

Rozptylová studie města Brna

příloha 3: Vyhodnocení koncentrací
přízemního ozonu na území města
Brna



Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna

Rozptylová studie

Zadavatel

Masarykova univerzita

Realizace a zodpovědné osoby

Centrum dopravního výzkumu v. v. i.

Mgr. Roman Ličbinský, Ph.D.

ENVitech Bohemia s. r. o.

Mgr. Pavel Chaloupecký

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Ing. Lucie Hellebrandová

Český hydrometeorologický ústav

Mgr. Jáchym Brzezina, Ph.D.

Bucek s. r. o.

Mgr. Jakub Bucek

Počet stran: 12

Projektový manažer: Mgr. Roman Ličbinský, Ph.D.



Monitoring znečišťujících látek

Envitech Bohemia s. r. o.

Mgr. Pavel Chaloupecký

Mgr. Richard Kula

Ing. Jiří Komínek

Ing. Jaroslav Sucharda

Ing. Jana Minarčíková

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

Ing. Lucie Hellebrandová

David Kiča

Ing. David Marek

Ing. Martina Svobodová



Laboratorní analýzy a projektová dokumentace

Centrum dopravního výzkumu v. v. i.

Mgr. Roman Ličbinský, Ph.D.

Ing. Vilma Jandová

Mgr. Martina Bucková

RNDr. Jiří Huzlík, Ph.D.

Mgr. Jitka Hegrová, Ph.D.

Karel Effenberger



Analýza dat a hodnotící zprávy

Český hydrometeorologický ústav

Mgr. Jáchym Brzezina, Ph.D.

Ing. Zuzana Vránová



SEA a rozptylová studie

Bucek s. r. o.

Mgr. Jakub Bucek

Mgr. Daniela Fogašová

Mgr. Sylvie Grossmannová

OBSAH:

1. Úvod	2
2. Přízemní ozon a imisní limit	2
2.1. Přízemní ozon.....	2
2.2. Imisní limity	3
3. Imisní koncentrace přízemního ozonu měřené na měřících lokalitách na území města Brna	3
3.1. Stanice Automatizovaného imisního monitoringu	3
3.1.1. Vyhodnocení imisních koncentrací O_3 na stanicích AIM v letech 2012-2021	4
3.2. Měřicí stanice projektu „Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna“	7
3.2.1. Vyhodnocení imisních koncentrací O_3 na měřících lokalitách projektu	8
3.3. Prostorové rozložení imisních koncentrací přízemního ozonu	10
4. Imisní koncentrace přízemního ozonu dle modelového hodnocení ČHMÚ	11
4.1. Znečištění přízemním ozonem na území České republiky	11
4.2. Oblasti s překročením imisního limitu	13
5. Závěr	14

Seznam obrázků:

Obr. 1 : Vývoj maximálních 8hodinových průměrných koncentrace O_3 , 2012–2021	5
Obr. 2 : Vývoj 26. nejvyšších max. 8hodinových koncentrací O_3 za kalendářní rok, 2012–2021	5
Obr. 3 : Vývoj počtu dní s překroč. hodnotou IL pro max. 8-hod. koncentrace O_3 za kalen. rok, 2012–2021	6
Obr. 4 : Vývoj indexu AOT40, 2012–2021	6
Obr. 5 : Vývoj průměrných ročních koncentrací O_3 za kalendářní rok, 2012–2021	7
Obr. 6 : Umístění stanic AIM a měřících lokalit projektu na území města Brna	8
Obr. 7 : Průměrné koncentrace O_3 pro jednotlivé lokality měření v jednotlivých měřících kampaních	9
Obr. 8 : Průměrné koncentrace O_3 pro jednotlivé lokality měření za všechny měřící kampaně	9
Obr. 9 : Průměrné roční koncentrace O_3 na měřících stanicích na území města Brna	10
Obr. 10 : Maximální 8hodinové průměrné koncentrace O_3 na měřících stanicích a území města Brna	11
Obr. 11 : Pole 26. nejvyššího maximálního denního 8hod. klouzavého průměru koncentrace přízemního O_3 v průměru za 3 roky, 2019–2021	12
Obr. 12 : Pole hodnot expozičního indexu AOT40, průměr za 5 let, 2017–2021	12
Obr. 13 : Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví bez zahrnutí přízemního ozonu, rok 2021	13
Obr. 14 : Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví se zahrnutím přízemního ozonu, rok 2021	14

Seznam tabulek:

Tab. 1 : Imisní limity pro troposférický ozon	3
Tab. 2 : Naměřené hodnoty na stanicích AIM, maximální 8hodinové průměrné koncentrace O_3	5
Tab. 3 : Naměřené hodnoty na stanicích AIM, 26. nejvyšší max. 8hodinová koncentrace O_3	5
Tab. 4 : Naměřené hodnoty na stanicích AIM, četnost překročení IL pro max. 8-hod. koncentrace O_3	6
Tab. 5 : Naměřené hodnoty na stanicích AIM, index AOT40	6
Tab. 6 : Naměřené hodnoty na stanicích AIM, průměrné roční koncentrace O_3	7
Tab. 7 : Vývoj plochy oblastí s překročením IL pro ochranu zdraví bez a se zahrnutím přízemního ozonu, aglomerace Brno	14

1. Úvod

Ozon je anorganická molekula tří atomů kyslíku. Za normálních podmínek se jedná o vysoce reaktivní plyn charakteristického zápachu s mimořádně silnými oxidačními účinky. Jeho prospěšnost nebo škodlivost závisí na místě jeho výskytu a koncentracích.

Výskyt ozonu v atmosféře je závislý na výšce nad zemským povrchem. Nejvyšších koncentrací dosahuje ozon ve stratosféře, kde tvoří tzv. ozonovou vrstvu (výška cca 20-40 km nad zemským povrchem). Stratosférický ozon zachycuje většinu ultrafialového záření (UV-B) přicházejícího ze Slunce, a je tak někdy označován za nezbytnou podmínku života na zemi. Narušování ozonové vrstvy vede ke změně klimatu, s možnými následky na živé organismy.

Troposférický ozon se vyskytuje v nižší vrstvě atmosféry, v blízkosti zemského povrchu. Proto je označován i jako přízemní ozon. Přízemní ozon je považován za látku znečišťující ovzduší, která může mít negativní vliv na lidské zdraví. Koncentrace přízemního ozonu jsou proto pravidelně monitorovány a vyhodnocovány. Překročení prahových hodnot koncentrací přízemního ozonu v ovzduší pak může být příčinou pro vyhlášení smogové situace.

Vyhodnocení koncentrací přízemního ozonu na území města Brna bylo provedeno na základě dostupných dat, zejména imisních koncentrací měřených na stanicích AIM, měření koncentrací přízemního ozonu prováděné v rámci projektu Monitoring a opatření ke zlepšení kvality ovzduší na území města Brna“ a modelového hodnocení koncentrací přízemního ozonu v ovzduší, prováděného Českým hydrometeorologickým ústavem.

2. Přízemní ozon a imisní limit

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, považuje přízemní ozon za znečišťující látku, pro kterou stanovuje imisní limity. Jedná se přitom o znečišťující látku vyskytující se v ovzduší, která může mít škodlivé účinky na lidské zdraví, ale nemající vlastní významný zdroj emisí na zemském povrchu. Koncentrace přízemního ozonu jsou závislé na koncentracích prekurzorů jeho vzniku a meteorologických podmínkách. Nelze je tak ovlivňovat přímo (např. snižováním emisí).

2.1. Přízemní ozon

Přízemní (troposférický) ozon je tzv. sekundární znečišťující látkou, která nemá vlastní významný zdroj. Vzniká komplexními sekundárními fotochemickými reakcemi v ovzduší, především pak reakcemi oxidů dusíku (NO_x) a těkavých organických látek (VOC). NO_x vznikají při veškerých spalovacích procesech. VOC jsou emitovány z celé řady zdrojů antropogenních (doprava, manipulace s ropou a jejími deriváty, rafinerie, použití barev a rozpouštědel atd.), ale i přirozených (např. biogenní emise z vegetace).

Vznik přízemního ozonu je závislý především na meteorologických podmínkách. Obecně platí, že vyšší koncentrace O_3 jsou sledovány v období s vyššími teplotami a vyšším množstvím UV záření (jasné dny), a naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Nejnižší koncentrace O_3 bývají měřeny na dopravních měřicích stanicích, kde dochází k reakcím NO (emitovaný z dopravy) a O_3 za vzniku NO_2 a O_2 .

Ozón má silně dráždivé účinky na oční spojivky a dýchací cesty a ve vyšších koncentracích způsobuje ztížené dýchání a zánětlivou reakci sliznic v dýchacích cestách. Zvýšeně citlivé vůči expozici ozónu jsou osoby s chronickými obstrukčním onemocněním plic a astmatem. Krátkodobá i dlouhodobá expozice ozónu ovlivňuje respirační nemocnost i úmrtnost. Chronická expozice ozónu zvyšuje četnost hospitalizací pro zhoršení astmatu u dětí a pro akutní zhoršení kardiovaskulárních a respiračních onemocnění u starších osob (SZÚ, 2022). Přízemní ozon rovněž poškozují vegetaci a ovlivňuje růst rostlin.

2.2. Imisní limity

Zákon č. 201/2012 Sb. stanovuje imisní limity pro troposférický ozon vyhlášené za účelem ochrany zdraví lidí a ochrany vegetace. Imisní limit pro ochranu zdraví lidí je vymezen jako maximální denní 8hodinový průměr se stanovenou limitní koncentrací a maximálním počtem jejího překročení. Plnění imisního limitu pro ochranu zdraví se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky. Imisní limit pro ochranu vegetace definuje index AOT40, který hodnotí pouze letní koncentrace v denním období (květen–červenec, 8-20 hod). Plnění limitu pro ochranu vegetace (AOT40) se vyhodnocuje na základě průměru za 5 kalendářních let. Přehled imisních limitů pro přízemní ozon, platných dle stávající legislativy je uveden v tabulce níže (Tab. 1).

Tab. 1: Imisní limity pro troposférický ozon

Účel vyhlášení	Doba průměrování	Imisní limit	Maximální počet překročení
Ochrana zdraví lidí ⁽¹⁾	max. denní osmihodinový průměr ⁽²⁾	120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	25 ⁽³⁾
Ochrana vegetace ⁽⁴⁾	AOT40 ⁽⁵⁾	18000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ ⁽⁶⁾	0

Poznámky

- (1) Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky;
- (2) Maximální denní osmihodinová průměrná koncentrace se stanoví posouzením osmihodinových klouzavých průměrů počítaných z hodinových údajů a aktualizovaných každou hodinu. Každý osmihodinový průměr je připsán dni, ve kterém končí, tj. první výpočet je proveden z hodinových koncentrací během periody 17:00 předešlého dne a 01:00 daného dne. Poslední výpočet pro daný den se provede pro periodu od 16:00 do 24:00 hodin;
- (3) V případě dodržení imisního limitu při maximálním počtu překročení v zóně nebo aglomeraci je třeba usilovat o dosažení nulového počtu překročení;
- (4) Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 5 kalendářních let;
- (5) Pro účely tohoto zákona AOT40 znamená součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací větší než 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (=40 ppb) a hodnotou 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v dané periodě užitím pouze hodinových hodnot změřených každý dne mezi 08:00 a 20:00 SEČ, vypočtený z hodinových hodnot v letním období (1. května – 31. července);
- (6) V případě dodržení imisního limitu v zóně nebo aglomeraci ve výši 18000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ je třeba usilovat o dosažení imisního limitu ve výši 6000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$.

3. Imisní koncentrace přízemního ozonu měřené na měřicích lokalitách na území města Brna

3.1. Stanice Automatizovaného imisního monitoringu

Na území města Brna jsou v současnosti koncentrace přízemního ozonu měřeny na 4 měřicích stanicích Automatizovaného imisního monitoringu. Jedná se o měřicí stanice AIM:

- Brno – Dětská nemocnice,
- Brno – Arboretum,
- Brno – Lány
- Brno – Tuřany.

Do roku 2018 byly koncentrace O_3 měřeny i na stanici AIM Brno – Zvonařka. Umístění měřicích stanic AIM, na kterých probíhá, nebo v minulosti probíhalo měření koncentrací přízemního ozonu je zobrazeno na Obr. 6. Základní charakteristiky těchto stanic imisního monitoringu jsou uvedeny níže¹. Lokality imisního monitoringu, na kterých neprobíhá měření O_3 zde nejsou uváděny.

Lokalita Brno – Dětská nemocnice

Stanice Brno – Dětská nemocnice (BBDN) se nachází v areálu dětské nemocnice v Brně – Černých Polích. Stanice je umístěna v mírně vyvýšené poloze, otevřená na centrum Brna v nadmořské výšce 225 m n. m. Dle klasifikace Eol je stanice charakterizovaná jako požadová, typ zóny městská, charakteristika zóny obytná, obchodní. Reprezentativnost lokality je oblastního měřítka – městské nebo venkov (4–50 km). Cílem měření je určení nejvyšší koncentrace znečišťující látky v oblasti. Automatizovaný měřicí program je v provozu trvale od 1.1.2014, měření aktivními samplery od roku 2016.

¹ Informace o lokalitách, vč. číselných údajů u dopravních stanic, byly převzaty z databáze ISKO (Seznam lokalit měření emisí).

Lokalita Brno – Arboretum

Stanice Brno-Arboretum (BBMA) se nachází v areálu Arboreta Mendelovy univerzity v Brně směrem k objektu Tř. gen. Píky 3 (11 tis. vozidel/den – z toho 5 % nákladní dopravy, rychlost dopravního proudu – 70 km/h), ve vzdálenosti 105 m. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 250 m n. m. Dle klasifikace Eol je stanice charakterizovaná jako pozadová, typ zóny městská, charakteristika zóny obytná, přírodní. Reprezentativnost lokality je oblastního měřítka – městské nebo venkov (4–50 km). Cílem měření je stanovení reprezentativní koncentrace pro osídlené části území. Automatizovaný měřicí program je v provozu trvale od 27.10.2012.

Lokalita Brno – Lány

Stanice Brno – Lány (BBML) je umístěna v městské části Brno – Bohunice (JZ města Brna), v těsné blízkosti areálu SOŠ zahradní a SOU (travní podrost), na který navazují zahrady blízkých rodinných domů. Dálnice D1 (60 tis. vozidel/den, z toho 22 % nákl. dopravy) ve vzdálenosti 415 m, rychlost dopravního proudu 0 až 130 km. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 228 m n. m. Dle klasifikace Eol je stanice charakterizovaná jako pozadová, typ zóny předměstská, charakteristika zóny obytná, přírodní. Reprezentativnost lokality je okrskového měřítka (0,5 až 4 km). Cílem měření je stanovení reprezentativní koncentrace pro osídlené části území. Automatizovaný měřicí program ve správě SMB je v provozu od 1.1.2000.

Lokalita Brno – Tuřany

Stanice AIM Brno – Tuřany (BBNY) se nachází v prostoru letiště Brno – Tuřany. Lokalita leží v jihovýchodní části Brna, oproti centru města leží ve vyšší nadmořské výšce na tzv. Tuřanské terase. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 241 m n. m. Dle klasifikace Eol je stanice charakterizovaná jako pozadová, typ zóny předměstská, charakteristika zóny obytná. Reprezentativnost lokality je oblastního měřítka – městské nebo venkov (4–50 km). Cílem měření je určení nejvyšší koncentrace znečišťující látky v oblasti. Automatizovaný měřicí program je zde v provozu trvale od 1.1.1994.

Lokalita Brno – Zvonařka

Stanice Brno – Zvonařka (BBMZ) byla umístěna v centru města Brna nedaleko autobusového nádraží Zvonařka. Stanice je v uliční zeleni, před objektem Opuštěná 2, oblast ÚAN Zvonařka, VMO (43 tis. vozidel/den – z toho 10 % nákladní dopravy, rychlost dopravního proudu – 40 km/hod, vzdálenost stanice od vozovky – 10 m, vzdálenost od křižovatky – 50 m, od zastávky MHD (bus) – 12 m). Stanice je umístěna v nadmořské výšce 200 m n. m. Dle klasifikace Eol je stanice charakterizovaná jako dopravní, typ zóny městská, charakteristika zóny obchodní. Reprezentativnost lokality je mikroměřítka (několik m až 100 m). Cílem měření bylo stanovení reprezentativní koncentrace pro osídlené části území. Automatizovaný měřicí program ve správě SMB zde byl v provozu od 1.1.2000 do 31.8.2018, kdy byla nahrazena stanicí BBMZ umístěnou na stejné lokalitě. Po změně klasifikace a kódového označení lokality v roce 2018 již nebyly v této lokalitě měřeny koncentrace přízemního ozonu.

3.1.1. Vyhodnocení imisních koncentrací O₃ na stanicích AIM v letech 2012-2021

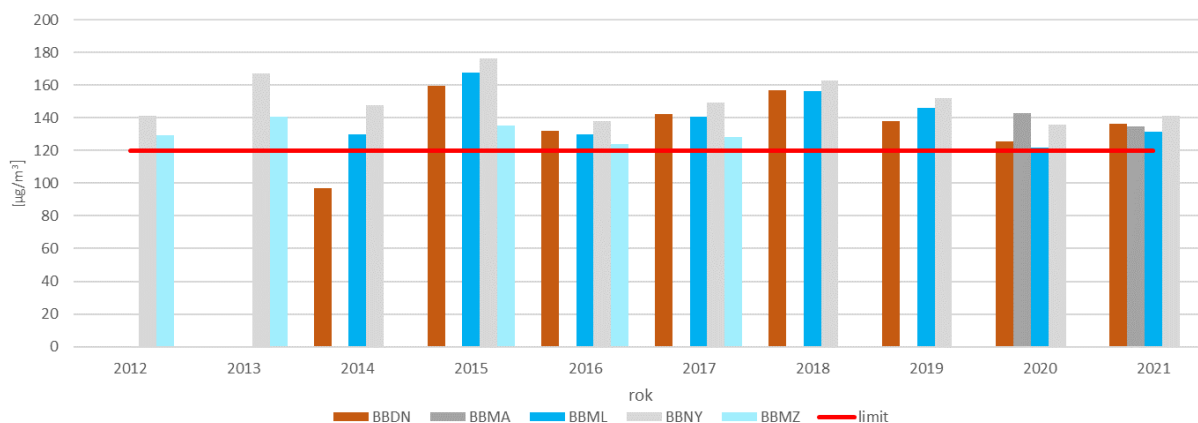
Koncentrace přízemního ozonu naměřené na měřicích stanicích AIM na území města Brna v letech 2012-2021 jsou uvedeny níže tabelárně i graficky. Případy překročení imisních limitů nejsou v tabulkách vyznačeny, neboť plnění limitu se vyhodnocuje za základě průměru za 3, resp. 5 kalendářních let (viz kap. 2.2 Imisní limity). Údaje jsou doplněny o průměrnou a střední hodnotu naměřených koncentrací za celé období a průměrnou hodnotou naměřených koncentrací za poslední 3 roky (pro max. 8hodinové koncentrace) a posledních 5 let (pro AOT40).

Tab. 2: Naměřené hodnoty na stanicích AIM, maximální 8hodinové průměrné koncentrace O₃

Kód stanice	Název stanice	období										12-21		19-21
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	průměr	medián	průměr
BBDN	Brno - Dětská nemocnice	-	-	97,2	159,4	131,8	142,0	156,6	137,9	125,8	136,4	135,9	137,2	133,4
BBMA	Brno-Arboretum	-	-	-	-	-	-	-	-	142,7	134,5	138,6	138,6	138,6
BBML	Brno-Lány	-	-	129,9	167,7	129,6	140,4	156,2	146,3	121,6	131,5	140,4	136,0	133,1
BBNY	Brno-Tuřany	141,0	167,0	147,6	176,0	137,8	149,4	162,5	152,2	135,7	141,1	151,0	148,5	143,0
BBMZ	Brno-Zvonařka	129,3	140,7	-	135,4	123,9	128,3	-	-	-	-	131,5	129,3	-

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou v jednotkách $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit pro maximální 8-hodinové průměrné koncentrace O₃ je na úrovni $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s přípustnou četností překročení 25 dnů za rok (jako průměr za 3 kalendářní roky).

Obr. 1: Vývoj maximálních 8hodinových průměrných koncentrací O₃, 2012–2021



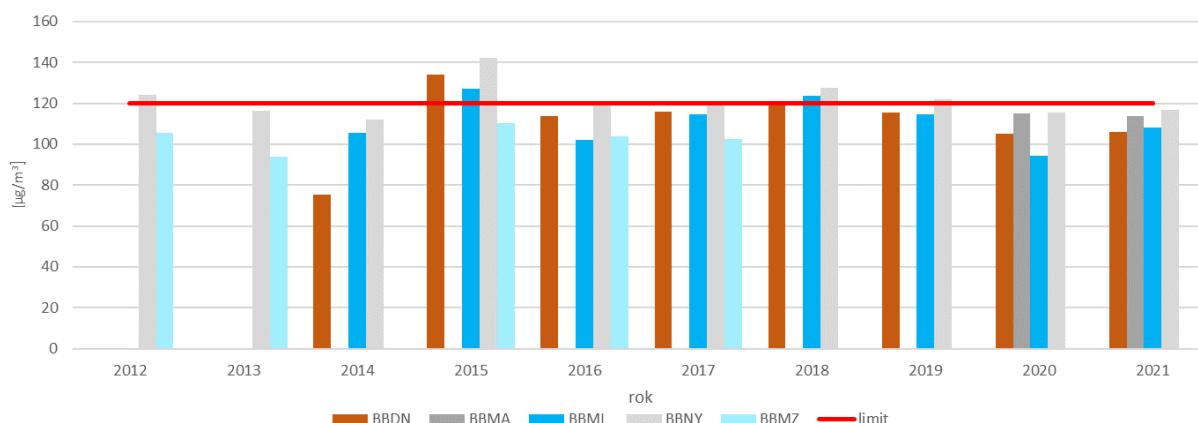
Pozn.: Hodnota imisního limitu je pouze orientační. Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.

Tab. 3: Naměřené hodnoty na stanicích AIM, 26. nejvyšší max. 8hodinová koncentrace O₃

Kód stanice	Název stanice	období										12-21		19-21
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	průměr	medián	průměr
BBDN	Brno - Dětská nemocnice	-	-	75,5	134,0	113,7	115,9	121,3	115,3	105,2	105,9	110,9	114,5	108,8
BBMA	Brno-Arboretum	-	-	-	-	-	-	-	-	115,2	113,6	114,4	114,4	114,4
BBML	Brno-Lány	-	-	105,4	127,2	102,1	114,6	123,7	114,8	94,2	108,2	111,3	111,4	105,7
BBNY	Brno-Tuřany	124,0	116,4	112,2	142,1	120,7	119,5	127,7	121,9	115,6	116,9	121,7	120,1	118,1
BBMZ	Brno-Zvonařka	105,7	94,1	-	110,5	103,9	102,7	-	-	-	-	103,4	103,9	-

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou v jednotkách $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit pro maximální 8-hodinové průměrné koncentrace O₃ je na úrovni $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s přípustnou četností překročení 25 dnů za rok (jako průměr za 3 kalendářní roky).

Obr. 2: Vývoj 26. nejvyšších max. 8hodinových koncentrací O₃ za kalendářní rok, 2012–2021



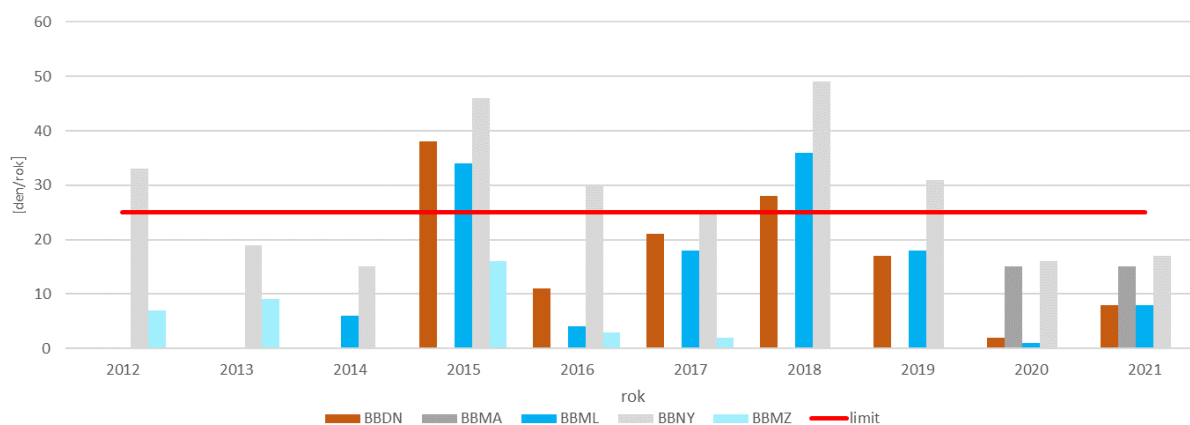
Pozn.: Hodnota imisního limitu je pouze orientační. Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.

Tab. 4: Naměřené hodnoty na stanicích AIM, četnost překročení IL pro max. 8-hod. koncentrace O₃

Kód stanice	Název stanice	období										12-21		19-21
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	průměr	medián	průměr
BBDN	Brno - Dětská nemocnice	-	-	0	38	11	21	28	17	2	8	16	14	9
BBMA	Brno-Arboretum	-	-	-	-	-	-	-	-	15	15	15	15	15
BBML	Brno-Lány	-	-	6	34	4	18	36	18	1	8	16	13	9
BBNY	Brno-Tuřany	33	19	15	46	30	25	49	31	16	17	28	28	21
BBMZ	Brno-Zvonařka	7	9	-	16	3	2	-	-	-	-	7	7	-

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou v jednotkách den/rok. Imisní limit pro maximální 8-hodnové průměrné koncentrace O₃ je na úrovni 120 µg/m³ s přípustnou četností překročení 25 dnů za rok (jako průměr za 3 kalendářní roky).

Obr. 3: Vývoj počtu dní s překroč. hodnotou IL pro max. 8-hod. koncentrace O₃ za kalen. rok, 2012–2021



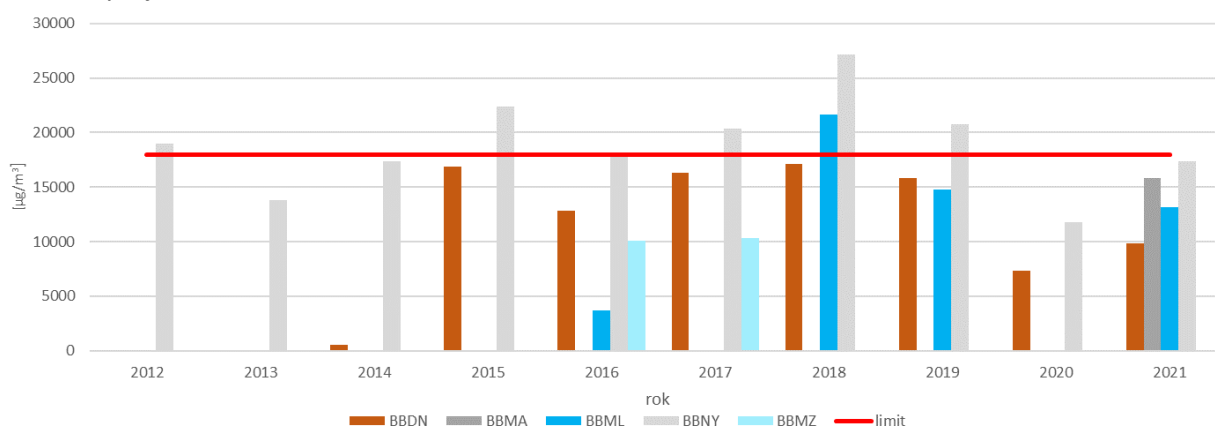
Pozn.: Hodnota imisního limitu je pouze orientační. Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.

Tab. 5: Naměřené hodnoty na stanicích AIM, index AOT40

Kód stanice	Název stanice	období										12-21		17-21
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	průměr	medián	průměr
BBDN	Brno - Dětská nemocnice	-	-	565,8	16891,6	12846,7	16339,5	17145,9	15815,5	7317,8	9812,9	12092,0	14331,1	13286,3
BBMA	Brno-Arboretum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15864,6	15864,6	15864,6	15864,6
BBML	Brno-Lány	-	-	-	-	3683,9	-	21669,6	14750,6	-	13150,0	13313,5	13950,3	16523,4
BBNY	Brno-Tuřany	18946,9	13835,5	17408,6	22421,3	18076,9	20346,9	27166,4	20783,6	11798,0	17347,8	18813,2	18511,9	19488,5
BBMZ	Brno-Zvonařka	-	-	-	-	10109,5	10330,3	-	-	-	-	10219,9	10219,9	10330,3

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou v jednotkách µg/m³. Imisní limit pro charakteristiku AOT40 je 18 000 µg/m³. Plnění limitu se vyhodnocuje průměrem za 5 kalendářních let.

Obr. 4: Vývoj indexu AOT40, 2012–2021



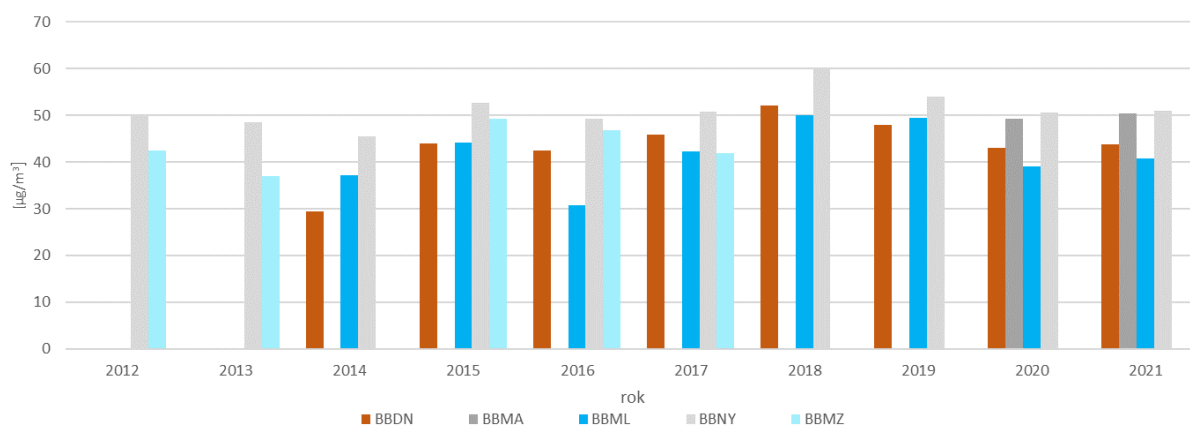
Pozn.: Hodnota imisního limitu je pouze orientační. Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 5 kalendářních let.

Tab. 6: Naměřené hodnoty na stanicích AIM, průměrné roční koncentrace O₃

Kód stanice	Název stanice	období										12-21	
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	průměr	medián
BBDN	Brno - Dětská nemocnice	-	-	29,4	44	42,4	45,9	52,1	48	43	43,7	43,6	43,9
BBMA	Brno-Arboretum	-	-	-	-	-	-	-	-	49,2	50,3	49,8	49,8
BBML	Brno-Lány	-	-	37,1	44,2	30,7	42,2	50	49,5	39,1	40,8	41,7	41,5
BBNY	Brno-Tuřany	49,8	48,5	45,5	52,6	49,3	50,7	59,8	54	50,6	51	51,2	50,7
BBMZ	Brno-Zvonařka	42,5	36,9	-	49,2	46,8	41,9	-	-	-	-	43,5	42,5

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou v jednotkách $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit pro průměrné roční koncentrace O₃ není stávající legislativou stanoven.

Obr. 5: Vývoj průměrných ročních koncentrací O₃ za kalendářní rok, 2012–2021



Pozn.: Imisní limit pro průměrné roční koncentrace O₃ není stávající legislativou stanoven.

Z výše uvedených dat vyplývá, že imisní limit pro maximální 8hodinové koncentrace O₃ je na všech měřících stanicích na území města Brna pod úrovní imisního limitu. Za poslední 3 kalendářní roky byla 26. nejvyšší max. 8hodinová koncentrace O₃ na úrovni vyšší než $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pouze v roce 2019 na stanici Brno – Tuřany. Průměrná četnost překročení IL $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro maximální 8hodinové koncentrace O₃ počítána za poslední 3 roky na žádné měřící stanici nepřesáhla povolenou hodnotu 25 dnů.

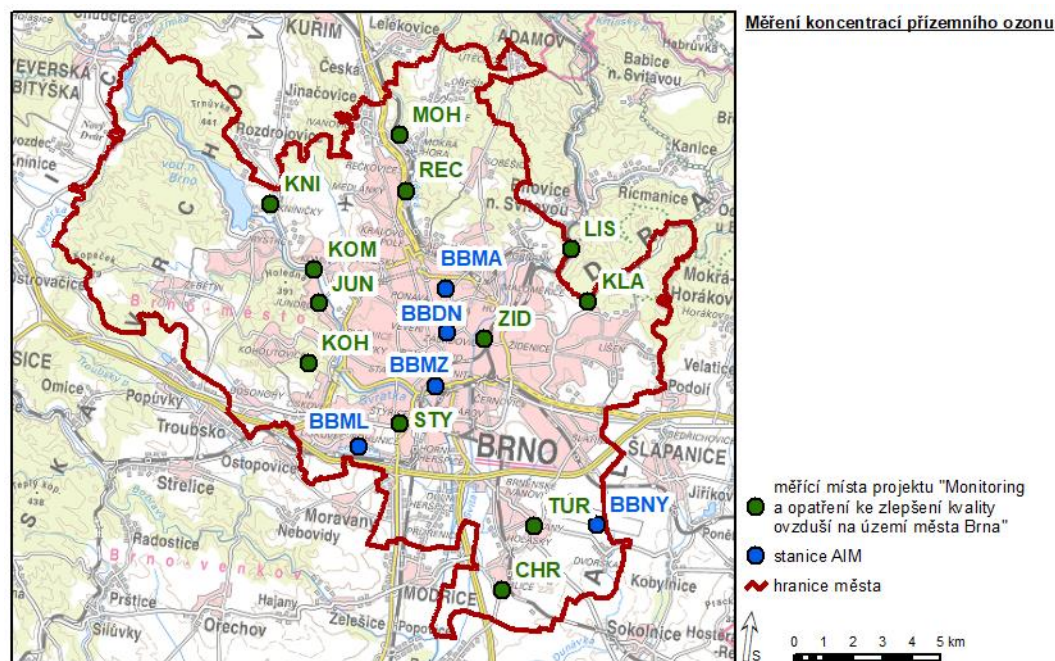
Plnění imisního limitu pro index AOT40 (koncentrace přízemního ozonu v letním období, v denní době) se vyhodnocuje průměrem za 5 kalendářních let. Z dat naměřených na stanicích AIM vyplývá, že průměrná 5-letá koncentrace AOT40 na stanici Brno - Tuřany překračuje imisní limit. Na ostatních stanicích AIM byl za uplynulé pětileté období tento limit splněn. Dle zákona o ochraně ovzduší (zákon č. 201/2012 Sb.) je v případě dodržení imisního limitu v zóně nebo aglomeraci ve výši $18\,000 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}$ třeba usilovat o dosažení imisního limitu ve výši $6\,000 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}$.

3.2. Měřící stanice projektu „Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna“

Jako součást projektu „Monitoring a opatření ke zlepšení kvality ovzduší na území města Brna“ (dále jen projekt) byl proveden monitoring kvality ovzduší na 12 lokalitách na území města Brna, a to včetně měření koncentrací přízemního ozonu. Měření bylo provedeno ve 4 etapách, odpovídajících 4 ročním obdobím (únor 2022 až leden 2023). Popis jednotlivých měřících lokalit je součástí závěrečné zprávy monitoringu², a není zde proto uváděn. Umístění měřících míst je zobrazeno na obrázku níže (Obr. 6).

² Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna – Závěrečná zpráva, Centrum dopravního výzkumu v. v. i. a kol., 06/2023

Obr. 6: Umístění stanic AIM a měřících lokalit projektu na území města Brna



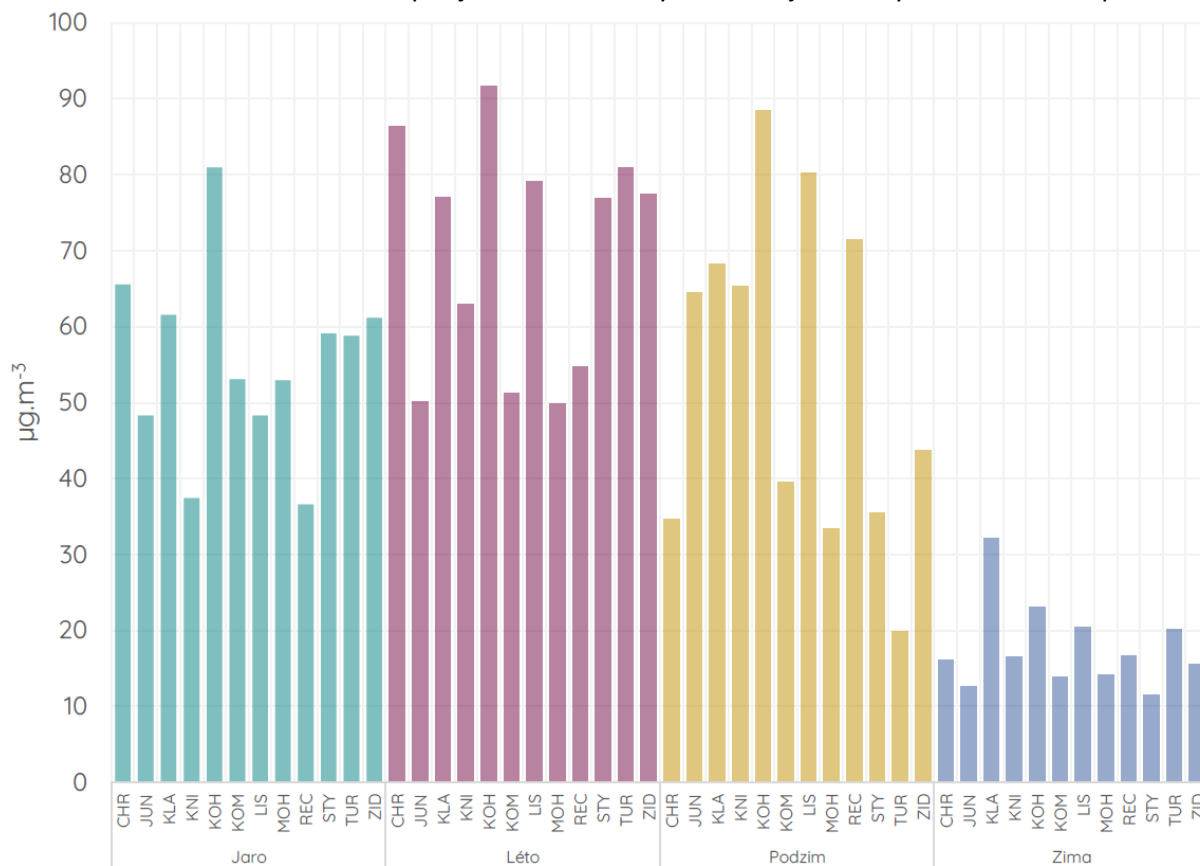
3.2.1. Vyhodnocení imisních koncentrací O_3 na měřících lokalitách projektu

Vyhodnocení výsledků měření bylo zpracováno jako samostatná dílčí část projektu „Monitoring a opatření ke zlepšení kvality ovzduší na území města Brna“. Souhrn a závěrečné zhodnocení veškerých výsledků měření prováděného v rámci monitoringu je součástí závěrečné zprávy monitoringu³. Níže jsou uvedeny texty a grafy převzaté z této závěrečné zprávy, zobrazující naměřené průměrné koncentrace přízemního ozonu za jednotlivé měřící kampaně a všechny kampaně.

Vzhledem k definici imisních limitů pro přízemní ozon, a způsobu jejich vyhodnocování (průměr za víceleté období) nebylo možné z naměřených dat provést vyhodnocení plnění imisních limitů. Nejvyšší koncentrace přízemního ozonu byly měřeny v letní kampani, vysoké byly také v podzimní kampani na některých lokalitách (podzimní monitoring však na některých lokalitách probíhal ještě v letním období). Celkové průměrné koncentrace O_3 byly nejvyšší v lokalitách Kohoutovice a Klajdovka, tedy v odlehlejších, výše položených lokalitách, což odpovídá teoretickým předpokladům. Naopak na dopravně zatížených lokalitách byly koncentrace ozonu nižší – např. v lokalitě Jundrov, Komín, Řečkovice. Nejvyšší hodinové průměrné koncentrace O_3 naměřené během všech monitorovacích kampaní byly $163,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (lokalita Štýřice, 30. 6. 2022, 12 h UTC) a $160,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (lokalita Tuřany, 21. 7. 2022, 14 h UTC). Podrobné hodnocení naměřených koncentrací přízemního ozonu je součástí výše uvedené závěrečné zprávy monitoringu.

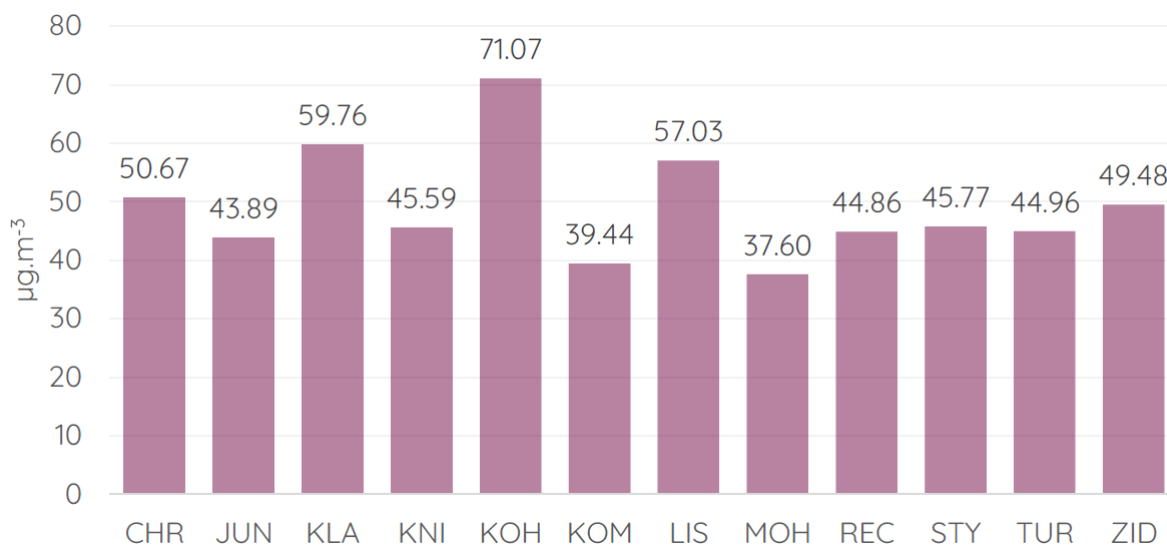
³ Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna – Závěrečná zpráva, Centrum dopravního výzkumu v. v. i. a kol., 06/2023

Obr. 7: Průměrné koncentrace O₃ pro jednotlivé lokality měření v jednotlivých měřicích kampaních



Zdroj: Závěrečná zpráva Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna (Centrum dopravního výzkumu v. v. i. a kol., 06/2023)

Obr. 8: Průměrné koncentrace O₃ pro jednotlivé lokality měření za všechny měřicí kampaně

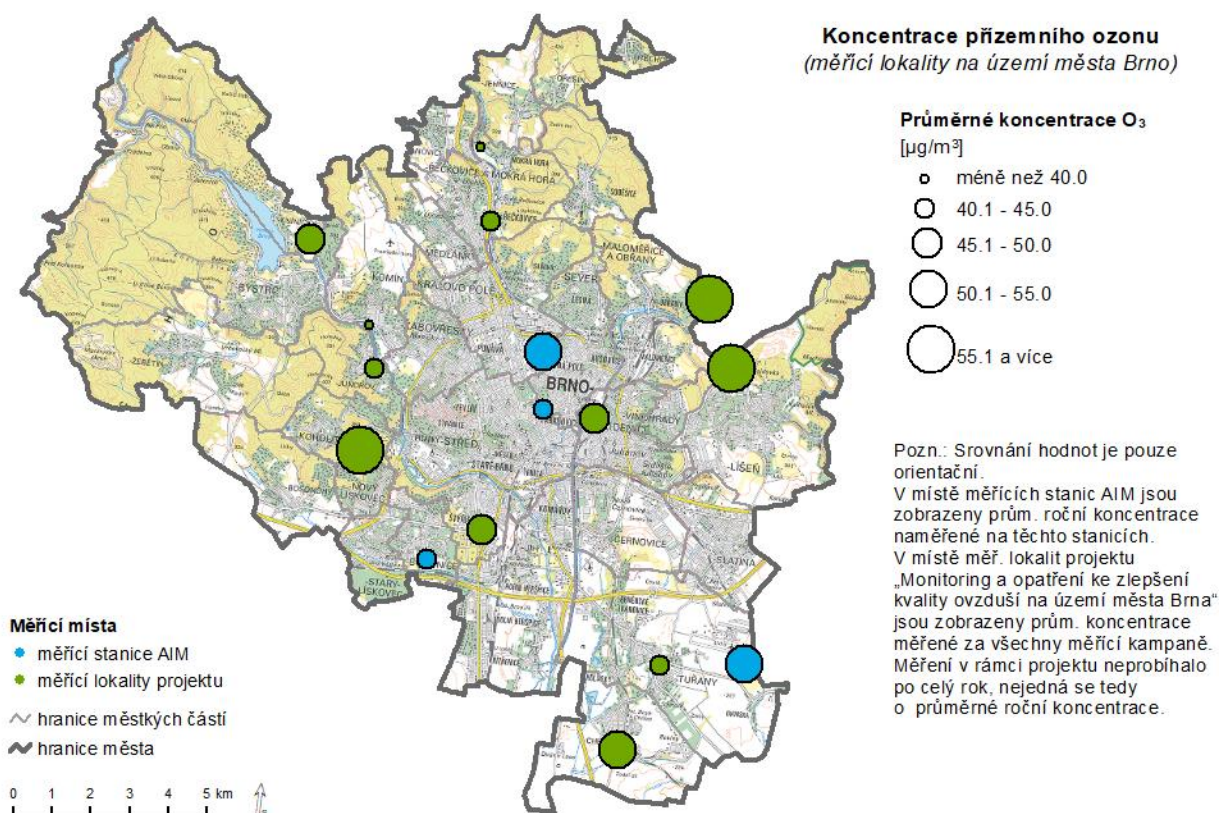


Zdroj: Závěrečná zpráva Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna (Centrum dopravního výzkumu v. v. i. a kol., 06/2023)

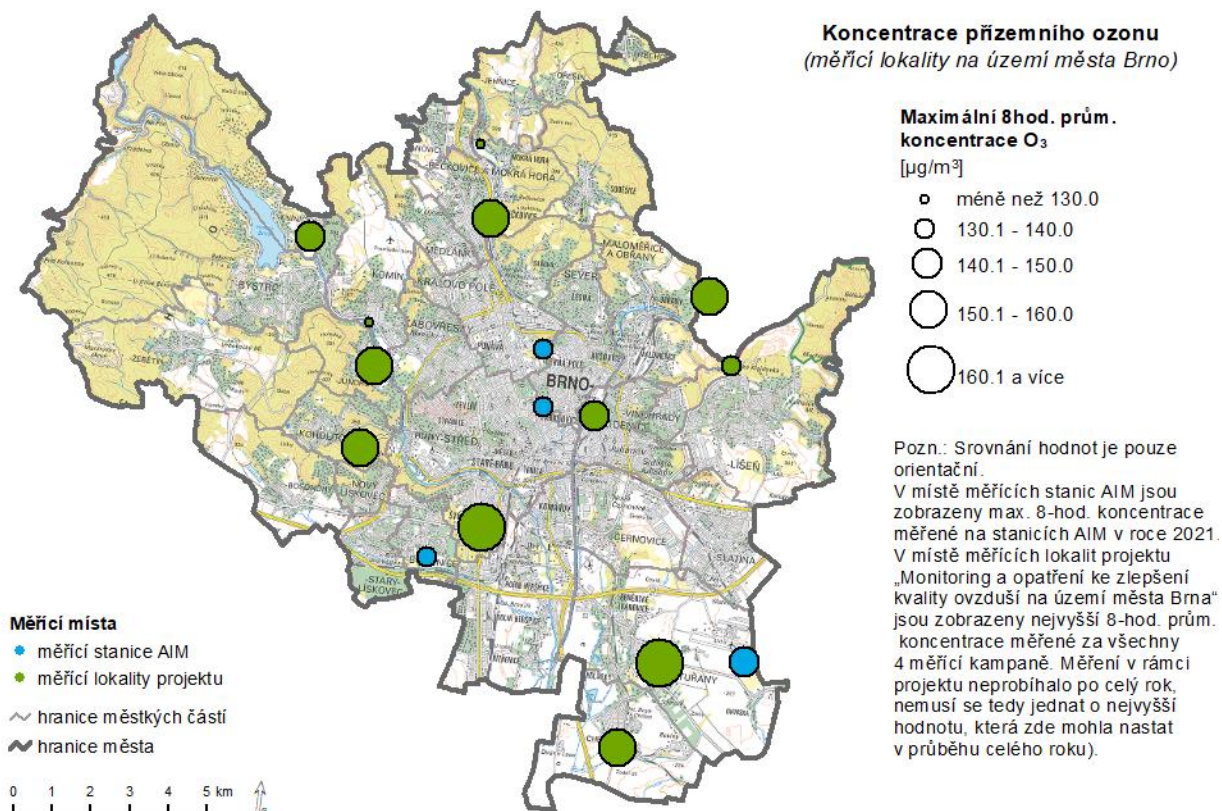
3.3. Prostorové rozložení imisních koncentrací přízemního ozonu

Na obrázcích níže jsou společně zobrazeny naměřené koncentrace ozonu na měřicích stanicích AIM a měřicích lokalitách projektu „Monitoring a opatření ke zlepšení kvality ovzduší na území města Brna“. Na Obr. 9 jsou srovnány průměrné roční koncentrace O_3 na měřicích stanicích AIM s celkovými průměrnými koncentracemi měřenými na měřicích lokalitách projektu za všechny měřicí kampaně (vzhledem k tomu, že měření v rámci projektu neprobíhalo po celý rok, nejedná se o průměrné roční koncentrace a při interpretaci dat je potřebné tuto skutečnost zohlednit). Na Obr. 10 jsou srovnány maximální 8hodinové průměrné koncentrace měřené na stanicích AIM v roce 2021 s maximální hodnotou 8hodinových průměrných koncentrací na měřicích lokalitách projektu (jedná se o nejvyšší 8hodinovu průměrnou koncentraci za všechny 4 měřicí kampaně, vzhledem k způsobu měření se nemusí jednat o nejvyšší hodnotu, která zde mohla nastat v průběhu celého roku).

Obr. 9: Průměrné roční koncentrace O_3 na měřicích stanicích na území města Brna



Obr. 10: Maximální 8hodinové průměrné koncentrace O_3 na měřících stanicích a území města Brna

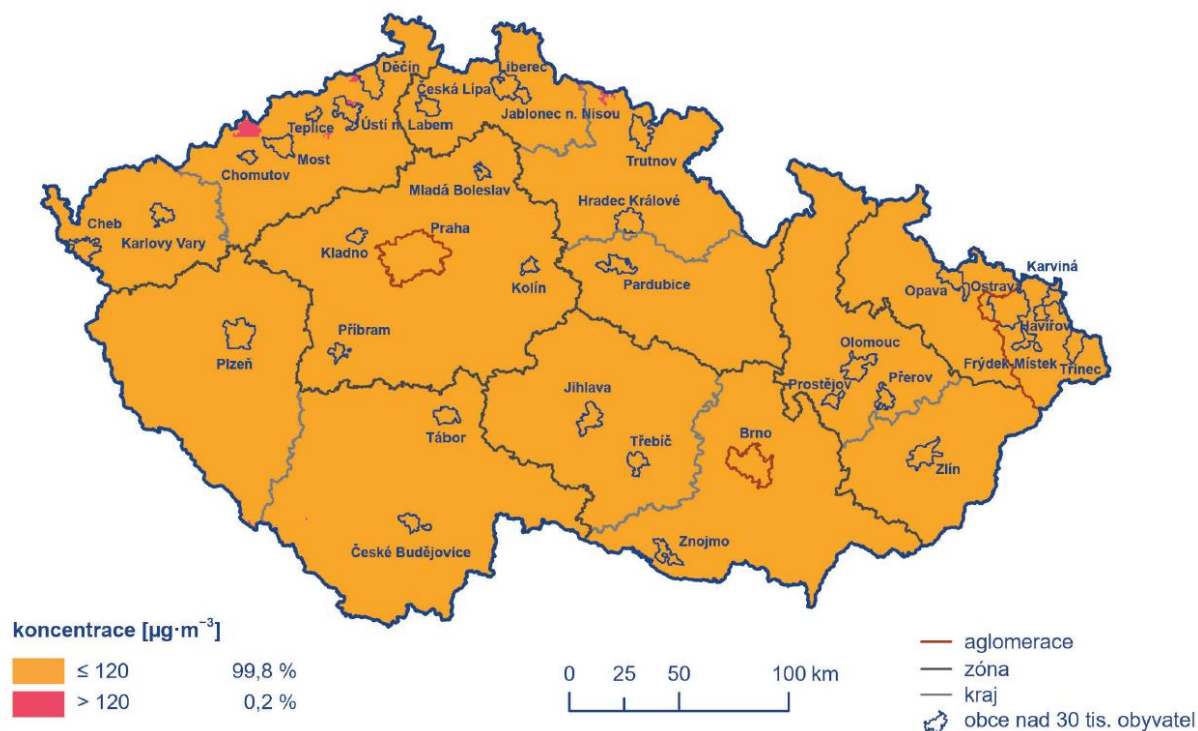


4. Imisní koncentrace přízemního ozonu dle modelového hodnocení ČHMÚ

4.1. Znečištění přízemním ozonem na území České republiky

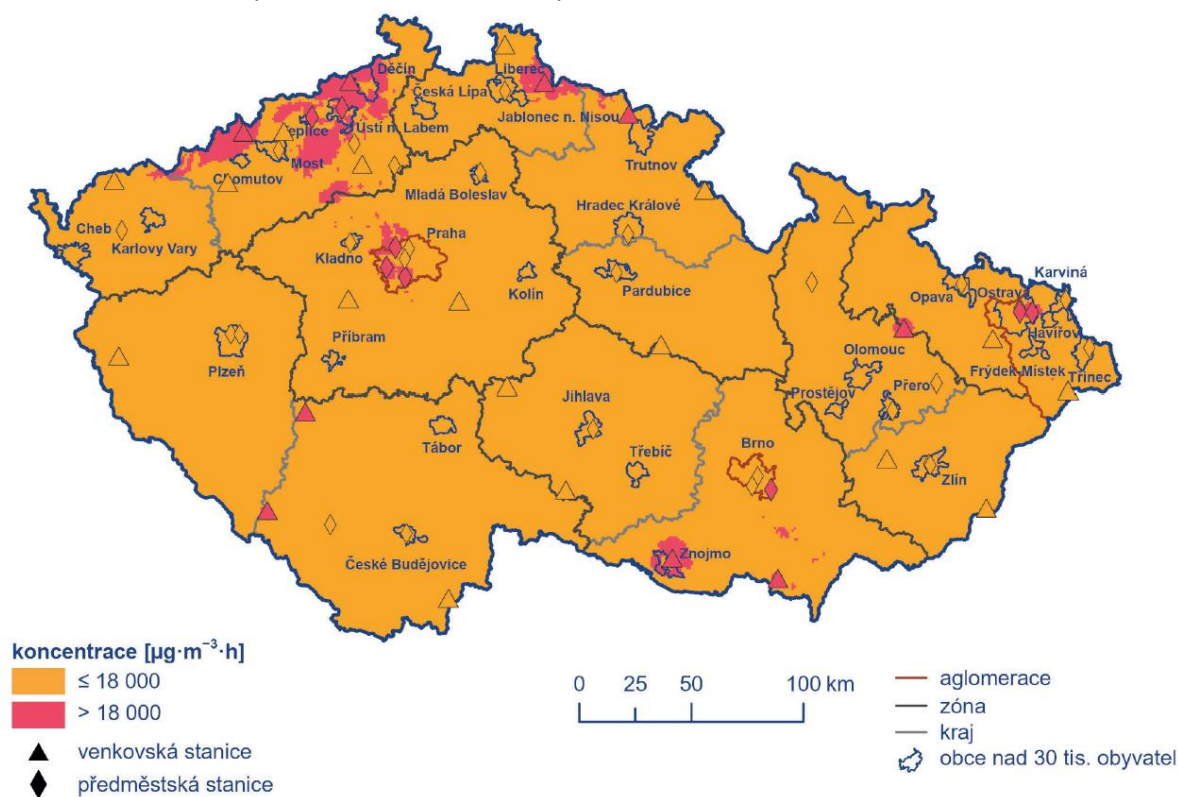
ČHMÚ každoročně modeluje mapy imisního zatížení České republiky. Pro přízemní ozon jsou tyto mapy prezentovány přímo ve formě tříletých průměrů (pro maximální denní 8hod. klouzavé průměry O_3) a pětiletého průměru (pro index AOT40) tak, aby bylo možné jejich přímé srovnání s hodnotami imisních limitů.

Obr. 11: Pole 26. nejvyššího maximálního denního 8hod. klouzavého průměru koncentrace přízemního O₃ v průměru za 3 roky, 2019–2021



Zdroj: ČHMÚ, Grafická ročenka 2021

Obr. 12: Pole hodnot expozičního indexu AOT40, průměr za 5 let, 2017–2021



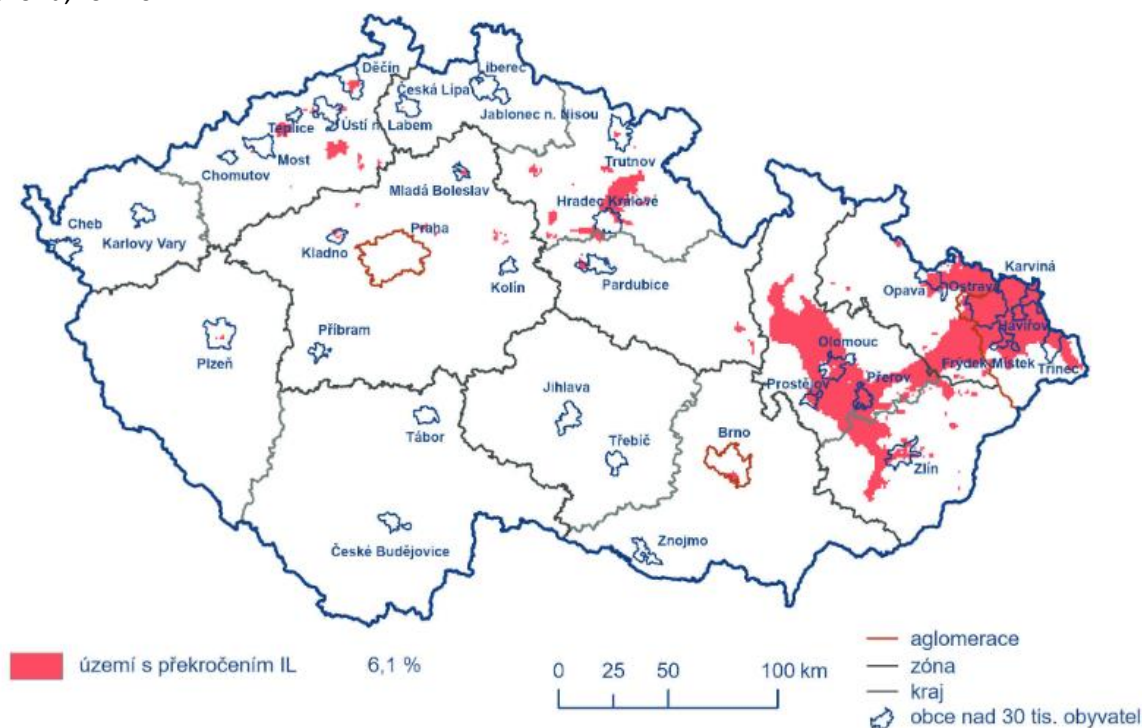
Zdroj: ČHMÚ, Grafická ročenka 2021

4.2. Oblasti s překročením imisního limitu

ČHMÚ ve svých ročenkách pravidelně vymezuje oblasti s překročením imisních limitů hromadně pro všechny znečišťující látky, které jsou sledovány z hlediska ochrany lidského zdraví. Mapa oblastí s překročením alespoň jednoho imisního limitu podává ucelenou informaci o kvalitě ovzduší na území ČR.

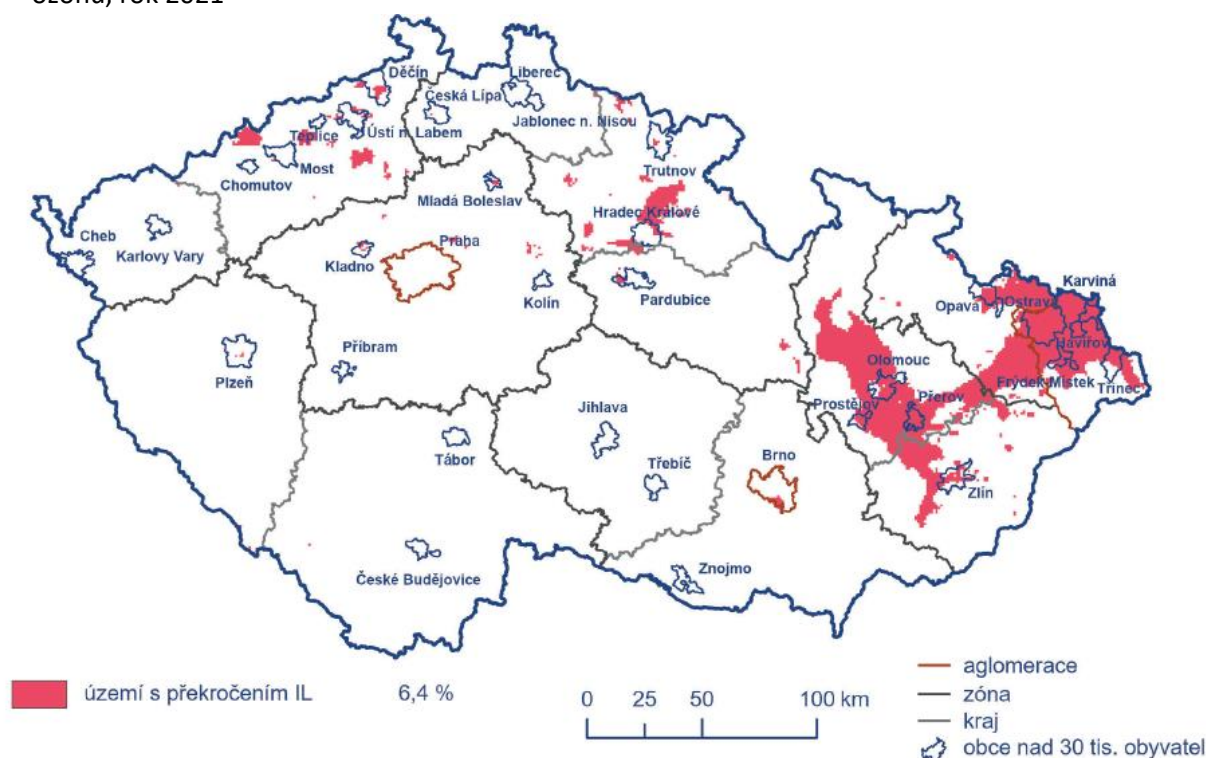
V roce 2021 bylo jako oblast s překročením imisních limitů (bez zahrnutí přízemního ozonu) vymezeno 6,1 % území ČR, kde žije přibližně 19,7 % obyvatel. Po zahrnutí přízemního ozonu bylo oblastí s překročením alespoň jednoho imisního limitu v roce 2021 vymezeno 6,4 % území ČR, kde žije přibližně 20 % obyvatel. Na území města Brna nebylo tímto způsobem vyhodnoceno překročení 26. nejvyššího max. denního 8hodinového klouzavého průměru (v průměru za 3 roky). Pro srovnání je v tabulce níže uveden pro oblast města Brna (aglomerace Brno) přehled vývoje plochy oblasti s překročením imisních limitů pro ochranu zdraví bez zahrnutí přízemního ozonu a po zahrnutí přízemního ozonu

Obr. 13: Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví bez zahrnutí přízemního ozonu, rok 2021



Zdroj: ČHMÚ, Grafická ročenka 2021

Obr. 14: Vyznačení oblastí s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví se zahrnutím přízemního ozonu, rok 2021



Zdroj: ČHMÚ, Grafická ročenka 2021

Tab. 7: Vývoj plochy oblastí s překročením IL pro ochranu zdraví bez a se zahrnutím přízemního ozonu, aglomerace Brno

Rok	plocha oblastí s překročením IL bez zahrnutí O ₃	O ₃ - 26. nejv. max. den. 8h průměr (v průměru za 3 roky) >120 µg/m ³	plocha oblastí s překročením IL se zahrnutím O ₃
2012	46,77	4,02	-
2013	28,89	46,96	70,24
2014	0,43	0,54	0,54
2015	-	12,2	12,2
2016	2,72	14,55	17,31
2017	15,05	9,16	23,77
2018	20,59	37,17	56,9
2019	0,87	64,88	65,32
2020	4,27	47,0	50,4
2021	7,75	-	7,75

Pozn.: Uvedené hodnoty jsou v jednotkách % plochy územního celku.

Zdroj: ČHMÚ, Grafická ročenka 2021

5. Závěr

Na základě výše uvedeného hodnocení koncentrací přízemního ozonu na území města Brna lze konstatovat, že v současnosti není na území města překračován imisní limit pro ochranu zdraví lidí pro koncentrace O₃ v ovzduší. Na stanici AIM Brno – Tuřany však bylo spočteno překročení limitní hodnoty pro imisních koncentrací O₃ stanovené pro ochranu vegetace. Obecně vyšší koncentrace byly měřeny v letním období, co potvrzuje teoretické poznatky o procesu a příčinách vzniku troposférického (přízemního) ozonu. Hodnocení bylo provedeno na základě dat měřících stanic AIM, měření koncentrací přízemního ozonu prováděné v rámci projektu Monitoring a opatření ke zlepšení kvality ovzduší na území města Brna“ a modelového hodnocení koncentrací přízemního ozonu v ovzduší, prováděného ČHMÚ.

Podklady:

Pro zpracování rozptylové studie byly použity následující podklady:

- *Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů;*
- *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí: Subsystem I. Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší, Odborná zpráva za rok 2021, Státní zdravotní ústav, říjen 2022*
- *Monitoring kvality ovzduší ve vybraných lokalitách města Brna – Závěrečná zpráva, Centrum dopravního výzkumu v. v. i. a kol., 06/2023*
- *data AIM, tabelární a grafické ročenky ČHMÚ (www.chmu.cz)*
- *databáze ČHMÚ, ČÚZK, ČSÚ, GISMB, RÚIAN aj.*

Seznam možných zkratk:

AIM	Automatizovaný imisní monitoring
CDV	Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
Eol	evropské klasifikace měřicích stanic pro výměnu informací
IL	imisní limit
ISKO	informační systém kvality ovzduší
JMK	Jihomoravský kraj
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
SZÚ	Státní zdravotní ústav
ÚAN	ústřední autobusové nádraží
VMO	velký městský okruh