018 – 2020) $PM_{2,5}$: Jelšava 2018 (23,7 µg·m^{-3}), 2019 (20,9 µg·m^{-3})
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Bratislavský kraj	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Košický kraj [30]	územie mesta Krompachy	BaP	Krompachy, SNP (2019 – 2020)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Nitriansky kraj	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Prešovský kraj	územia mesta Prešov a obce Ľubotice	NO_2	Prešov, Arm. Gen. L. Svobodu (2018)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Trenčiansky kraj	územie mesta Trenčín	PM_{10}	Trenčín, Hasičská (2017, 2018)
	Okres Prievidza	BaP	Prievidza, Malonecpalská (2020)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Trnavský kraj	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	
Žilinský kraj	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	$PM_{2.5}$	Ružomberok, Riadok 2018 (20,7 µg·m^{-3})
	územie mesta Žilina	$PM_{2,5}$, BaP	$PM_{2,5}$: Žiliina, Obežná 2018 (21,7 µg·m^{-3}) BaP: Žiliina, Obežná (2019 – 2020)
	V zóne boli určené rizikové oblasti na základe modelovania.*	PM_{10}, $PM_{2,5}$	

** Tieto oblasti sú vyznačené na mape rizikových oblastí* ***Obr. 5.1****.*

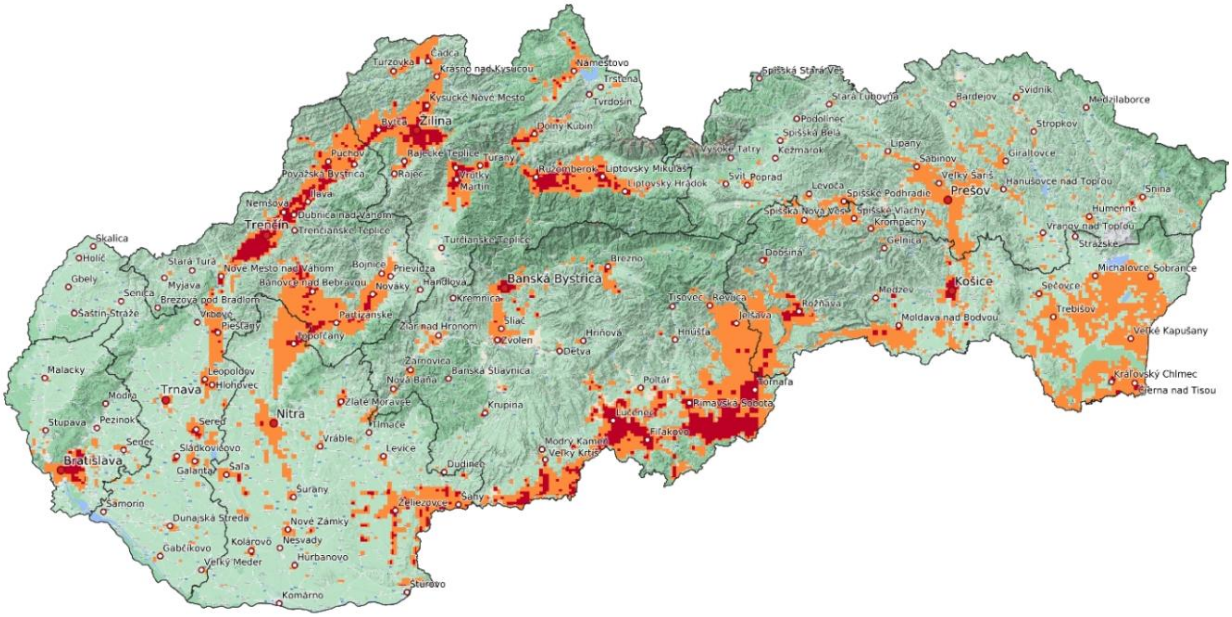
Poznámka: Koncentrácie $PM_{2,5}$ boli hodnotené vzhľadom k limitnej hodnote pre priemernú ročnú koncentráciu, ktorá je platná od 1.1.2020 (20 µg·m^{-3}).

Cieľová hodnota pre ochranu ľudského zdravia pre ozón bola v hodnotených rokoch 2018 – 2020 prekročená v aglomerácii Bratislava aj v zóne Slovensko (**Tab. 3.12**).

[29] *Aglomerácia Košice - územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az*

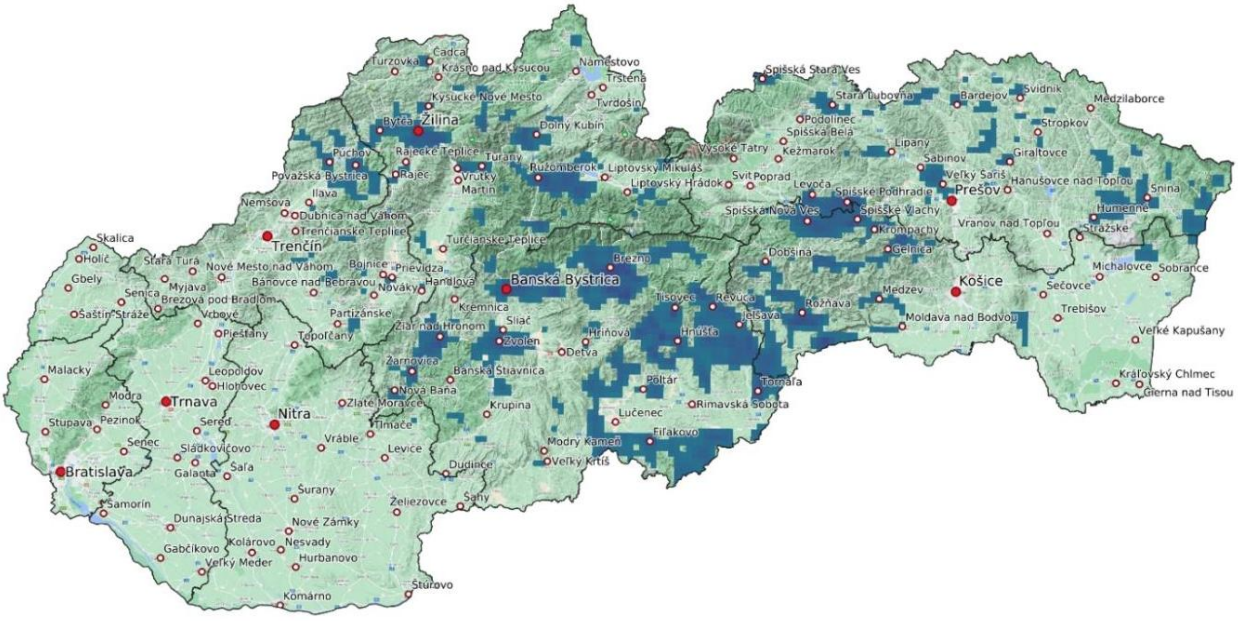
[30] *Zóna Košický kraj - územie kraja okrem územia mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az*

Obr. 5.1 *Rizikové oblasti vymedzené na základe výsledkov modelovania kvality ovzdušia.*



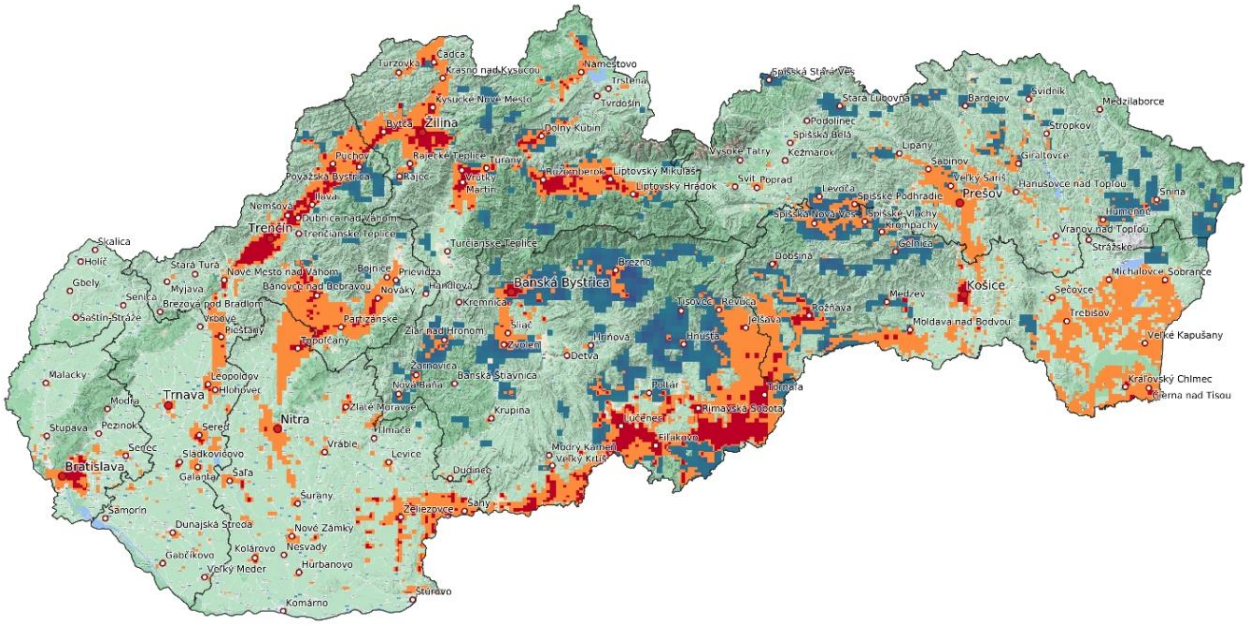
Poznámka: Rizikové oblasti boli vymedzené na základe výstupu interpolačného modelu RIO a chemicko-transportného modelu CMAQ. Tmavšou farbou (červenou) sú zvýraznené oblasti, kde sa maximálne koncentrácie na výstupoch oboch modelov prekrývajú, pravdepodobnosť výskytu vyšších koncentrácií PM je tu preto vyššia. Oranžovou farbou sú vyznačené oblasti indikované iba jedným z modelov (CMAQ alebo RIO).

Obr. 5.2 *Oblasti s možným výskytom zhoršenej kvality ovzdušia.*



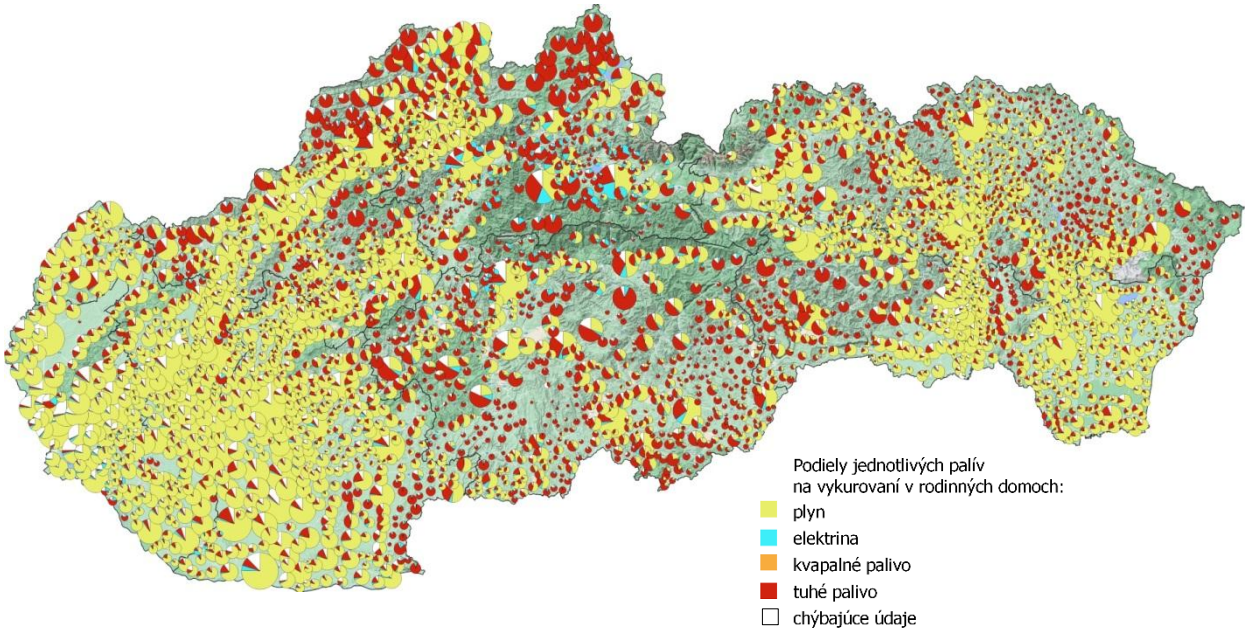
Poznámka: Ako oblasti s možnou zhoršenou kvalitou vzdušia boli vybrané lokality, kde je priemerná rýchlosť vetra menšia než 2 m·s^{-1} (podľa výstupu modelu ALADIN, priestorové rozlíšenie 2 x 2 km). Na mape sú tieto oblasti vyznačené modrou farbou.

Obr. 5.3 *Rizikové oblasti a oblasti s možným výskytom zhoršenej kvality vzdušia.*



Obr. 5.3 spája mapy na **Obr. 5.1** a **Obr. 5.2.** Červenou a oranžovou farbou sú vyznačené rizikové oblasti, pričom červenou farbou sú zvýraznené oblasti, kde je riziko vyššie (boli indikované chemicko-transportným modelom CMAQ aj interpolačným modelom RIO, adaptovaným metódou IDW-R), zatiaľ čo oranžové oblasti indikoval iba jeden z modelov (CMAQ alebo RIO). Oblasti vyznačené modrou farbou majú pravdepodobne zhoršené rozptylové podmienky (priemerná rýchlosť vetra < 2m$_{+}$ s^{-1} podľa modelu ALADIN).[31]

Obr. 5.4 *Podiel palív používaných na vykurovanie v rodinných domoch.*



Poznámka: V mape sú spracované informácie zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2011.

[31] *Mapa je online dostupná tu*: *https://ruraj-git.github.io/folium_html/orko_2021.html*

Pre ilustráciu je na **Obr. 5.4** zobrazený podiel palív používaných na vykurovanie rodinných domov, spracovaný podľa údajov zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov v roku 2011[32]. Toto sú posledné komplexné a relatívne podrobné informácie o spôsobe vykurovania a druhu používaných palív v SR. Odhady emisií v nasledujúcom období sú počítané pomocou rôznych pomocných údajov a extrapolácií, ktoré je však potrebné pravidelne validovať priamym zisťovaním, čo sa však zatiaľ realizovalo len vo veľmi obmedzenej miere.

Poznamenajme, že výsledky matematického modelovania sú zaťažené väčšou chybou ako výsledky monitoringu. Táto skutočnosť je ovplyvnená najmä neistotami emisných vstupov pri chemicko-transportnom modeli a rozmiestnením monitorovacích staníc v interpolačných modeloch. V súčasnosti dostupné výstupy modelovania sa preto budú pri postupnom vylepšovaní vstupných údajov v budúcnosti naďalej spresňovať.

[32] https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/Databases/datacube/!ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziw3wCLJycDB0NLEw9TA0cnZ0CTUJ9DIxMfAz1C7IdFQHnSkqO/

SKRATKY

Skratka	Vysvetlenie
ČAs	arzén
BAPMoN	The Background Air Pollution Monitoring Network – sieť monitorovania pozaďového znečistenia ovzdušia
Ca^{2+}	vápenatý kation
Cd	kadmium
Cl^-	chloridový anión
CLRTAP	The Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution – Dohovor o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia prechádzajúcom hranicami štátov
CO	oxid uhoľnatý
Cr	chróm
Cu	meď
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme – Program spolupráce pre monitorovanie a vyhodnocovanie diaľkového šírenia látok, znečisťujúcich ovzdušie v Európe
EHK OSN	Európska hospodárska komisia Organizácie spojených národov
GAW	Global Atmosphere Watch – Globálne pozorovanie atmosféry
HNO_3	kyselina dusičná
K^+	draselný kation
Mg^{2+}	horečnatý kation
Na^+	sodný kation
NEIS	Národný emisný informačný systém
NH_3	amoniak
NH_4^+	amónny kation
Ni	nikel
NMSKO	Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia
NMVOC	NonMethane Volatile Organic Compounds – nemetánové prchavé organické zlúčeniny
NO_3^-	dusičnanový anión
NO_x	oxidy dusíka
O_3	ozón
ORKO	oblasť riadenia kvality ovzdušia
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – polycyklické aromatické uhľovodíky
Pb	olovo
pH	kyslosť/zásaditosť (záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov)

Skratka	Vysvetlenie
PM	Particulate Matter - tuhé častice
PM_{10}	častice atmosférického aerosólu s aerodynamickým priemerom do 10 mikrometrov
$PM_{2,5}$	častice atmosférického aerosólu s aerodynamickým priemerom do 2,5 mikrometrov
POP	Persistent Organic Pollutants – perzistentné organické látky
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SO_2	oxid siričitý
SO_4^{2-}	síranový anión
SO_x	oxidy síry
TSP	Total Suspended Particles – celkové suspendované častice
ŤK	ťažké kovy
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change – Rámcový dohovor OSN o zmene klímy
VOC	Volatile Organic Compounds – prchavé organické zlúčeniny
WMO	World Meteorological Organization – Svetová meteorologická organizácia
Zn	zinok
ZP	zemný plyn
VZZO	veľké zdroje znečisťovania ovzdušia

POJMY

Pojem	Vysvetlenie
acidifikácia	Znižovanie optimálneho pH (okysľovania) prostredia vplyvom atmosférickej depozície prostredníctvom zrážok a suchej depozície časticami s nízkym pH, ktoré má nepriaznivý efekt na biotu. (Príklad: optimálne pH atmosférických zrážok je cca 5,6, kyslé dažde majú pH cca 4,2 až 4,4.)
antropogénne emisie	Emisie vznikajúce ľudskou činnosťou.
emisia	Každé priame alebo nepriame vypustenie znečisťujúcej látky do ovzdušia, resp. uvoľňovanie látky z bodového alebo difúzneho zdroja do atmosféry, resp. priame alebo nepriame uvoľnenie látok, vibrácií, tepla alebo hluku z bodového zdroja alebo z plošných zdrojov zariadenia do ovzdušia, vody alebo pôdy.
eutrofizácia	Nadmerné zvyšovanie koncentrácií dusíka, fosforu a iných nutrientov v ekosystéme vôd, ktoré vedie k nadmernej produkcii rias a mikroorganizmov, narušeniu rovnováhy a vzniku prostredia nevhodného pre optimálne prežívanie vyšších živočíchov a rastlín.
exhalát	Znečisťujúca látka v ovzduší.
fugitívne emisie	Emisie vznikajúce pri výrobnej činnosti, ktoré nie sú žiadnym spôsobom odvádzané, kontrolované alebo zneškodnené. Emisie sú neriadené, povrchové úniky emisií do vonkajšieho ovzdušia napr. triedenie alebo drvenie kameniva bez odlučovania, chov zvierat, zaparené a horiace skládky, povrchová prašnosť, pásové dopravníky mimo uzavretej budovy, plochy otvorených zásobníkov a zásobníkov s pevnou strechou (ak nemajú odlučovanie), plochy otvorených kompostární, kalových nádrží čistiarní odpadových vôd, atď.
organická zlúčenina	Organická zlúčenina je zlúčenina, ktorá obsahuje jeden alebo viac atómov uhlíka kovalentne naviazaných na atómy iných prvkov, najčastejšie vodíka, kyslíka alebo dusíka okrem karbidov, uhličitanov a kyanidov.
ozón	Kyslík, vyskytujúci sa vo forme trojatómovej molekuly - vysoko reaktívny plyn modrej farby a charakteristického zápachu, s mimoriadne silnými oxidačnými účinkami.
PM_{10}	Suspendované častice, ktoré prejdú zariadením so vstupným otvorom definovaným v referenčnej metóde na vzorkovanie a meranie PM_{10} STN EN 12341, selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom do 10 mikrometrov s 50 % účinnosťou.
$PM_{2,5}$	Suspendované častice, ktoré prejdú zariadením so vstupným otvorom definovaným v referenčnej metóde na vzorkovanie a meranie $PM_{2,5}$ STN EN 12341 selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom do 2,5 mikrometrov s 50 % účinnosťou.
pozaďové znečistenie ovzdušia	Znečistenie ovzdušia v oblasti s nižšou hustotou obyvateľstva, ktorá je vzdialená od mestských oblastí a priemyselných oblastí, mimo diaľnic a hlavných dopravných ciest a mimo miestnych emisií.

Pojem	Vysvetlenie
prchavá organická zlúčenina	Každá organická zlúčenina antropogénneho a biogénneho pôvodu, iná ako metán, schopná tvoriť fotochemické oxidanty reakciou s oxidmi dusíka za prítomnosti slnečného žiarenia.
ťažké kovy	Pb, Cd, Cr, As, Cu, Zn a Ni
tuhé častice	Častice znečisťujúcej látky ľubovoľného tvaru, štruktúry alebo hustoty, rozptýlené v plynnej fáze, ktoré sa pri odbere reprezentatívnej vzorky zachytia na vstupnej strane filtra.
vodivosť	Fyzikálna veličina, vyjadrujúca schopnosť látky viesť elektrický prúd.
znečisťujúca látka	Akákoľvek látka prítomná v ovzduší alebo vnášaná do ovzdušia, ktorá má, alebo môže mať škodlivé účinky na zdravie ľudí alebo na životné prostredie ako celok, okrem látky, ktorej vnášanie do životného prostredia je upravené osobitným predpisom.

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia - 2020

Príloha B Koncentrácie znečisťujúcich látok z kontinuálnych meraní v sieti NMSKO - 2020

Príloha C Priemerná teplota, rýchlosť vetra a ventilačný index v roku 2020 (model ALADIN)