

*Podklady  
pre Program  
na zlepšenie  
kvality ovzdušia*

*zóna  
Banskobystrický kraj*

*Jana Krajčovičová  
Katarína Belohorcová  
Juraj Beňo  
Dušan Štefánik  
Vladimír Nemček  
Jana Matejovičová*

*SHMÚ, Bratislava, september 2023*

## Obsah

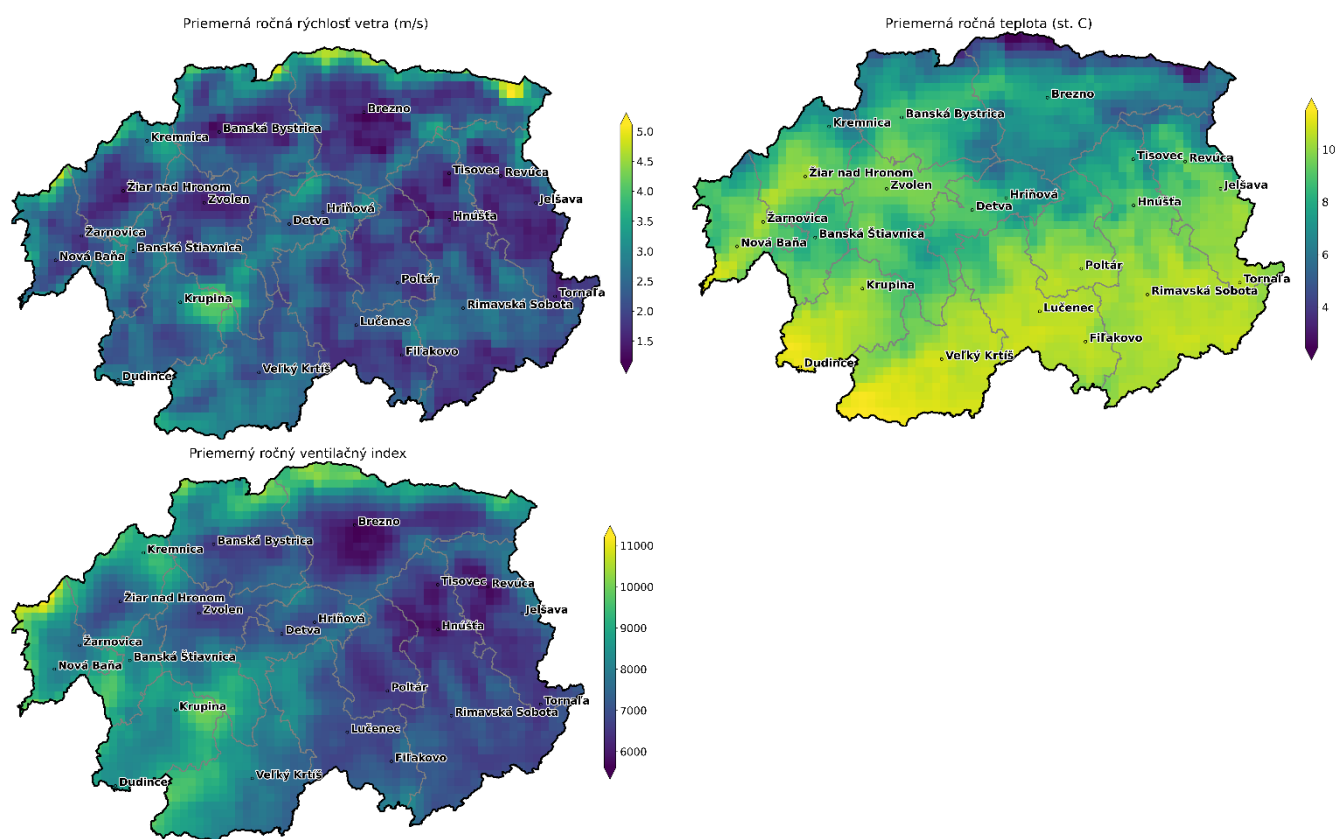
<b>3</b>	<b>ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O ÚZEMÍ ZÓNY.....</b>	<b>2</b>
3.1	Charakteristiky ovplyvňujúce prúdenie vzduchu a rozptylové podmienky .....	2
3.2	Obyvateľstvo a ekosystémy .....	3
3.3	Zdroje emisií.....	3
3.3.1	Veľké a stredné zdroje znečisťovania (priemysel a energetika) .....	5
3.3.2	Cestná doprava .....	5
3.3.3	Vykurovanie domácností.....	5
<b>4</b>	<b>HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ZÓNE.....</b>	<b>7</b>
4.1	Relevantné znečisťujúce látky.....	7
4.2	Výsledky monitoringu kvality ovzdušia .....	7
4.3	Výsledky modelovania a analýza situácie .....	8
	Celkové zhodnotenie zóny .....	8
	Prekračovanie limitných hodnôt podľa legislatívy platnej v súčasnosti .....	8
	Analýza príspevkov jednotlivých skupín zdrojov k celkovým koncentráciám.....	14
	Regionálne pozadie .....	14
	Projekcie možných opatrení na zníženie koncentrácií BaP a PM.....	14
4.4	Zhrnutie hodnotenia .....	15

## 3 ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O ÚZEMÍ ZÓNY

### 3.1 Charakteristiky ovplyvňujúce prúdenie vzduchu a rozptylové podmienky

Z hľadiska rozptylu znečisťujúcich látok v ovzduší sú najrelevantnejšími meteorologickými parametrami smer a rýchlosť vetra a teplotné zvrstvenie atmosféry. Teplota prízemnej vrstvy atmosféry v zimnom období je tiež dôležitým parametrom ovplyvňujúcim emisie znečisťujúcich látok z lokálnych kúrenísk. Na Obr. 3.1 sú zobrazené mapky rozloženia priemerných ročných klimatických charakteristík vypočítaných meteorologickým modelom ALADIN s priestorovým rozlíšením 2 km (rok 2020).

Veterné pomery oblasti sú vo veľkej miere ovplyvňované členitosťou terénu. Povrch Banskobystrického kraja je prevažne hornatý, pričom väčšina sídiel sa nachádza v kotlinách, ktoré sa vyznačujú nízkymi rýchlosťami vetra a častými teplotnými inverziami najmä v zimnom období. Významnými kotlinami v kraji sú Zvolenská kotlina, Juhoslovenská kotlina, Žiarska kotlina, Horehronské podolie a Pliešovská kotlina. Sever kraja lemujú vyššie pohoria - Nízke Tatry a výbežky Veľkej Fatry, ktoré sú riedko osídlené. Centrálnu časť kraja tvoria horské oblasti so stredne vysokými pohoriami – Pohronský Inovec, Vtáčnik, Kremnické vrchy, Štiavnické vrchy, Krupinská planina, Poľana a Slovenské rudohorie. Osídlenia v nich sa koncentrujú prevažne v dolinách a údoliach pozdĺž riek a v bývalých banských centrách. Na juhu je nižšie pohorie Cerová vrchovina, s riedkym osídlením pri hranici s Maďarskom.



**Obr. 3.1** Rozloženie priemernej ročnej rýchlosti vetra (vľavo hore), teploty (vpravo hore) a ventilačného indexu<sup>1</sup> (vľavo dole) v zóne Banskobystrický kraj

Na mapkách je vidno dobre ventilované hrebene hôr, na rozdiel od slabo ventilovaných horských dolín, v ktorých sa nachádza väčšina sídiel.

Prevládajúci smer vetra je na rôznych miestach v rámci zóny značne variabilný a závisí od interakcie základného veľko-rozmerového prúdenia s lokálnym terénom. V rôznych lokalitách sa budú prevládajúce smery vetra vzájomne líšiť a budú dané hlavne orientáciou hrebeňov a s nimi súvisiacich dolín, kde sa dajú očakávať nízke priemerné rýchlosti vetra, a teda aj zhoršené rozptylové podmienky, čo nakoniec dokumentujú aj mapy na Obr. 3.1.

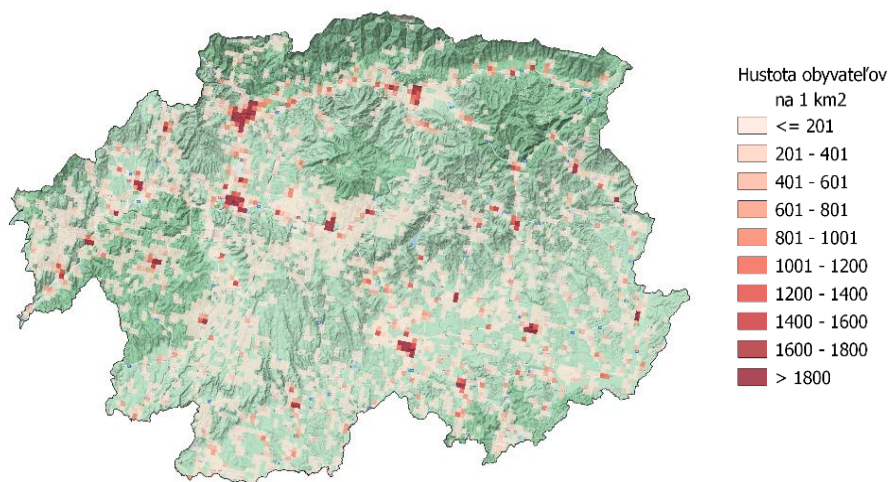
<sup>1</sup> Ventilačný index je parameter vyjadrujúci potenciálnu mieru rozptylu znečisťujúcich látok. Počíta sa ako súčin výšky vrstvy premiešavania atmosféry a priemernej rýchlosti vetra v tejto vrstve.

## 3.2 Obyvateľstvo a ekosystémy

Kvalitu ovzdušia posudzujeme z dôvodu ochrany zdravia obyvateľstva a ekosystémov.

Banskobystrický kraj je z hľadiska rozlohy najväčším krajom na Slovensku, s najnižšou priemernou hustotou obyvateľstva. V tomto kraji sa nachádza 24 miest.

Podľa informácií zo štatistického úradu SR má Banskobystrický kraj 617 777 obyvateľov (stav k 31.12.2022). Priestorové rozloženie hustoty obyvateľstva na území zóny je zobrazené na **Obr. 3.2**.



Obr. 3.2 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Banskobystrický kraj (2018, zdroj: EUROSTAT)

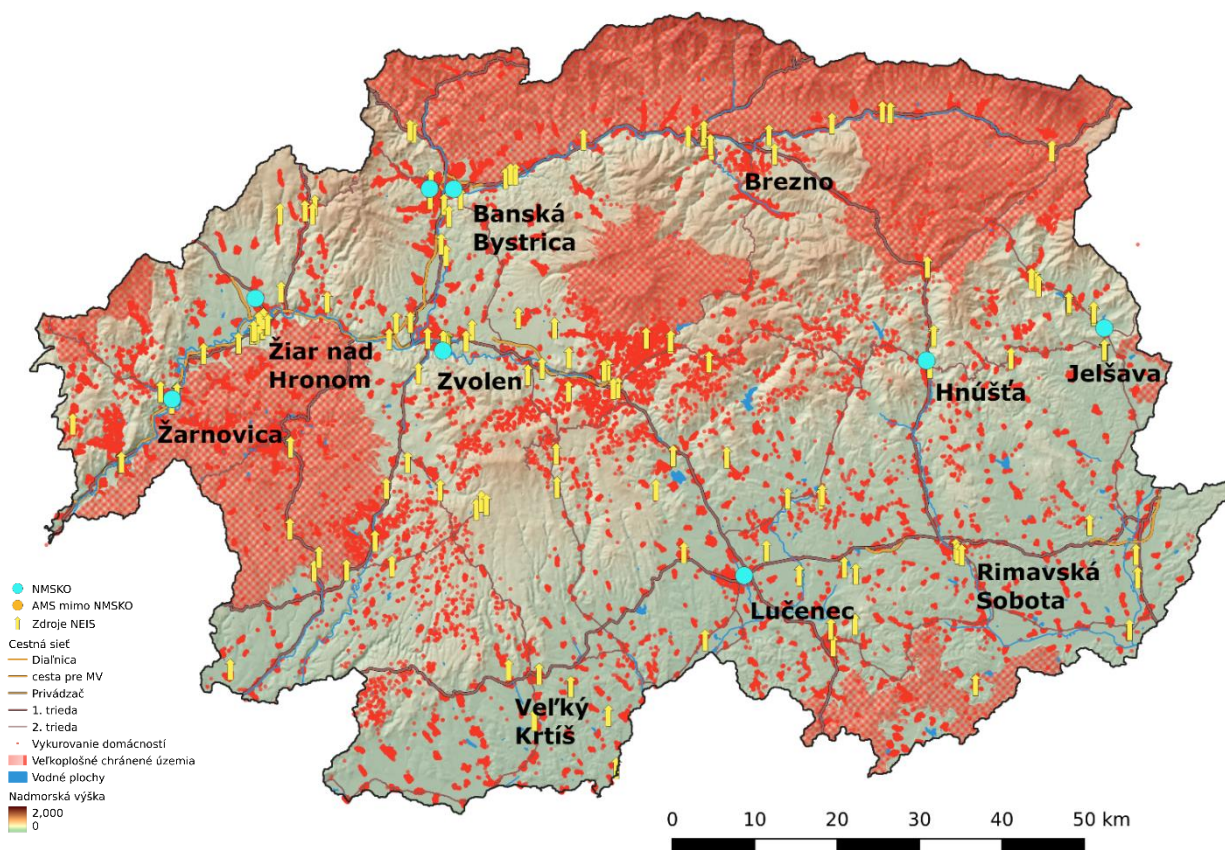
Na území kraja sa nachádzajú veľkoplošné chránené územia, ktoré zahŕňajú národné parky a chránené krajinné oblasti. Tieto územia, určené na ochranu a zachovanie vzácnych ekosystémov a organizmov, sú vyznačené na mape (**Obr. 3.3**) spolu s rozmiestnením najrelevantnejších zdrojov znečistenia ovzdušia.

V súčasnej dobe sa za najrizikovejšie látky vplývajúce na ekosystémy považujú  $\text{NO}_x$  a  $\text{SO}_2$ , ktoré spôsobujú acidifikáciu a eutrofizáciu prostredia, zmeny druhového zloženia vegetácie, stratu citlivých druhov, znižovanie schopnosti odolávania biotickému aj abiotickému stresu, či homogenizáciu vegetácie. Medzi organizmy, ktoré sú najcitlivejšie na depozíciu dusíka, patria niektoré druhy lišajníkov. Depozícia dusíka je považovaná za hlavné riziko pre stratu biodiverzity na veľkom území Európy (Nordin a kol., 2011, Dise a kol., 2011). Citlivé sú predovšetkým biotopy chudobné na živiny ako rašeliniská, vresoviská, slaniská, či vodné ekosystémy. Riziko pre rastliny závisí od schopnosti ich tolerancie voči dusíku (špecifické pre daný druh porastu), koncentrácie v okolitom ovzduší a dĺžke expozície. Vplyv na vegetáciu sa očakáva predovšetkým v tesnom okolí (niekoľko desiatok metrov) frekventovaných ciest (Gadsdon a Power 2009, Will-Wolf 1980). Efekt vplyvu znečistenia ovzdušia na ekosystémy môže byť navyše zosilnený aj depozíciou  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  z veľkých priemyselných zdrojov znečistenia.

## 3.3 Zdroje emisií

Emisie predstavujú množstvo znečisťujúcej látky, ktoré bolo uvoľnené do prostredia (v tomto prípade do ovzdušia) za určitý čas. Pre účely vypracovania Programu na zlepšenie kvality ovzdušia si zdroje emisií rozdelíme nasledovne:

- Veľké a stredné priemyselné zdroje a zdroje na výrobu tepla a elektrickej energie, evidované v databáze NEIS
- Vykurovanie domácností – lokálne kúreniská
- Cestná doprava

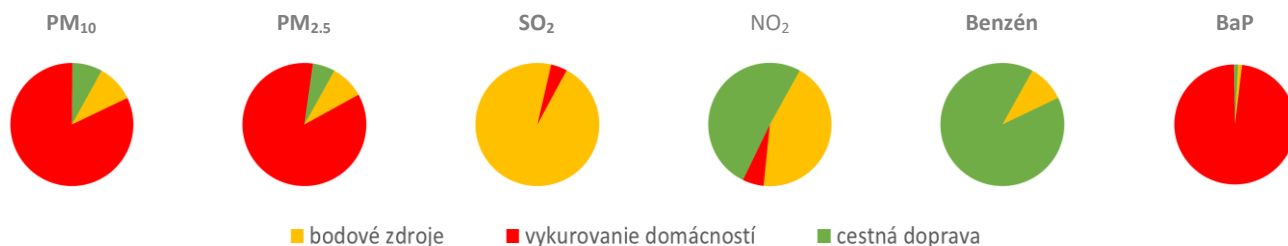


Obr. 3.3 Mapa Banskobystrického kraja s relevantnými zdrojmi emisií, s vyznačenými veľkoplošnými chránenými územiaми a automatickými monitorovacími stanicami kvality ovzdušia.

Zdroje súvisiace s vykurovaním sú sezónne. Cestná doprava a väčšina veľkých a stredných zdrojov sú celoročnými zdrojmi. Rôzne stavebné práce sú najťažšie definovanými zdrojmi, pretože sú veľmi premenlivé, trvajú obmedzený čas, sú rôzneho rozsahu a zahŕňajú celú škálu aktivít od ťažkej dopravy, využívania stavebných mechanizmov, búracích a výkopových prác, atď. Pre nedostatok informácií nie sú tieto zdroje zahrnuté v tejto analýze.

V rámci zóny sú najdôležitejšími zdrojmi znečisťovania lokálne kúreniská využívajúce tuhé palivo. V jednotlivých lokalitách, obzvlášť vo väčších mestách, sú zdroje viac lokalizované. V závislosti od miesta má často značný vplyv aj doprava. Príkladom je mesto Banská Bystrica, ktoré je zároveň aj jednou z oblastí riadenia kvality ovzdušia. Obr. 3.4 zobrazuje emisie jednotlivých skupín zdrojov a vybraných zdrojov NEIS. Podrobné informácie o emisiách sú v [Správe o emisiách](#) (SHMÚ, 2022) a na [web stránke](#).

Z hľadiska emisií PM a benzo(a)pyrénu je hlavným zdrojom na území zóny vykurovanie domácností nepripojených na centrálné zdroje vykurovania a v oveľa menšej miere doprava a priemyselné zdroje. Cestná doprava má vysoký podiel aj na emisiách NO<sub>2</sub> a benzénu. Naopak, hlavným zdrojom emisií SO<sub>2</sub> je priemysel a energetika. V rozptyle znečisťujúcich látok však hrá dôležitú úlohu aj výška, v ktorej sú emisie vypúšťané. Z lokálneho hľadiska majú na koncentrácie v ovzduší väčší dopad priestorovo rozložené emisie vypúšťané do ovzdušia nízko nad zemou, než emisie z vysokých komínov.



Obr. 3.4 Emisie jednotlivých skupín zdrojov pre rôzne znečisťujúce látky.

Spoločným problémom emisií z dopravy a lokálnych kúrenísk je vysoká neistota zahrnutá v odhadovaných emisných tokoch. Mapa hlavných zdrojov znečisťovania v zóne Banskobystrický kraj je na **Obr. 3.3**. Na mape sú zobrazené iba tie zdroje, ktorých lokalitu je možné určiť s dostatočnou presnosťou pre potreby modelovania, pričom neobsahuje prírodné zdroje ani zdroje z poľnohospodárstva.

### **3.3.1 Veľké a stredné zdroje znečisťovania (priemysel a energetika)**

Ide o bodové zdroje, ktoré sú registrované v databáze NEIS. Možno ich rozdeliť na komíny, výduchy a fugitívne zdroje (napr. úniky z netesností technologických rozvodov alebo z nádrží, napr. pri čistení odpadových vôd).

Jednou z hlavných charakteristík zdroja znečisťovania je emisný tok (emisie za jednotku času). Ďalšími charakteristikami, ktoré sa rozhodujúcou mierou podieľajú na rozptyle znečisťujúcich látok v ovzduší, sú parametre komínov – výška a priemer komína, teplota a rýchlosť spalín. Častým problémom emisných vstupov sú neúplné údaje o charakteristikách komínov/výduchov a nepresné súradnice. Parametre bodových zdrojov a spalín vstupujúcich do modelov kvality ovzdušia, sú prevzaté z databázy NEIS, niektoré z nich boli dodatočne upresnené prevádzkovateľmi zdrojov.

### **3.3.2 Cestná doprava**

Emisie znečisťujúcich látok z cestnej dopravy zahŕňajú emisie z výfukov, oterov brzd a pneumatík a abráziu vozovky.

Na ich výpočet sa používa emisný model, ktorý počíta emisie na základe intenzít dopravy na jednotlivých cestných komunikáciách, zloženia vozového parku, emisných faktorov pre jednotlivé kategórie vozidiel a odhadovaných časových profilov. Spracovateľom emisných vstupov je Centrum dopravného výzkumu (CDV).

Ako vstup pre modelovanie emisií boli použité dáta s intenzitou dopravy pre základné kategórie vozidiel z roku 2019, škálované na intenzity pre modelový rok. Dopravné intenzity sú alokované na jednotlivé cestné úseky v rámci modelovaných oblastí. Pre samotný výpočet emisií z výfukov a oterov boli využité emisné faktory publikované Európskou environmentálnou agentúrou v EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016.

### **3.3.3 Vykurovanie domácností**

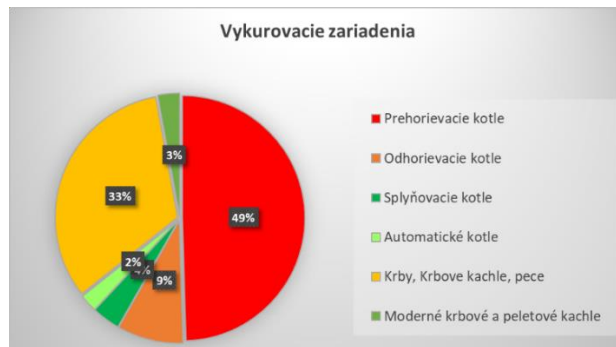
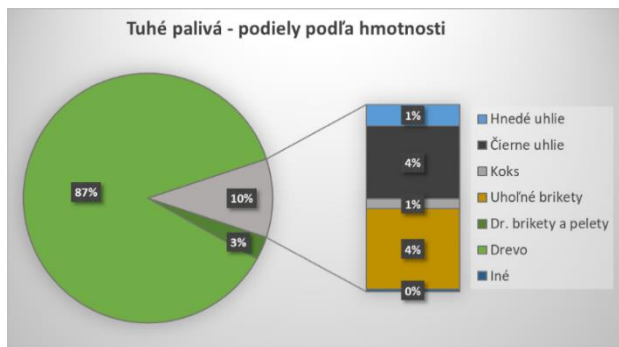
Emisie z vykurovania domácností sú vypočítané emisným modelom REM\_v2 (Krajčovičová a kol., 2020), ktorý počíta emisie s presnosťou na úrovni základných sčítacích jednotiek a priestorovo ich distribuuje na oblasti osídlené rodinnými a bytovými domami. Výsledným produktom sú zdroje emisií v štvorcoch 50m x 50m s výškou zodpovedajúcou priemernej výške budov v príslušnom štvorci (údaje na základe vrstvy ZBGIS).

Vstupnými dátami pre emisný model sú údaje zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov (SODB 2021) o počtoch bytov v rodinných a bytových domov s iným ako diaľkovým vykurovaním, využívajúcich ako zdroj energie jednotlivé druhy palív. Tieto údaje sú k dispozícii za základné sčítacie jednotky (ZSJ; každá obec obsahuje 1 alebo viac ZSJ). Uvedená štatistika neobsahuje údaje o vykurovacích zariadeniach ani bližšiu špecifikáciu tuhých palív.

Rozdelenie tuhých palív a vykurovacích zariadení pre každú ZSJ bolo vypočítané na základe zistení podielov tuhých palív a zariadení z prieskumov v roku 2017 a 2019. Tieto prieskumy boli vykonané na štatistickej vzorke rodinných domov, ktoré uviedli v SODB 2011 vykurovanie tuhým palivom. Výsledné dáta sú vo forme podielov palív a zariadení zodpovedajúce štatistickým priemerom za jednotlivé kraje.

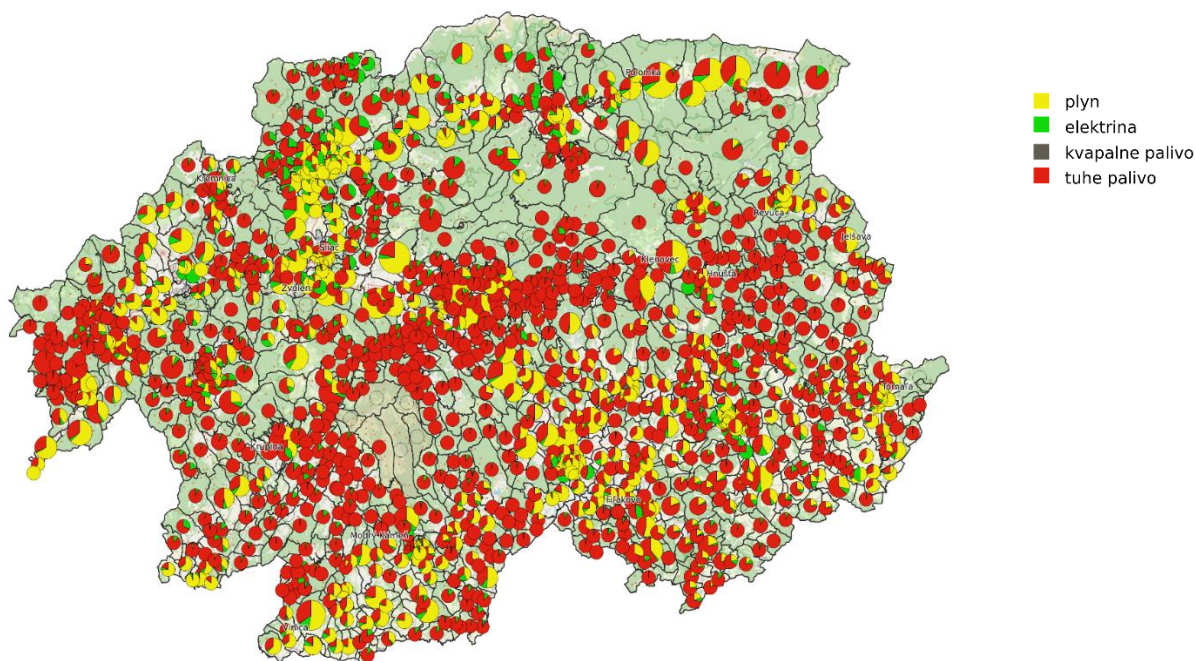
Emisný model pre kúreniská počíta s predpokladom, že zloženie palivovej základne a využívaných vykurovacích zariadení je rovnaké ako priemerné zastúpenie palív a zariadení v Banskobystrickom kraji, ktoré však bolo zisťované na pomerne malej štatistickej vzorke domácností. Vzhľadom na to, že priestorové rozloženie rôznych palív a zariadení v obci nám nie je známe, v modeli sa používa predpoklad, že každý dom vykuruje zariadeniami a palivami v percentuálnom zložení tuhých palív a zariadení podľa spomínaného prieskumu. Rozloženie koncentrácií bude odlišné, ak niektorá časť obce vykuruje hlavne tuhým palivom a zariadeniami s vysokými emisiami, zatiaľ čo v inej časti prevláda vykurovanie plynom.

Obr. 3.5 obsahuje zistené podiely palív a vykurovacích zariadení pre Banskobystrický kraj. V priemere tvorí až 90% tuhého paliva drevo a drevné produkty. Medzi spaľovacími zariadeniami sú zastúpené moderné nízko-emisné zariadenia len vo veľmi malej miere 9%.



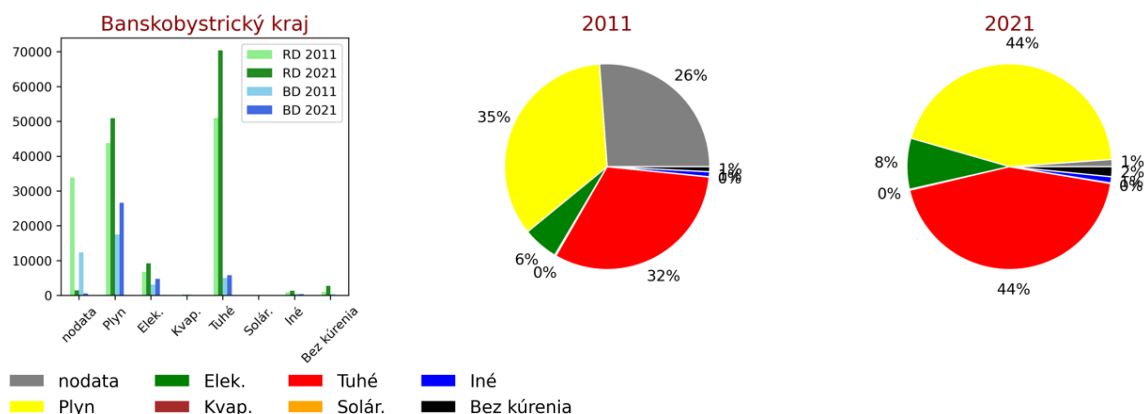
Obr. 3.5 Zloženie tuhých palív a spaľovacích zariadení v Banskobystrickom kraji podľa štatistického prieskumu v roku 2019.

Obr. 3.6 ukazuje podiely jednotlivých palív na vykurovaní rodinných domov za jednotlivé obce v zóne, pričom vidno, že priestorové rozloženie palivovej základne pre domáce kúreniská nie je geograficky homogénne. V súčte za celú zónu v r. 2021 je podiel vykurovania tuhým palivom približne rovnaký ako vykurovanie plynom (Obr. 3.7). Pozitívne je zastúpenie elektrickej energie až 7 percentami.



Obr. 3.6 Podiely rodinných domov využívajúce jednotlivé druhy palív (SODB, 2021).  
V grafoch nie sú zahrnuté podiely solárnych a iných palív, vzhľadom na ich zanedbateľný počet.

Údaje o vykurovaní bytov a domov, ktoré nie sú napojené na centrálny zdroj vykurovania, a teda nespĺňajú parametre stredného zdroja NEIS, sú veľkým zdrojom neistôt, pretože okrem údajov zo SODB 2021 neexistuje žiadna systematická databáza s údajmi o tomto dôležitom zdroji emisií. Okrem toho, situácia sa počas energetickej krízy zmenila, na kvantifikáciu tejto zmeny zatiaľ nie sú podklady.



Obr. 3.7 Porovnanie palivovej základne pre vykurovanie rodinných a bytových domov zistených v SODB 2011 a SODB 2021.

## 4 HODNOTENIE ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ZÓNE

Z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia podľa Zákona č. 146/2023 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov (ďalej len zákon o ovzduší) sú rozhodujúce merania koncentrácií znečisťujúcich látok na monitorovacích staniciach v sieti NMSKO. Poloha všetkých monitorovacích staníc je vyznačená na mape na **Obr. 3.3**. Ich merací program a ostatné relevantné údaje možno nájsť v Prílohe A k [Správe k správe o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike](#). Napriek rozšíreniu siete NMSKO, ku ktorému došlo v posledných rokoch, nie je možné pokryť monitorovacími stanicami všetky oblasti, v ktorých hrozí riziko prekročovania limitných hodnôt niektorých znečisťujúcich látok. Z tohto dôvodu sa ukázalo vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia len na základe údajov z monitorovacích staníc ako nepostačujúce, keďže znevýhodňuje obyvateľov oblastí bez monitorovacích staníc v ich nároku na uplatnenie práva na čisté ovzdušie vo forme opatrení na zlepšenie kvality ovzdušia. Ministerstvo životného prostredia sa preto po konzultáciách s SHMÚ rozhodlo vymedziť obce so zhoršenou kvalitou ovzdušia na základe [metodiky](#), zahŕňajúcej okrem dát z NMSKO všetky dostupné údaje o kvalite ovzdušia a zdrojoch znečisťovania ovzdušia. Na základe tejto metodiky boli obce rozdelené podľa stupňa závažnosti na nerizikové (stupeň 0) a rizikové so stupňami závažnosti 1, 2 a 3.

Opatrenia na zníženie emisií musia byť vykonané vo všetkých obciach v zóne, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3 takým spôsobom, aby nedošlo k prekročovaniu limitných a cieľových hodnôt koncentrácií látok uvedených v nasledujúcej podkapitole. Mapa ohrozených obcí spolu s oblasťami, na ktorých bolo vykonané modelovanie s vysokým rozlíšením (popísané v 4.3) je na [web stránke](#).

### 4.1 Relevantné znečisťujúce látky

Na základe zákona o ovzduší je kvalita ovzdušia hodnotená vzhľadom na limitné hodnoty koncentrácií nasledujúcich znečisťujúcich látok: suspendované častice PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, oxid dusičitý, ozón, benzo(a)pyrén, benzén a oxid siričitý. Okrem týchto znečisťujúcich látok sa podľa zákona o ovzduší hodnotia aj ťažké kovy (olovo, arzén, kadmium a nikel). V **Tab. 4.1** sú uvedené limitné hodnoty, ktoré boli podľa európskej legislatívy implementované do legislatívy SR (Zákon č. 146/2023 Z. z. o ochrane ovzdušia, v znení neskorších predpisov, Vyhláška MŽP SR č. 250/2023 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov).

Tab. 4.1 Limitné a cieľové hodnoty pre jednotlivé znečisťujúce látky

	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> <sup>v</sup>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> <sup>v</sup>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CO	O <sub>3</sub>	BaP	benzén	Pb	As	Cd	Ni
Priemerované obdobie	1h	24h	1r, <sup>v1</sup>	1h	1r	1r	24h	1r	1r	8h (max.)	1r	1r	1r	1r	1r	1r	1r
Limitná hodnota* (µg.m <sup>-3</sup> )	350 (24)	125 (3)	20	200 (18)	40	30	50 (35)	40	20	10 000	120 (25) v priemere za 3 roky	1 **	5	500**	6**	5**	20**

<sup>1</sup> zimné obdobie (1. október – 31. marec)

\* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách, As, Ni, Cd a BaP majú stanovenú cieľovú hodnotu

<sup>v</sup> kritické úrovne pre ochranu vegetácie

\*\*ng.m<sup>-3</sup>

### 4.2 Výsledky monitoringu kvality ovzdušia

Časové rady údajov nameraných v zóne Banskobystrického kraja sú na [web stránke](#).

V Banskobystrickom kraji monitoruje kvalitu ovzdušia osem automatických monitorovacích staníc (AMS), z toho dve sa nachádzajú v Banskej Bystrici, ostatné sú umiestnené v Jelšave, Hnúšti, Zvolene a v Žiari nad Hronom, v roku 2021 pribudli AMS v Žarnovici a v Lučenci. Najhoršiu kvalitu ovzdušia pravidelne zaznamenáva stanica v Jelšave v zimnom období, kde dochádza k prekročovaniu maximálneho počtu prekročení priemernej dennej hodnoty 50 µg.m<sup>-3</sup> pre PM<sub>10</sub>, aj k niekoľkonásobnému prekročovaniu cieľovej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu (BaP). Od roku 2018, kedy sa začal merať BaP aj na staniciach v Banskej Bystrici, sú zaznamenané priemerné ročné koncentrácie BaP nad zákonom stanovenou cieľovou hodnotou. Na novej monitorovacej stanici v Žarnovici bola od roku 2021 prekročená cieľová hodnota pre BaP. Na monitorovacej stanici v Banskej Bystrici na Štefánikovom nábřeží bola prekročená limitná hodnota pre PM<sub>10</sub> v roku 2021. Na ostatných monitorovacích staniciach v zóne nebolo v posledných troch rokoch namerané prekročenie limitnej alebo cieľovej hodnoty.

Na území Banskobystrického kraja je malý počet monitorovacích staníc, pričom majú obmedzenú priestorovú reprezentatívnosť. Z rozmiestnenia emisných zdrojov, orografie, klimatických charakteristík a ďalších faktorov je zrejmé, že zhoršená kvalita ovzdušia sa vyskytuje aj na iných miestach, kde sa monitorovacie stanice nenachádzajú.



Z uvedeného dôvodu je potrebné chrániť zdravie obyvateľov a ekosystémov aj na týchto miestach realizáciou príslušných opatrení na zníženie emisií.

Merania z monitorovacích staníc navyše neobsahujú informáciu o príspevkoch jednotlivých skupín zdrojov, prípadne regionálneho pozadia k celkovej koncentrácii. Hodnotenie kvality ovzdušia je preto nutné dopĺňať aj inými dostupnými metódami – matematickým modelovaním kvality ovzdušia.

### 4.3 Výsledky modelovania a analýza situácie

#### *Celkové zhodnotenie zóny*

Pre každoročné zhodnotenie koncentrácií znečisťujúcich látok v rámci celej SR používame interpolačno-regresný model [RIO](#) s následným postprocesingom pomocou metódy IDW-R. Koncentrácie a ich rozloženie sú však silne ovplyvnené klimatickou charakteristikou daného roka (priemerné a minimálne teploty v zime, charakter prúdenia daný prevládajúcimi tlakovými útvarmi v danom roku, a pod.). Modelovanie je navyše zaťažené vyššou neurčitostou ako merania, čo je dané hlavne neistotami vo vstupných dátach (emisných a meteorologických). Modelovanie sa vykonáva pre územie celej SR s priestorovým rozlíšením 1 km, a preto nedokáže zachytiť priestorové maximá koncentrácií vyskytujúcich sa v tesnej blízkosti zdrojov emisií. Pri posudzovaní a zaraďovaní obcí do oblastí riadenia kvality ovzdušia výlučne na základe modelovania regionálnym modelom pre konkrétny rok by nevyhnutne dochádzalo k medziročným fluktuáciám. Za účelom určenia rizikových oblastí je preto vhodnejšie použiť kombináciu dát, zahŕňajúcich jednak výstupy regionálnych modelov ale aj iných dát, ako sú napr. údaje o počte domov využívajúcich na vykurovanie tuhé palivo. Táto *metóda integrovaného posúdenia* bola pôvodne navrhnutá s dôrazom na problematiku vykurovania domácnosti a je podrobne popísaná [tu](#), pričom výsledná mapa rizikových obcí pre zónu Banskobystrického kraja je na **Obr. 4.1**. Pre porovnanie, na **Obr. 4.2** je mapa prekročení jednej alebo viacerých znečisťujúcich látok len na základe modelovania modelom [RIO-IDWR](#) pre rok 2021. Ako vidno, mapa rizikových oblastí zahŕňa viac obcí a je teda konzervatívnejšia. Pre podrobnejšie overenie bolo vybraných v rámci zóny 9 domén, v ktorých bolo vykonané modelovanie s vysokým priestorovým rozlíšením kombináciou modelov [CALPUFF](#) a [ATMOSTREET](#) pre rok 2021. Model CALPUFF bol použitý pre modelovanie lokálnych kúrenísk a zdrojov NEIS, modelom ATMOSTREET, ktorý berie do úvahy aj obmedzený rozptyl v kaňonoch ulíc, bol vypočítaný príspevok cestnej dopravy. Požadové hodnoty boli použité z modelu RIO-IDWR (pre PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>). Pre BaP boli ako pozadie použité namerané hodnoty z regionálnej stanice EMEP Stará Lesná. Podrobné výsledky modelovania vo forme máp a grafov si možno pozrieť [tu](#).

#### *Prekračovanie limitných hodnôt podľa legislatívy platnej v súčasnosti*

Modelovanie regionálnym modelom RIO-IDWR pre rok 2021, ako aj pre predchádzajúce roky, indikuje ako najproblematickejšie znečisťujúce látky hlavne BaP, a potom PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Keďže počet staníc NMSKO merajúcich koncentrácie BaP je relatívne nízky v porovnaní so stanicami merajúcimi PM, mapy koncentrácií BaP z modelu RIO-IDWR sú zaťažené pomerne vysokou neistotou, obzvlášť v oblastiach bez monitorovacích staníc.

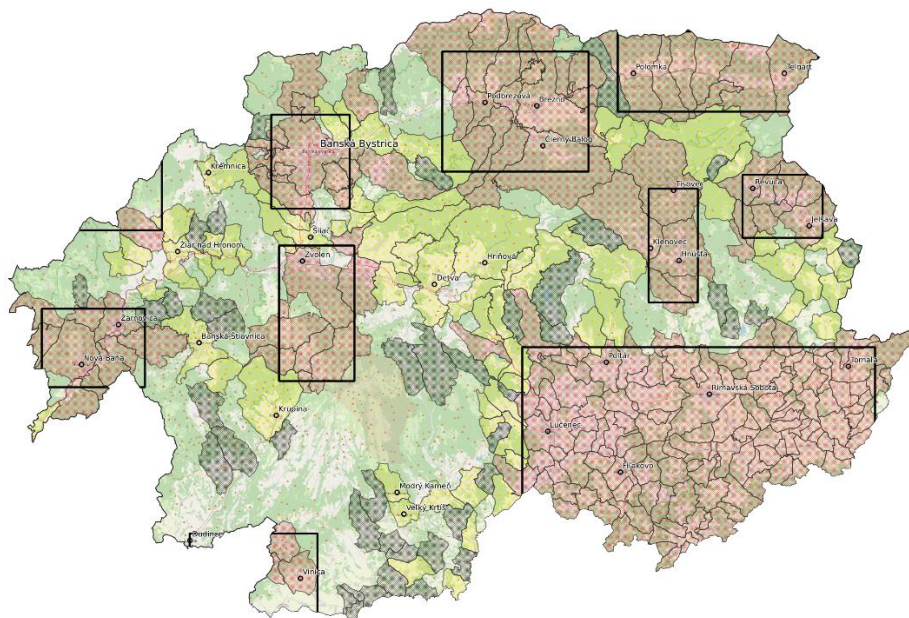
Ako vidno na **Obr. 4.2**, **Obr. 4.4** a **Obr. 4.5**, modelovanie s vysokým rozlíšením vo vybraných oblastiach potvrdzuje, že **priemerné ročné koncentrácie BaP** sú prekračované na mnohých miestach tam, kde sa vo vyššej miere využíva na vykurovanie tuhé palivo, čo je v prípade Banskobystrického kraja hlavne drevo. Takéto oblasti sa nachádzajú v každej z vybraných domén.

**Priemerné ročné koncentrácie PM<sub>2,5</sub>** sú podľa výsledkov modelovania prekračované menej často a na menších územiach. Vyskytli sa v doméne Banskej Bystrice (Obce Riečka a Tajov), v Čiernom Balogu, v Klenovci (doména Hnúšťa), v Jelšave v obciach pozdĺž hlavnej doliny plus v obciach Sirk, Železník a Turčok, aj v obciach a mestách Juhoslovenskej kotliny (Lučenec, Filákov, Tornaľa, Rimavská Sobota a ďalšie obce hlavne v južnej časti kotliny). Hoci **priemerné ročné koncentrácie PM<sub>10</sub>** neboli v posledných rokoch prekročené na žiadnej z monitorovacích staníc NMSKO, modelovanie s vysokým rozlíšením indikuje prekročenia v Čiernom Balogu z dôvodu koncentrácie lokálnych kúrenísk na tuhé palivo a veľmi nepriaznivých rozptylových podmienok.

Z meraní na staniaciach NMSKO je na stanici Jelšava, Jesenského každoročne prekračovaný **maximálny počet prekročení priemernej dennej hodnoty koncentrácií PM<sub>10</sub>** 50 µg.m<sup>-3</sup>, v minulosti boli tieto prekročenia zaznamenané aj v Banskej Bystrici, Štefánikovo nábr. Modelovanie počtu prekročení denných limitných hodnôt je síce teoreticky možné, ale extrémne nepresné. Počet prekročení značne koreluje s priemernou ročnou koncentráciou PM na danom mieste, avšak parametre korelácie sú zvyčajne špecifické pre konkrétne miesto, resp. stanicu. V oblastiach s vysokými priemernými ročnými koncentraciami PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> je preto aj predpoklad výskytu vysokého počtu prekročení denných hodnôt PM<sub>10</sub>.

Podrobné mapy pre všetky modelované oblasti a znečisťujúce látky možno nájsť [tu](#).

Na **Obr. 4.6** sú zobrazené príspevky jednotlivých skupín zdrojov ku koncentráciám  $PM_{2,5}$  na stanicích NMSKO, spolu s nameranými hodnotami koncentrácií na stanicích. Vidno, že na všetkých stanicích dochádza k určitému podhodnoteniu koncentrácií modelom, na niektorých AMS obzvlášť v letných mesiacoch je toto podhodnotenie pomerne veľké (model nie je schopný adekvátne zachytiť napr. situácie s advekciou prachu zo suchých oblastí). Na stanici Banská Bystrica – Štefánikovo nábr. bolo meranie v roku 2021 ovplyvnené stavebnými prácami, podhodnotenie je však extrémne výrazné aj v prípade BaP. Najpravdepodobnejšou príčinou je podhodnotenie zdrojov emisií. Podobne na väčšine ostatných staníc zaznamenávame podhodnotenie pre BaP (**Obr. 4.3**) a  $PM_{10}$ . Dá sa teda predpokladať, že aj mapy koncentrácií sú pravdepodobne mierne podhodnotené a oblasti s prekročeniami je v skutočnosti viac, resp. sú plošne výraznejšie.

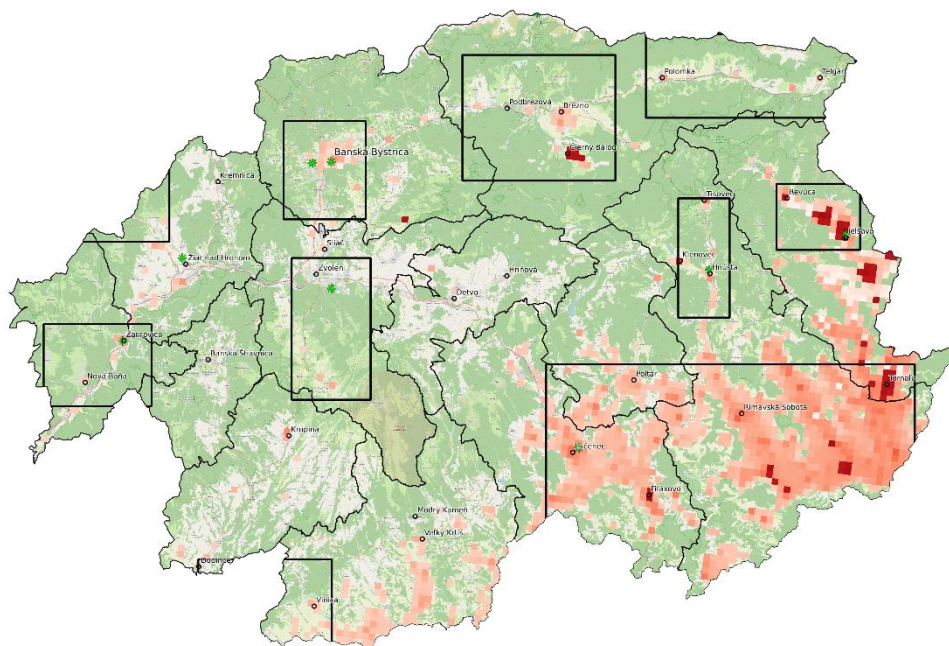


Domény<sup>2</sup> zahrnuté do modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením:

Banská Bystrica  
 Zvolen  
 Žarnovica a Nová Baňa  
 Brezno  
 Pohronie  
 Hnúšťa  
 Jelšava  
 Juhoslovenská kotlina  
 Južný Hont

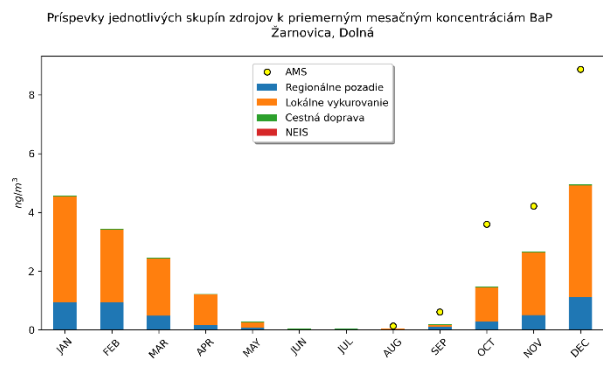
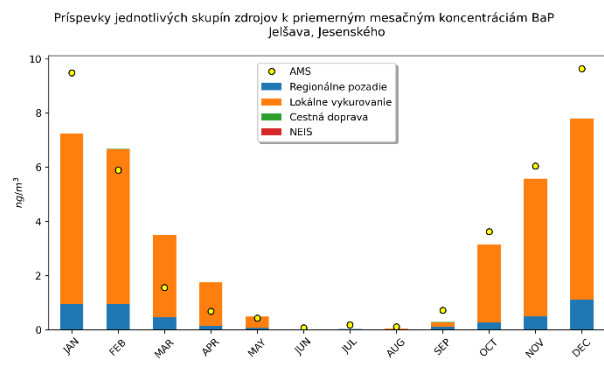
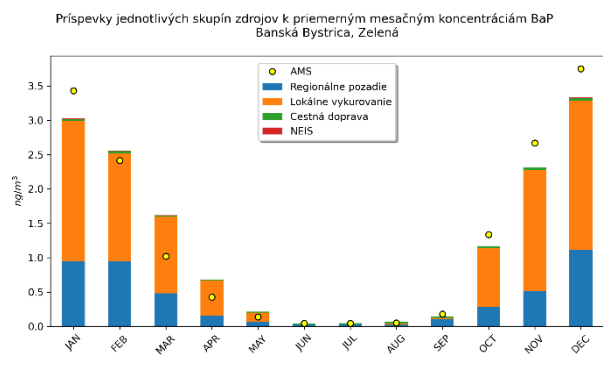
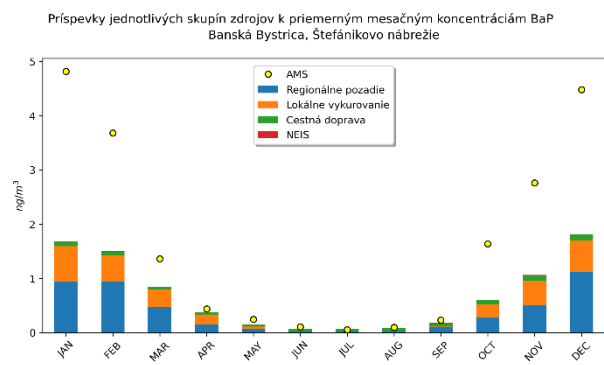
Stupne rizika zhoršenej kvality ovzdušia:  
 1  
 2  
 3

*Obr. 4.1 Zóna Banskobystrický kraj s vyznačenými katastrami obcí zaradených medzi oblasti riadenia kvality ovzdušia na základe metódy integrovaného posúdenia. Čiernymi obdĺžnikmi sú označené domény modelované modelmi s vysokým priestorovým rozlíšením.*

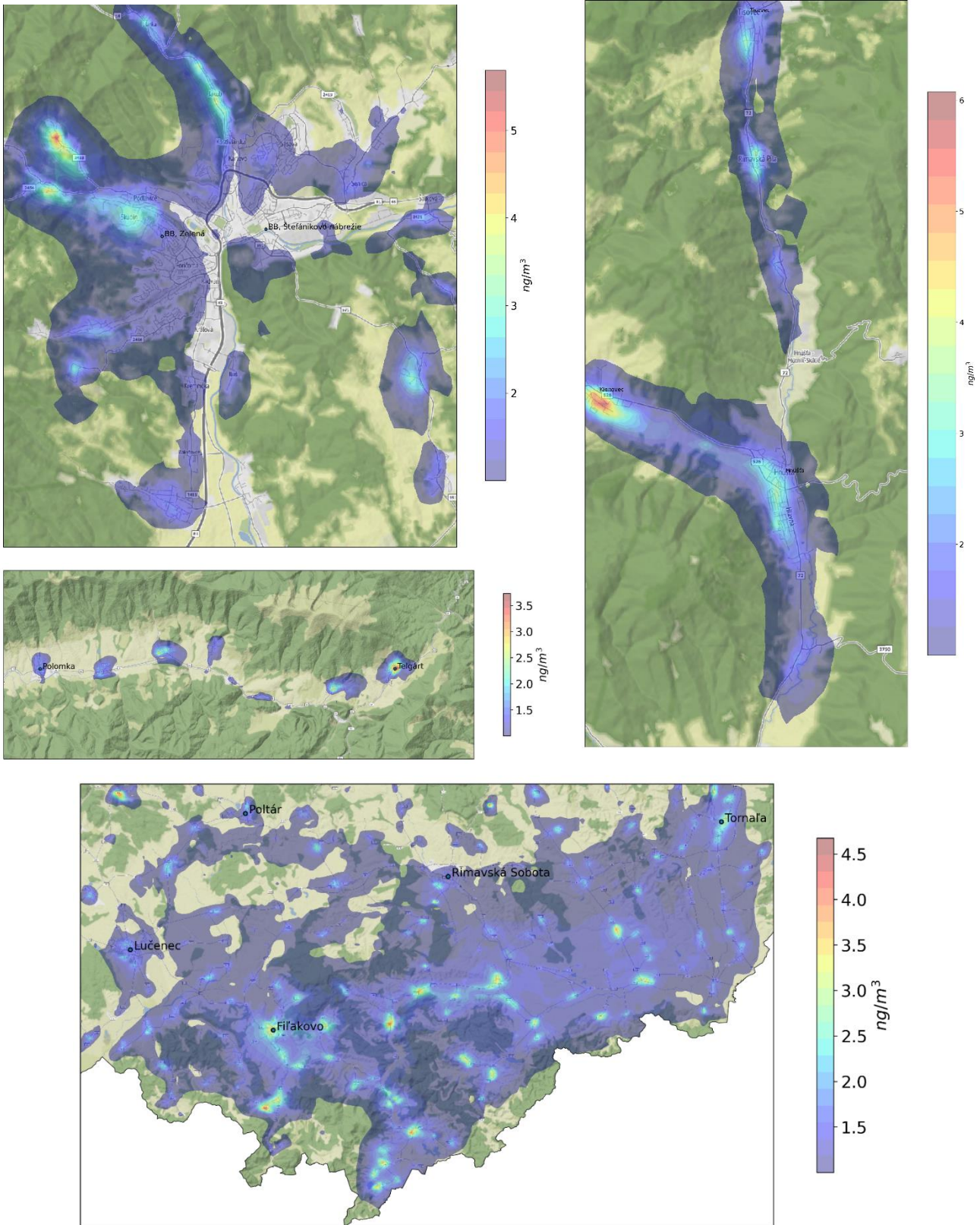


*Obr. 4.2 Oblasti prekročenia limitných hodnôt pre  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a BaP v zóne Banskobystrický kraj na základe modelovania regionálnym modelom RIO-IDWR pre rok 2021 (vyššia intenzita červenej indikuje relatívne vyššie prekročenie).*

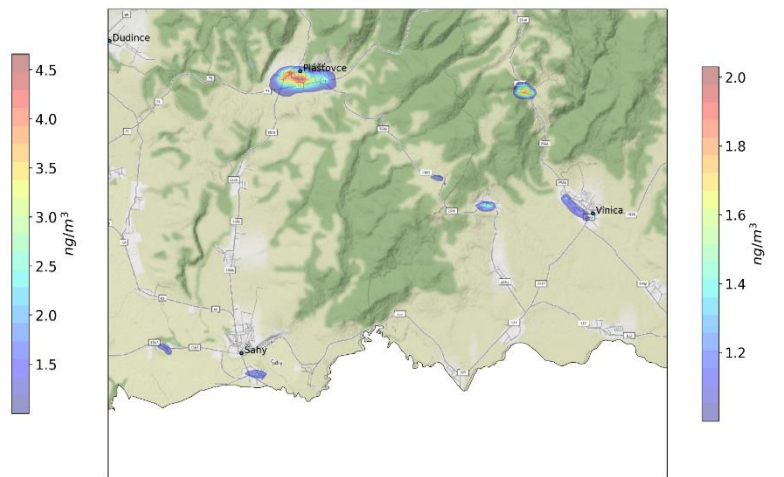
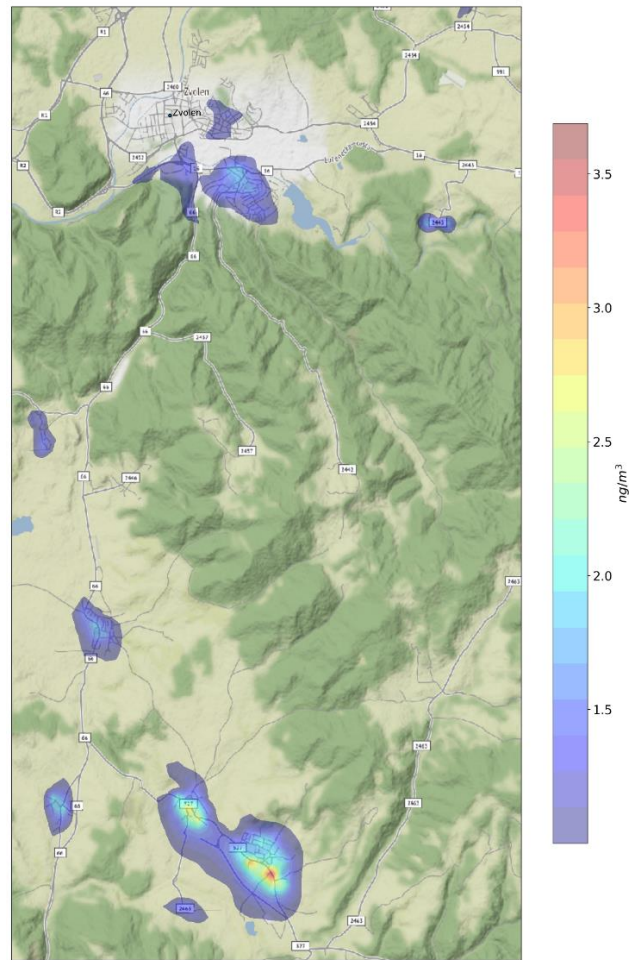
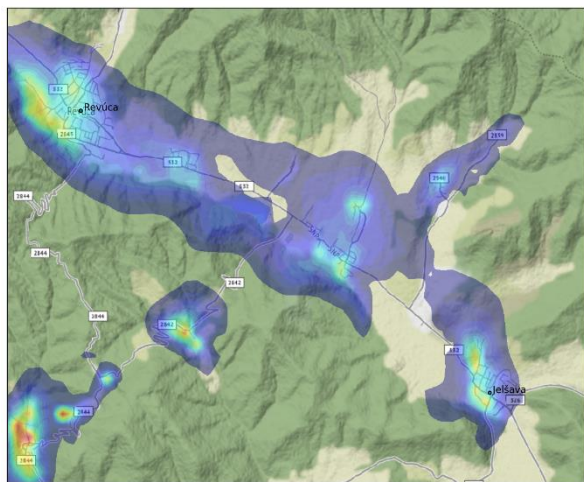
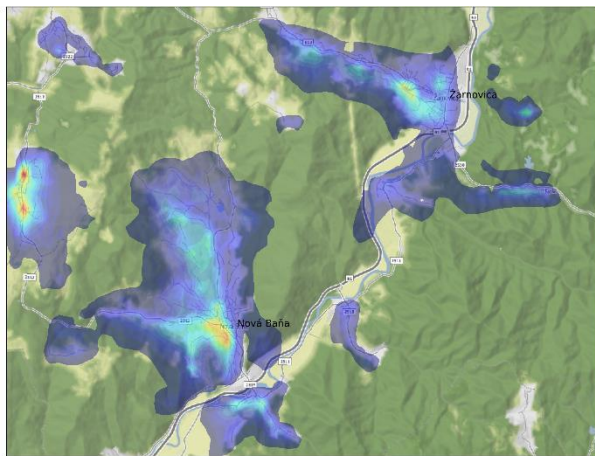
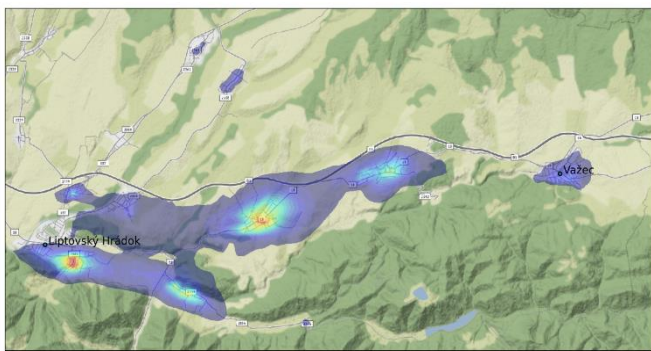
<sup>2</sup> Doménou rozumieme výpočtovú oblasť pre modelovanie s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF.



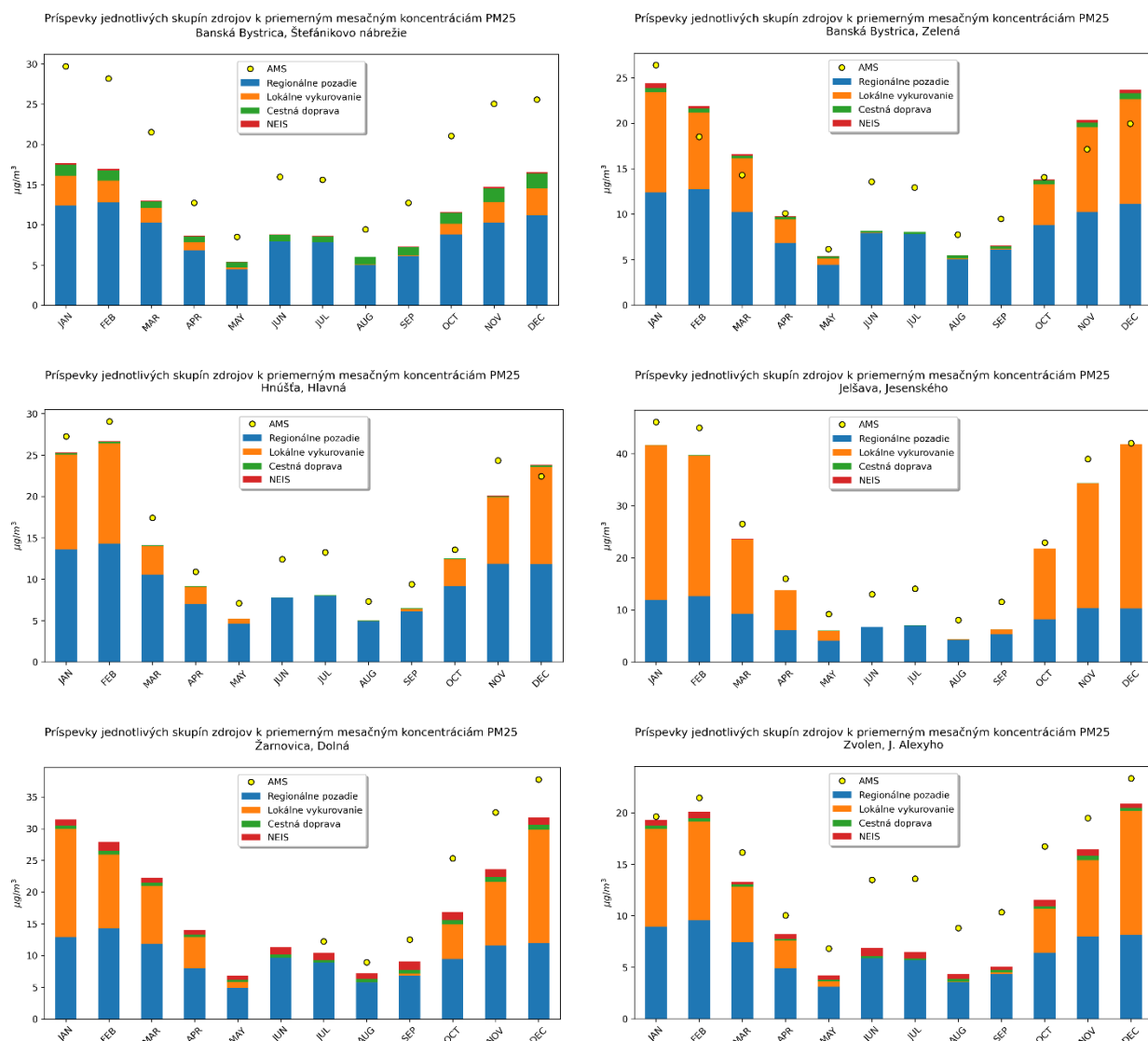
Obr. 4.3 Príspevky jednotlivých skupín zdrojov k priemerným mesačným koncentráciám BaP na staniách NMSKO v zóne.



Obr. 4.4 Priemerné ročné hodnoty koncentrácií BaP presahujúce cieľovú hodnotu  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$  vo vybraných oblastiach zóny Banskobystrický kraj, modelovaných pomocou modelov s vysokým rozlíšením.



Obr. 4.5 Priemerné ročné hodnoty koncentrácií BaP presahujúce cieľovú hodnotu  $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$  vo vybraných oblastiach zóny Banskobystrický kraj, modelovaných pomocou modelov s vysokým rozlíšením.



Obr. 4.6 Príspevky jednotlivých skupín zdrojov k priemerným ročným koncentráciám PM<sub>2,5</sub> na staniach NMSKO v zóne.

V súčasnosti sa pripravuje nová európska [Smernica o kvalite ovzdušia](#), ktorá podstatne sprísňuje v súčasnosti platné limitné hodnoty pre väčšinu znečisťujúcich látok. Tieto prísnejšie limity bude potrebné splniť do roku 2030. Programy na zlepšenie kvality ovzdušia by mali preto počítať so sprísnením požiadaviek na kvalitu ovzdušia. Z toho dôvodu sme vyhodnotili modelované koncentrácie aj vzhľadom na navrhované nové limity. Mapy prekročenia navrhovaných limitov, spolu s porovnaním prekračovania aktuálnych limitov pre všetky domény možno nájsť [tu](#).

Najmenej problematickou znečisťujúcou látkou je NO<sub>2</sub>, ktorého limitné hodnoty nie sú prekračované v žiadnej z modelovaných oblastí, a ani v rámci regionálneho modelovania modelom RIO-IDWR. V prípade PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> je už situácia značne odlišná. Zatiaľ čo súčasné priemerné ročné hodnoty koncentrácií PM<sub>10</sub> sú prekračované iba na malom území okolo Čierneho Balogu, o polovicu prísnejšia budúca limitná hodnota 20 µg.m<sup>-3</sup> by bola prekročená vo všetkých doménach, najviac však v doménach Brezno (Čierny Balog), Hnúšťa, Jelšava a Juhoslovenská kotlina. Priemerná ročná hodnota koncentrácií PM<sub>2,5</sub> je v súčasnosti prekračovaná síce v takmer všetkých modelovaných doménach, väčšinou však len na veľmi obmedzených územiach. Nová navrhovaná limitná hodnota 10 µg.m<sup>-3</sup> by bola prekročená vo všetkých doménach a väčšinou na podstatne rozsiahlejších územiach, v prípade Juhoslovenskej kotliny a Jelšavy prakticky na celom obývanom území. Rozsiahle územia prekročenia PM<sub>2,5</sub> vychádzajú aj v doménach Žarnovica a Nová Baňa, Hnúšťa, Južný Hont, Brezno a Banská Bystrica. Navrhovaná smernica tiež sprísňuje počet prekročení dennej limitnej koncentrácie PM<sub>10</sub> na 18 oproti súčasným 35, pričom priemernú dennú hodnotu koncentrácie znižuje z 50 na 45 µg.m<sup>-3</sup>. Zároveň zavádza aj limitnú hodnotu priemernej dennej koncentrácie PM<sub>2,5</sub> 25 µg.m<sup>-3</sup>, ktorú tiež nebude možné prekročiť viac ako 18 krát.

### **Analyza príspevkov jednotlivých skupín zdrojov k celkovým koncentráciám**

Príspevky jednotlivých skupín zdrojov možno vyhodnotiť buď na nejakom konkrétnom mieste, napríklad v miestach staníc NMSKO, alebo vo forme máp príspevkov jednotlivých skupín zdrojov, ktoré sú uvedené pre každú oblasť [tu](#). Na tomto mieste možno tiež nájsť grafy príspevkov na staniách NMSKO pre všetky znečisťujúce látky. Grafy pre BaP a PM<sub>2,5</sub> sú na **Obr. 4.3** a **Obr. 4.6**. (Grafy pre PM<sub>10</sub> majú veľmi podobný priebeh ako pre PM<sub>2,5</sub>). Na všetkých staniách zóny tvoria v zimných mesiacoch najvyšší príspevok ku koncentráciám PM lokálne kúreniská, väčšinou vyšší ako regionálne pozadie. Problematickou sa javí dopravná stanica Banská Bystrica – Štefánikovo nábrežie, kde model koncentrácie značne podhodnocuje. Toto podhodnotenie môže byť z veľkej časti spôsobené podhodnotením emisných zdrojov z vykurovania blízkyh obytných štvrtí (čomu nasvedčuje aj veľké podhodnotenie pre BaP), ale aj z cestnej dopravy. Navyše v tesnej blízkosti stanice prebiehali po celý rok stavebné práce, ktoré mali pravdepodobne priamy dopad na namerané koncentrácie emisiami zo stavebných mechanizmov a zvířeného prachu, ale aj nepriamo znečistením cesty a následnou resuspenziou prachu pod vplyvom cestnej premávky. Na staniách v Žarnovici a Zvolene je vidno aj vplyv zdrojov NEIS.

Podiel jednotlivých skupín emisných zdrojov je však v priestore premenlivý. Pri skúmaní priestorového rozloženia na mapkách si je potrebné všimnúť jednak polohu maxim celkových koncentrácií, a v miestach, kde sú koncentrácie relatívne vysoké, preskúmať na mapkách príspevkov lokálnych kúrenísk, NEIS a cestnej dopravy, ktorý sektor má v miestach týchto vysokých koncentrácií relevantný podiel. Vo všetkých doménach zóny však vidíme hlavné maximá koncentrácií v miestach lokálnych kúrenísk. V mestách ako Banská Bystrica a Zvolen je vidno aj silný vplyv dopravy, ktorý je však koncentrovaný v tesnej blízkosti hlavných dopravných tepien.

### **Regionálne pozadie**

Regionálne pozadie má najväčší vplyv v prípade PM. Súčasťou tohto pozadia je prenos zo susedných regiónov, ale aj vzdialenejších oblastí, príkladom čoho sú napr. epizódy saharského piesku ktoré sa vyskytujú niekoľkokrát za rok v zimnom aj letnom období. V tomto prípade ide hlavne o hrubšiu frakciu PM<sub>10</sub>. V južnej časti kraja má v niektorých situáciách pomerne vysoký podiel aj cezhraničný prenos z Maďarska. Treba si však uvedomiť, že počas stagnujúcich inverzných situácií, kedy dochádza k nízkemu prúdeniu vzduchu a v dolinách sa hromadí znečistenie z lokálnych zdrojov, podiel znečistenia pôvodom z iných regiónov na lokálnych koncentráciách PM je nízky.

### **Projekcie možných opatrení na zníženie koncentrácií BaP a PM**

Z predchádzajúcej analýzy vyplýva, že opatrenia je potrebné smerovať hlavne do sektora lokálnych kúrenísk. Zníženie emisií z lokálnych kúrenísk je možné dosiahnuť viacerými spôsobmi, najúčinnnejšie z nich sú zmena palivovej základne a výmena zastaraných vysoko-emisných vykurovacích zariadení za moderné nízko-emisné. Zmena palivovej základne môže nastať prechodom na iný zdroj energie – napríklad plyn alebo elektrinu, alebo využitím kvalitných palív s nižšími emisiami, ako sú dôkladne vysušené palivové drevo, drevené pelety alebo brikety. Ďalším efektívnym opatrením môže byť zníženie energetickej náročnosti domácností. Prvý spôsob prechodu na plyn alebo elektrinu je v súčasnej situácii finančne náročný a najmenej realistický, keďže vyžaduje okrem počiatocnej investície do nových zariadení aj permanentne vyššie poplatky za samotný zdroj energie. Preto sme sa pri analýze možných opatrení zamerali na ďalšie dve spomenuté možnosti – výmenu zariadení a palív. Modelovanie sme vykonali pre dva scenáre:

Scenár 1 - ("realistický") - výmena polovice odhorievacích a prehorievacích kotlov za splyňovacie, pri zachovaní podielu použitých palív. Tento scenár navyše počítá s tým, že všetko palivové drevo bude vysušené (na rozdiel od referenčného stavu, ktorý zahŕňal podiel mokrého a suchého dreva v pomere 45% a 55%).

Scenár 2 - ("ideálny") - výmena všetkých prehorievacích a odhorievacích kotlov za automatické a náhrada všetkých tuhých palív za suché drevo (resp. drevené pelety alebo brikety).

Tieto scenáre boli zvolené pre ilustráciu maximálneho efektu na koncentrácie znečisťujúcich látok, ktorý opatrenie tohto typu môže priniesť.

Koncentrácie znečisťujúcich látok vypočítané z týchto scenárov sme porovnali s koncentráciami referenčného scenára, ktorý predstavuje súčasný stav, resp. súčasný stav tak, ako ho poznáme. Výsledky možno nájsť [tu](#). Z výsledkov je zjavné, že takéto opatrenia znížia maximálne koncentrácie BaP aj plochy zasiahnuté prekročeniami limitných hodnôt, avšak ani scenár 2 nie je postačujúci na úplný pokles BaP pod limitnú hodnotu na všetkých miestach.

Slabou stránkou modelovania takto navrhnutých projekcií je, že zastúpenie jednotlivých vykurovacích zariadení použité v modelovaní je pre celý kraj jednotné (**Obr. 3.5**) keďže sme vychádzali zo štatistického prieskumu, v ktorom zahrnutá štatistická vzorka domácností nedovoľovala presnejšiu geografickú agregáciu zistených dát. Toto zastúpenie sa však môže líšiť v závislosti od lokality. V chudobnejších oblastiach bude zrejme zastúpenie starších prehorievacích a odhorievacích kotlov vyššie, a tak ich výmena môže viesť k väčšiemu efektu, ako bolo namodelované v našich scenároch.

Scenár, ktorý by zahŕňal znižovanie energetickej náročnosti zatepľovaním, sme nemodelovali z dôvodu nedostatočných informácií o aktuálnej miere zateplenia, obzvlášť v prípade starých domov. Jeho efekt je však viac-menej priamo úmerný energetickej úspore: napr. pri úspore 30% možno očakávať približne rovnakú redukciu emisií.

#### 4.4 Zhrnutie hodnotenia

Táto štúdia je hlavne cielená na vyhodnotenie rozsahu znečistenia ovzdušia v zóne, na zistenie miery vplyvu rôznych skupín zdrojov emisií na koncentrácie znečisťujúcich látok v dýchacej zóne a ich priestorové rozloženie, aby bolo možné zamerať opatrenia na zníženie emisií tam, kde je to najviac potrebné a kde to zároveň prinesie najvyšší efekt. Metóda, ktorá je na posúdenie použitá, zahŕňa simulovanie rozptylu znečisťujúcich látok zo zdrojov emisií v 9 vybraných doménach na území zóny Banskobystrického kraja pomocou deterministického matematického modelu CALPUFF pre modelovanie zdrojov NEIS a lokálnych kúrenísk, a modelov IFDM/OSPM pre modelovanie cestnej dopravy vrátane uličných kaňonov. Z výsledkov lokálneho modelovania zároveň berúc do úvahy výsledky regionálneho modelu pre celú zónu možno vyvodiť nasledujúce závery:

- Výsledky modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením vo vybraných doménach zóny poukazujú na pomerne rozsiahle oblasti prekračovania priemerných ročných limitných hodnôt BaP a to vo všetkých doménach, na mnohých miestach sú prekročenia mnohonásobné. V miestach monitorovacích staníc model koncentrácie BaP podhodnocuje.
- Prekračovanie aktuálnych limitných hodnôt priemerných ročných koncentrácií PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> sa vyskytuje menej často a na menších územiach ako v prípade BaP. V miestach monitorovacích staníc model koncentrácie PM podhodnocuje.
- Limitné hodnoty priemernej ročnej koncentrácie NO<sub>2</sub> nie sú prekračované ani podľa meraní ani podľa modelovania.
- Systematické podhodnocovanie všetkých modelovaných znečisťujúcich látok v miestach monitorovacích staníc v prípade modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením naznačuje, že koncentrácie sú podhodnotené celoplošne a skutočná situácia je skôr horšia, než sa javí z výsledkov modelovania.
- Najvyšší podiel na vysokých koncentráciách BaP, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> majú v celej zóne lokálne kúreniská na tuhé palivo.
- Opatrenia na zníženie emisií z lokálnych kúrenísk budú mať vplyv nielen na redukcii koncentrácií BaP, ale aj na PM. Opatrenia modelované podľa Scenáru 1 (výmena polovice prehorievacích a odhorievacích zariadení za nízkoemisné kotle na suché drevo a drevné pelety), ani podľa Scenáru 2 (výmena všetkých takýchto zariadení) pravdepodobne nebudú dostatočné na celoplošnú elimináciu všetkých prekročení. Prinesú však aspoň zníženie koncentrácií (pri maximách približne na polovičnú hodnotu) a redukcii zasiahnutých území. Ďalšou možnosťou je znižovanie energetickej náročnosti domácností podporou kompletného zatepľovania. Zníženie emisií potrebných na vykurovanie, a tým aj koncentrácií emitovaných ZL v ovzduší, je viac-menej priamo úmerné energetickej úspore. Na dosiahnutie výraznejšieho efektu bude zrejme potrebná kombinácia všetkých možných opatrení, vrátane podpory odklonu od tuhých palív.
- Modelovanie kvality ovzdušia je spojené s pomerne vysokou neurčitostou vyplývajúcou z matematickej formulácie modelu, jeho priestorového rozlíšenia, ale hlavne z kvality vstupných meteorologických a obzvlášť emisných dát.
  - Emisné dáta zahrnuté v modelovaní sú založené na dátach zo SODB 2021. Tieto dáta neboli získané priamym zisťovaním z domácností tak, ako to bolo v predchádzajúcom sčítaní, ale boli dodané jednotlivými obcami. Je otázne s akou presnosťou obce dokázali tieto dáta dodať, obzvlášť v prípade starých domov, pretože nemohli použiť priame zisťovanie z domácností.
  - Zisťovanie zastúpenia vykurovacích zariadení a jednotlivých druhov tuhých palív nebolo v SODB 2021 vykonávané. Pomerné zastúpenie použité v modelovaní pochádza zo štatistického zisťovania na obmedzenej vzorke domácností (Zemko a kol., 2020) a je dostupné v rozlíšení na jednotlivé kraje. Skutočné lokálne zastúpenie sa však môže líšiť v závislosti od ekonomickej situácie a vekového zastúpenia domov v danej lokalite.
  - Z uvedeného vyplýva, že na efektívnu aplikáciu opatrení v konkrétnej oblasti by bolo vhodné upresniť aktuálnu situáciu, a to najmä reálne pomerné zastúpenie využívaných palív a vykurovacích zariadení v danej oblasti a mieru zateplenia domov. Podľa týchto aktualizovaných informácií bude možné navrhnuť vhodnú kombináciu opatrení na dosiahnutie čo najväčšej redukcie emisií z lokálnych kúrenísk.



## POUŽITÁ LITERATÚRA

CMAQv5.2, 2017: Operational Guidance Document <https://www.cmascenter.org/cmaq/>

Dise N.B., Ashmore M., Belyazid S., Bleeker A., Bobbink R., De Vries W., Erisman J.W., Spranger T., Stevens C.J. & Van den Berg L. 2011. Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity. In *The European Nitrogen Assessment* (eds M.A. Sutton, C. Howard, J.W. Erisman, G. Billen, A. Bleeker, P. Greenfelt, H. van Grinsven & D.B. Grizzetti). Cambridge University Press, Cambridge.

EMEP/EEA, 2016, Air pollutant emission inventory guidebook.

[Online] <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>. Posledný prístup: 25.9.2023

Gadsdon R. S. and Power A. S. 2009. Quantifying local traffic contributions to NO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> concentrations in natural habitats. *Environmental Pollution* 157: 2845-2852

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

Krajčovičová J., Matejovičová J., Nemček V., 2020, High-resolution residential emission model for use in the air quality modelling, *Meteorologický časopis*, Ročník 23, číslo 1, ISSN 1335-339X, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 19.8.20.

Krajčovičová, J., Štefánik, D.: Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia. SHMÚ, 2023. dostupné: [https://www.shmu.sk/File/oko/studie\\_analyzy/Methodika\\_final\\_v2.pdf](https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Methodika_final_v2.pdf), posledný prístup 6.6.2023.

Lefebvre, Wouter & Van Poppel, Martine & Maiheu, Bino & Janssen, Stijn & Dons, Evi., 201: Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. *Atmospheric Environment*. 77. 325–337. 10.1016/j.atmosenv.2013.05.026.

Nordin, A., Sheppard, L.J., Strengborn, J., Bobbink, R., Gunnarsson, U., Hicks, W.K. & Sutton, M.A. 2011. New science on the effects of nitrogen deposition and concentrations of Natura 2000 sites. In *Nitrogen Deposition and Natura 2000: Science and practice in determining environmental impacts*. COST729/Nine/ESF/CCW/JNCC/SEI Workshop proceedings. COST (eds W.K. Hicks, C.P. Whitfield, W.J. Bealey & M.A. Sutton). Available from: <http://cost729.ceh.ac.uk/n2kworkshop>

Scire J.S., Robe F.R., Fernau M.E., Yamartino R.J.: *A User's Guide for the CALMET Meteorological Model*. Earth Tech, Inc., Concord, MA (2000a)

Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J.: *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*, Earth Tech, Inc. Concord, MA. (2000b)

SHMÚ, 2022, Správa o emisiách, dostupné: <https://oeab.shmu.sk/app/cmsSiteBoxAttachment.php?ID=107&cmsDataID=0>, posledný prístup 6.6.2022

Štátna ochrana prírody SR: <http://www.sopsr.sk/natura/index1.php?p=4&sec=5&kod=SKUEV0295>. Posledný prístup: 9.10.2020

Will-Wolf, S., 1981: Structure of corticolous lichen communities before and after exposure to emissions from a "clean" coal-fired generating station. *Bryologist*, 83: 281–295 (1981).

WHO air quality guidelines for Europe, 2nd edition, 2000: Effects of sulfur dioxide on vegetation: critical levels (<https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/who-air-quality-guidelines-for-europe,-2nd-edition,-2000-cd-rom-version>)

Zemko, M., Jonáček, Z., Szemesová, J., Zetochová, L., 2020: Závěry a výsledky z grantového projektu: Zlepšenie kvality účtov emisií do ovzdušia a rozšírenie poskytovaných časových radov so zameraním na vykurovanie domácností. *Meteorologický časopis* Ročník 23, číslo 1, ISSN 1335-339X, dostupné: <http://www.shmu.sk/sk/?page=31>, posledný prístup 19.8.20.