



VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ IMISÍ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ JIHLAVA V LETECH 2010 - 2015



Obsah

1	ÚVOD	2
2	PŮVOD ZNEČIŠTĚNÍ	3
2.1	EMISE TUHÝCH LÁTEK	3
2.2	EMISE OXIDŮ DUSÍKU (NO _x)	5
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ JIHLAVA	7
3.1	ČÁSTICE PM ₁₀ A PM _{2,5}	7
3.1.1	<i>Průměrné roční koncentrace</i>	7
3.1.2	<i>Průměrné 24hodinové koncentrace</i>	10
3.1.3	<i>Vliv meteorologických podmínek na koncentrace částic</i>	19
3.1.4	<i>Lokální topeniště</i>	25
3.2	OXIDY DUSÍKU NO, NO ₂ A NO _x	26
3.2.1	<i>Průměrné roční koncentrace</i>	26
3.2.2	<i>Průměrné 24 hodinové koncentrace oxidů dusíku</i>	29
3.2.3	<i>Hodinové koncentrace NO₂</i>	36
3.2.4	<i>Vliv meteorologických podmínek</i>	36
4	ZÁVĚR	39
5	CITOVANÁ LITERATURA	40
6	DATOVÁ ČÁST	41

1 Úvod

Stanice měřící imisní zatížení průmyslové zóny Jihlava (Automotive Lighting) leží v areálu firmy Automotive Lighting nedaleko křižení dálnice D1 a silnice první třídy I/38. Pro účely tohoto vyhodnocení byla data srovnána s výsledky automatických stanic imisního monitoringu (AIM) v Jihlavě a v Košetících. Stanice AIM Jihlava leží v areálu ZŠ Demlova a jedná se o městskou požadovou stanici reprezentující pozadí města Jihlavy. Regionální požadová stanice v Košetících měří pozadí kraje Vysočina s minimálním ovlivněním antropogenními zdroji. Zatímco stanice AIM Jihlava i Košetice jsou charakterizovány jako požadové, stanice Automotive Lighting lze označit jako dopravnou zatíženou stanici, přestože se nejedná přímo o dopravní stanici. V těchto lokalitách byly měřeny částice PM_{10} a $PM_{2,5}$ a oxidy dusíku (NO , NO_2 a NO_x).

V následujícím textu budou srovnána průměrná data z uvedených stanic, je však třeba brát zřetel na to, že vzhledem k termínu odevzdání zprávy budou prosincová data z AIM Jihlava a Košetice k dispozici pouze v operativní formě, verifikovaná data budou nahrána do databáze až v druhé polovině ledna. Dále pak bude probíhat kontrola nepravděpodobných hodnot nad databází ISKO za celý rok 2015 a budou probíhat případné opravy, a to až do vydání tabelární ročenky ČHMÚ za rok 2015. Do té doby mohou nastat drobné změny v datech a průměrných hodnotách.

Data budou rovněž srovnána s platnými imisními limity resp. cílovými imisními limity uvedenými v následující Tab. 1. Cílový imisní limit pro $PM_{2,5}$ je stanoven pro rok 2015 a je vyjádřen jako průměr ročních průměrných úrovní znečištění ovzduší $PM_{2,5}$ za roky 2013, 2014 a 2015 ve všech **městských požadových lokalitách**.

Tab. 1 – Platné imisní limity [1]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Horní mez pro posuzování	Dolní mez pro posuzování	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
<i>Prašný aerosol PM_{10}</i>	24 hodin	50 $\mu g \cdot m^{-3}$	30 $\mu g \cdot m^{-3}$	20 $\mu g \cdot m^{-3}$	35
<i>Prašný aerosol PM_{10}</i>	1 kalendářní rok	40 $\mu g \cdot m^{-3}$	14 $\mu g \cdot m^{-3}$	10 $\mu g \cdot m^{-3}$	
<i>Prašný aerosol $PM_{2,5}$</i>	1 kalendářní rok	25 $\mu g \cdot m^{-3}$			
<i>Oxid dusičitý NO_2</i>	1 hodina	200 $\mu g \cdot m^{-3}$	140 $\mu g \cdot m^{-3}$	100 $\mu g \cdot m^{-3}$	18
<i>Oxid dusičitý NO_2</i>	1 kalendářní rok	40 $\mu g \cdot m^{-3}$	32 $\mu g \cdot m^{-3}$	26 $\mu g \cdot m^{-3}$	

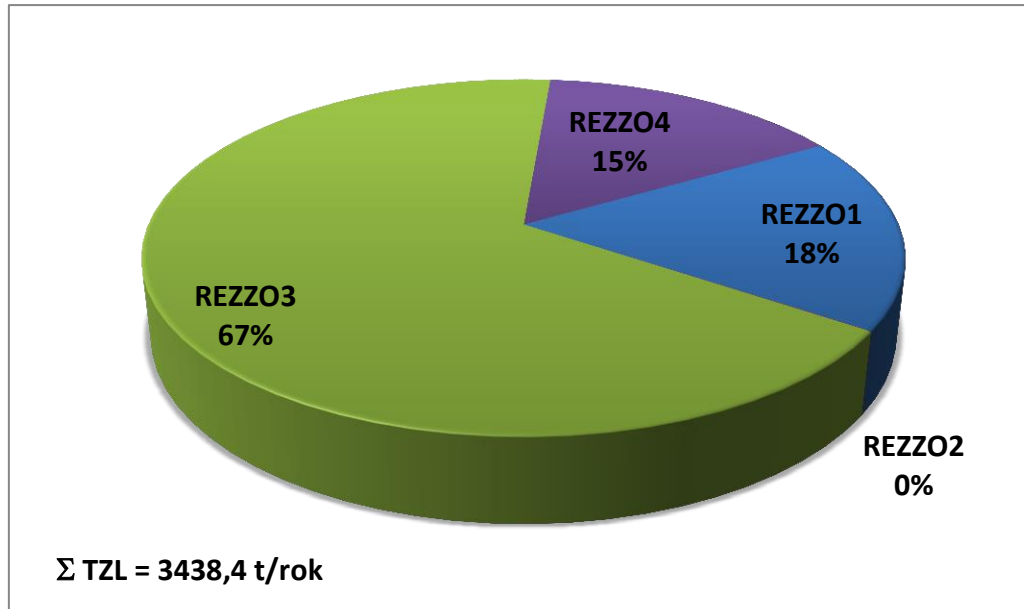
2 Původ znečištění

Tato kapitola je věnována emisím tuhých znečišťujících látek a oxidů dusíku do ovzduší. Zdrojem dat je databáze REZZO (registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší) spravované ČHMÚ. Kromě zdrojů uvedených v databázi (antropogenních) však v této kapitole budou diskutovány také neantropogenní zdroje, které se také podílí na znečišťování ovzduší.

2.1 Emise tuhých látek

Tuhé znečišťující látky (TZL) nemají určen emisní strop, přesto se jedná o důležitou škodlivinu vzhledem k měření PM_{10} v ovzduší a návaznosti na legislativu [1]. V dalším období již nebudou sledovány tuhé znečišťující látky jako celek, ale pouze velikostní frakce $PM_{2,5}$ (suspendované částice, jejichž aerodynamický průměr nepřesahuje $2,5 \mu m$). Tato velikostní frakce již bude mít svůj emisní strop, který se bude muset v následujícím období splnit. I proto je důležité již nyní přijímat opatření ke snížení emisí tuhých látek jako celku.

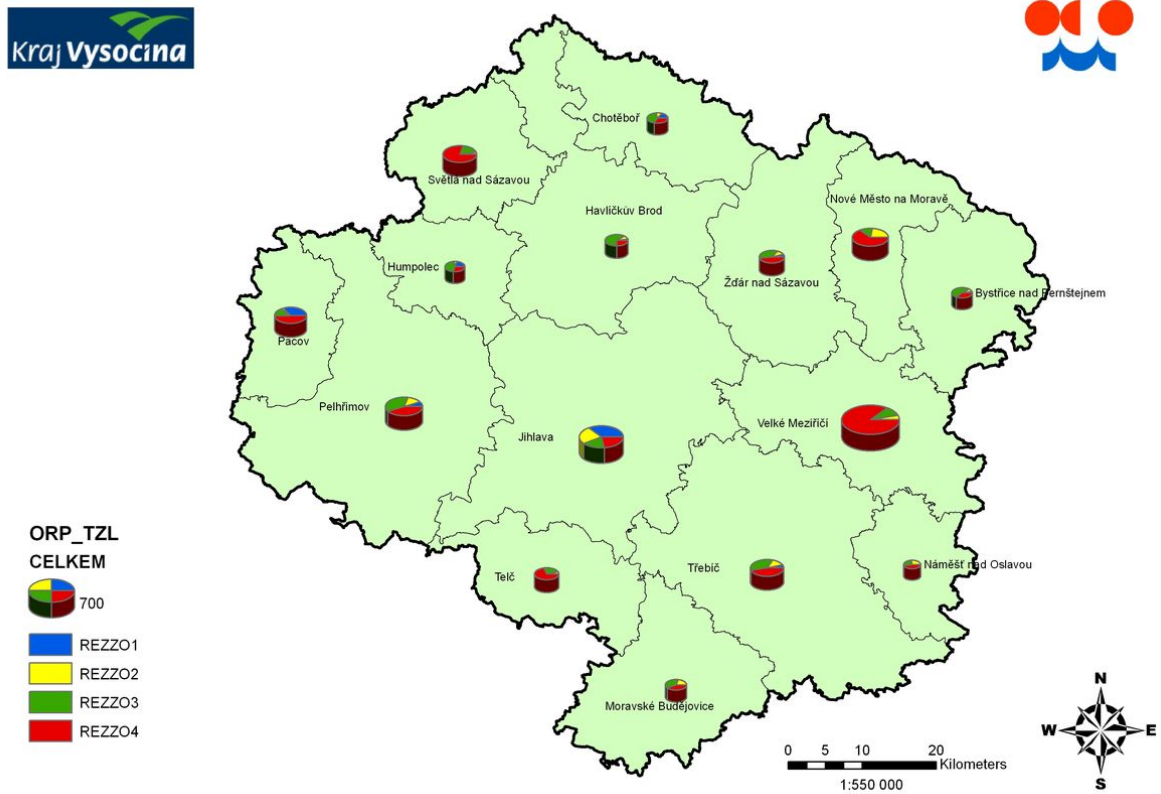
Podíl jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích tuhých znečišťujících látek v kraji Vysočina v roce 2013 uvádí Obr. 1.



Obr. 1 - Podíl jednotlivých kategorií zdrojů na emisích TZL, Vysočina, 2013

Z grafu vyplývá, že majoritním zdrojem znečištění tuhými látkami v kraji Vysočina jsou **malé zdroje (REZZO 3)**, především lokální topeniště pro vytápění domácností. Následují mobilní zdroje (REZZO 4), do kterých se kromě emisí z exhalací započítávají i otěry (vozovky, pneumatik) a také re-emise (opětovný vnos již jednou sedimentovaných částic vlivem víření vzduchu způsobeného pohybem

mobilních zdrojů). Z podrobnější analýzy [2] pak vyplývá, že v některých ORP jsou majoritním zdrojem právě lokální topeniště (Obr. 2).

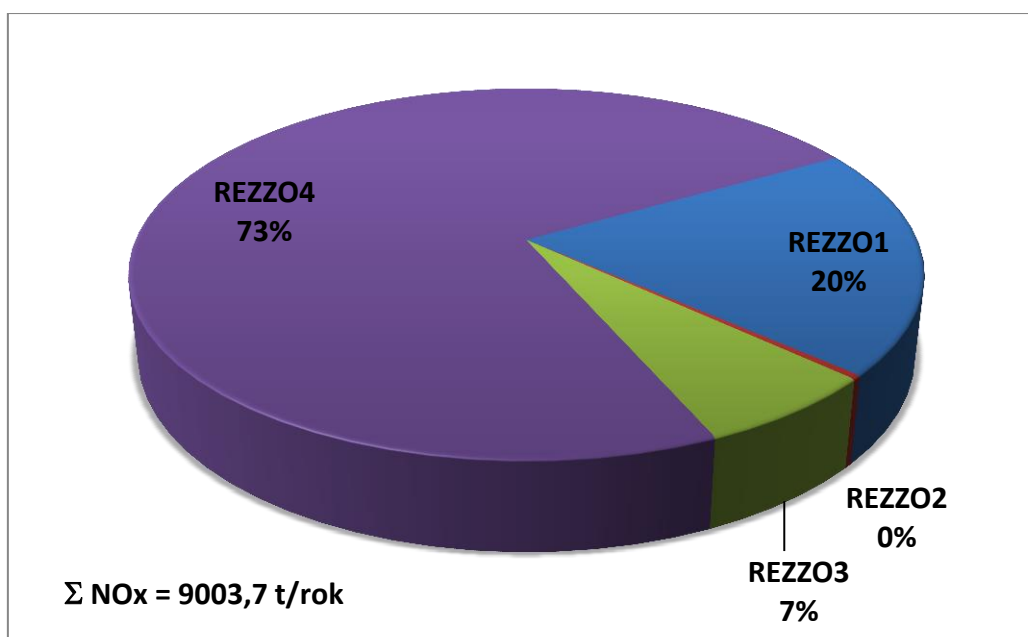


Obr. 2 - Podíl kategorií zdrojů na celkových emisích TZ v jednotlivých ORP

2.2 Emise oxidů dusíku (NOx)

Oxidy dusíku (NOx) měly určen emisní strop pro rok 2010, jehož hodnota činila 13,1 kt/rok. Množství emitovaných oxidů dusíku v roce 2010 bylo cca 12,4 kt/rok což znamená, že emisní stropu byl v roce 2010 dodržen. V roce 2011 pokračoval sestupný trend emisí oxidů dusíku. V současnosti jsou připravovány nové emisní stropy v rámci Národního programu snižování emisí (NPSE).

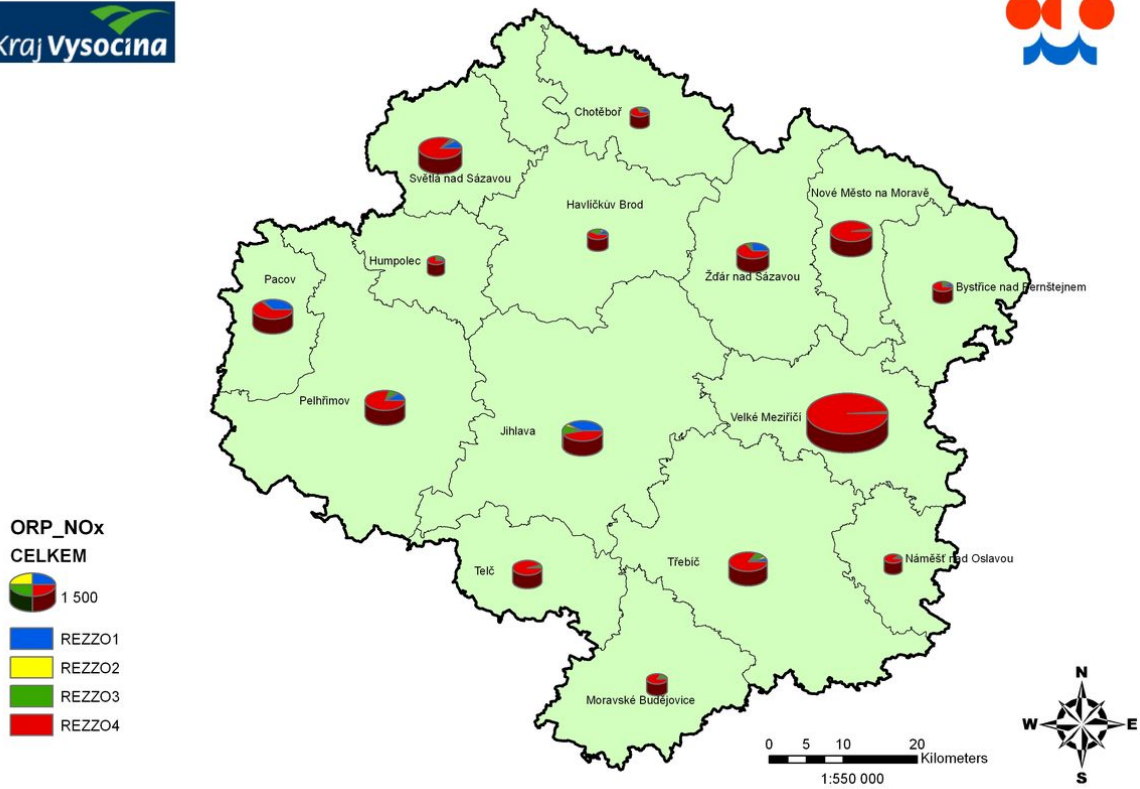
Podíl jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích oxidů dusíku v kraji Vysočina v roce 2013 uvádí Obr. 3.



Obr. 3 - Podíl jednotlivých kategorií zdrojů na emisích NOx, Vysočina, 2013

Z grafu vyplývá, že majoritním zdrojem znečištění oxidy dusíku v kraji Vysočina jsou mobilní zdroje (REZZO 4). Zvláště velké a velké zdroje (REZZO 1) produkují zhruba 20 % všech emisí NOx v kraji Vysočina.

Z podrobnější analýzy [2] pak vyplývá, že v některých ORP jsou majoritním zdrojem právě ORP (Obr. 4). Z mapky vyplývá, že ve většině ORP jsou majoritním zdrojem emisí NOx mobilní zdroje REZZO4. V ORP, kterými prochází dopravní tepna D1 se hodnota emisí z REZZO4 blíží k 100% všech emisí NOx. Majoritními nejsou mobilní zdroje pouze v ORP Jihlava, Žďár nad Sázavou a Pacov jsou významněji zastoupeny stacionární zdroje, především REZZO1.



Obr. 4 - Podíl kategorií zdrojů na celkových emisích NOx v jednotlivých ORP

3 Vyhodnocení kvality ovzduší v průmyslové zóně Jihlava

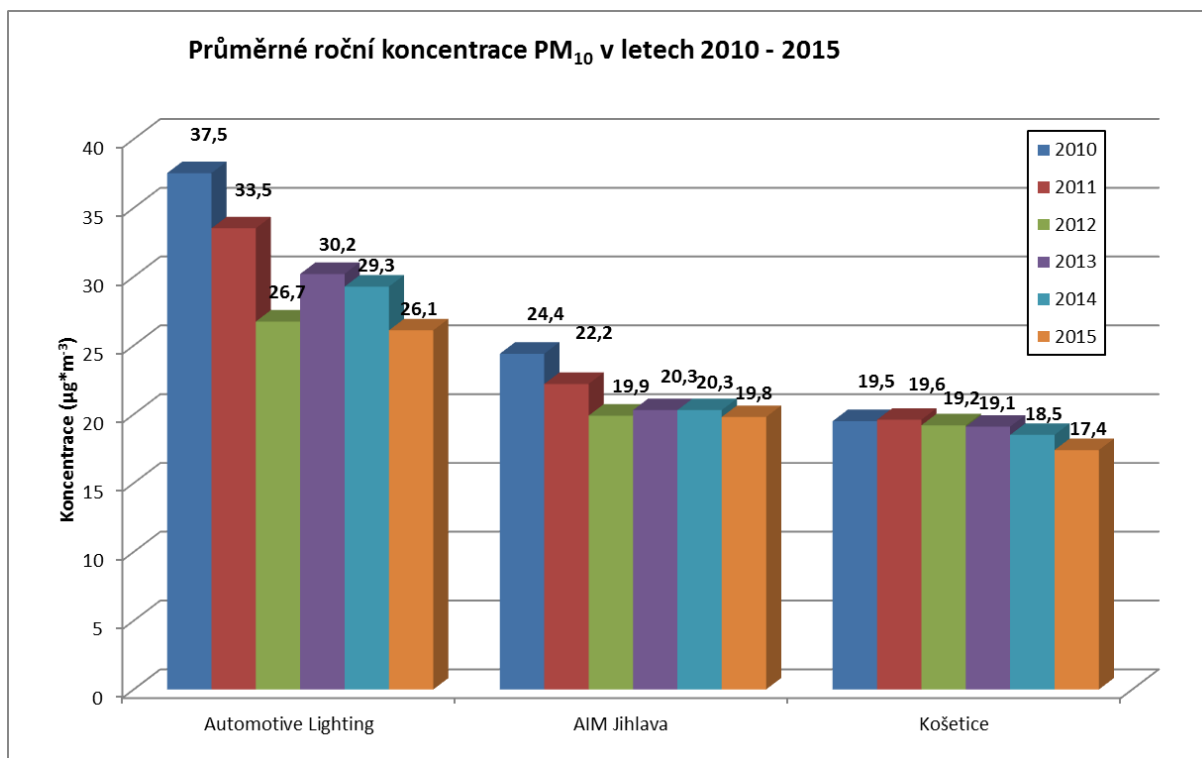
V následujících kapitolách bude hodnocena kvalita ovzduší v průmyslové zóně města Jihlavy na základě dat naměřených stanicí Automotive Lighting v letech 2010 až 2015. Tato data budou srovnána s měřením ČHMÚ na stanicích AIM Jihlava (leží v areálu ZŠ Demlova, měří pozadí města Jihlavy) a AIM Košetice (regionální pozadřová lokalita, reprezentuje pozadřové koncentrace kraje Vysočina a celé ČR). Data budou dále srovnána s imisními limity, budou konfrontována s meteorologickými údaji za účelem definovat vliv počasí na kvalitu ovzduší v průmyslové zóně města Jihlava, v Jihlavě a kraji Vysočina.

3.1 Částice PM₁₀ a PM_{2,5}

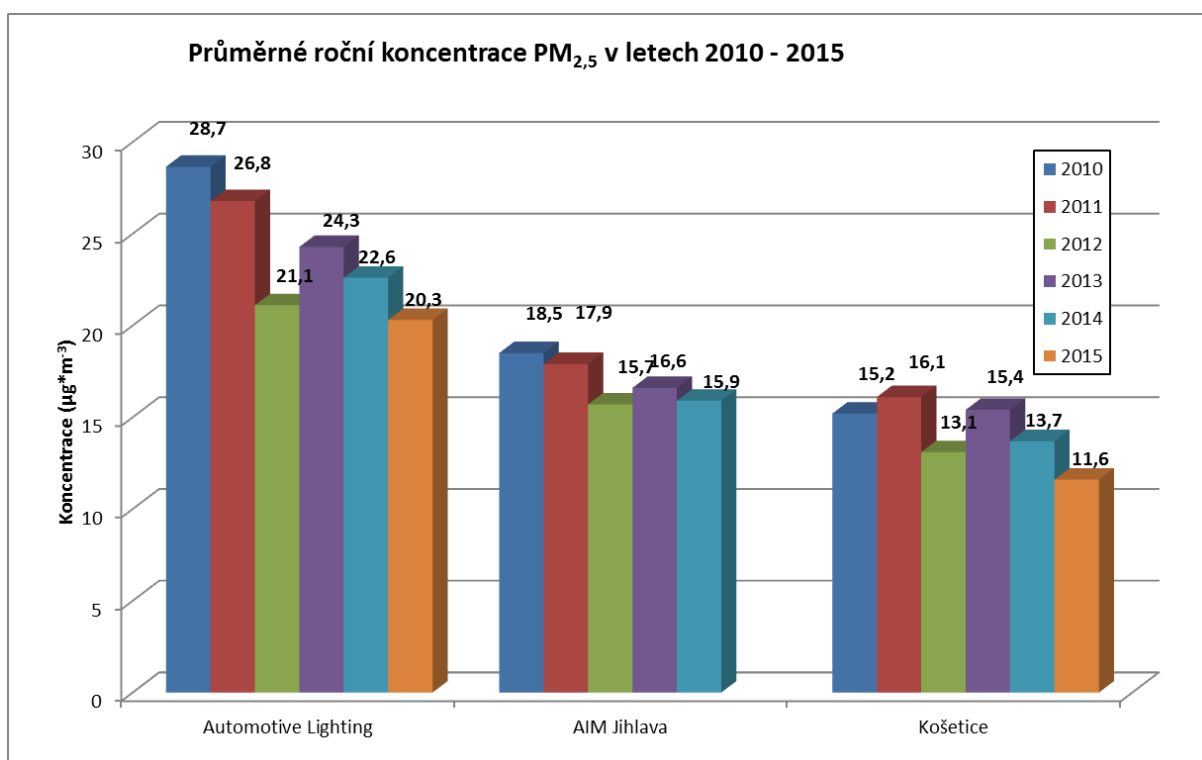
Pro částice PM₁₀ stanovuje platná legislativa dva imisní limity, a to pro průměrnou roční koncentraci a pro průměrnou 24hodinovou koncentraci. Jemnější částice PM_{2,5} mají pouze jeden imisní limit pro průměrnou roční koncentraci [1].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Měření v lokalitě Automotive Lighting poskytuje šest hodnot ročního průměru v této lokalitě za roky 2010 až 2015, a to jak pro PM₁₀, tak pro PM_{2,5}. Srovnání naměřených koncentrací v lokalitě Automotive Lighting s lokalitami státní sítě imisního monitoringu ČR v Jihlavě a Košetických zobrazují Obr. 5 a Obr. 6.



Obr. 5 - Průměrné roční koncentrace PM₁₀ v letech 2010 - 2015



Obr. 6 - Průměrné roční koncentrace PM_{2,5} v letech 2010 - 2015

Z Obr. 5 je patrné, že imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl na ani jedné z lokalit v letech 2010 - 2015 překročen. V lokalitě Automotive Lighting jsou měřeny vyšší koncentrace takřka všech škodlivin – projevuje se zde vliv dopravy (dálnice D1 + logistika firmy), a dále se pak na vyšších koncentracích může podílet průmyslová zóna a jednotlivé činnosti v ní prováděné. Nezanedbatelnou roli pak hrají i rozptylové podmínky, jak bude uvedeno dále. Z grafu je však rovněž patrné, že pozadřová lokalita v Jihlavě (AIM Jihlava v areálu ZŠ Demlova) se svými koncentracemi příliš neliší od regionální pozadřové lokality v Košetících.

Dále je z grafu na Obr. 5 patrné, že rok 2015 byl z hlediska koncentrací částic PM_{10} nejlepším ze sledovaného období, koncentrace jsou velmi podobné roku 2012. Košetice mají poměrně vyrovnaný trend koncentrací ve všech letech, rovněž lokalita AIM Jihlava má v posledních letech velmi podobné koncentrace. V lokalitě Automotive lighting závisí na dané roku více, přesto jsou v posledních letech koncentrace nízké.

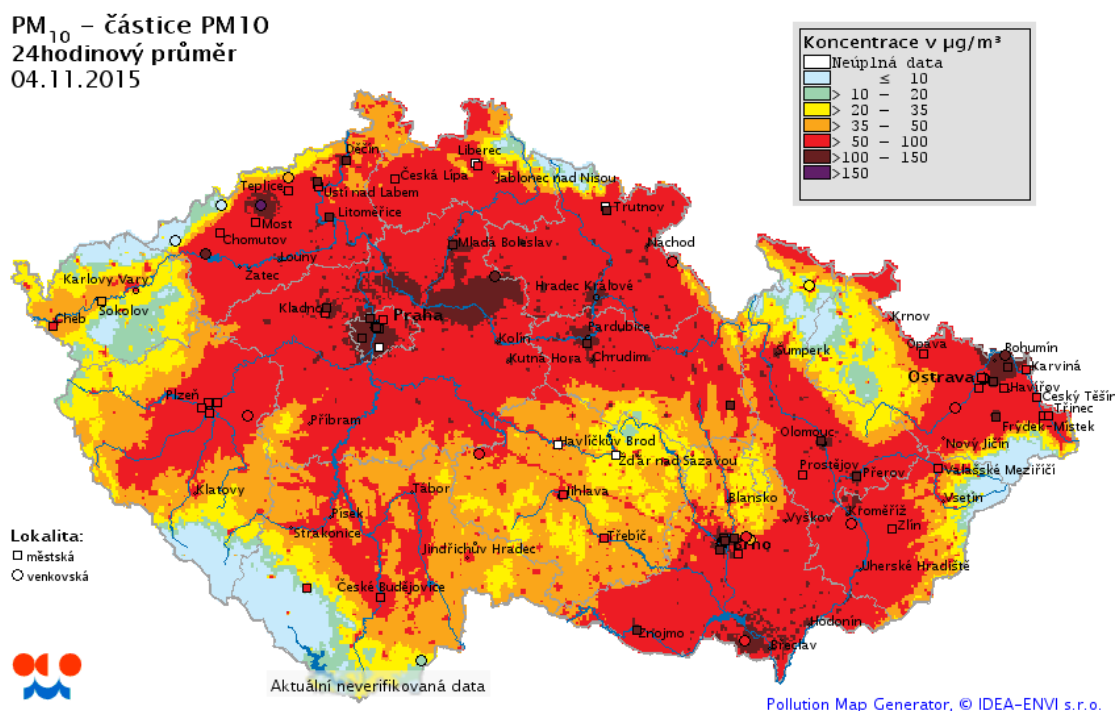
Koncentrace $PM_{2,5}$ jsou v lokalitě Automotive Lighting opět nejvyšší a podobně jako v případě PM_{10} mají na území Jihlavy v roce 2015 svá minima. V případě Košetice nejde na rozdíl od Jihlavy o trvale klesající trend. Koncentrace jsou zde poměrně vyrovnané.

Z Obr. 6 vyplývá, že k překročení imisního limitu pro $PM_{2,5}$ by v případě jeho platnosti v předcházejících letech došlo v lokalitě Automotive Lighting. V roce 2012 až 2015 by již k překročení nedošlo. Zbylé dvě pozadřové lokality se v celém sledovaném období pohybují hluboko pod imisním limitem pro $PM_{2,5}$.

Doprava tedy významně ovlivňuje obě frakce PM. V dopravní lokalitě Automotive Lighting byly v roce 2015 o $6,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší koncentrace PM_{10} než je městské pozadí Jihlavy měřené v lokalitě AIM Jihlava. Koncentrace $PM_{2,5}$ nebyly pro nižší počet dat v lokalitě AIM Jihlava hodnoceny.

3.1.2 Průměrné 24hodinové koncentrace

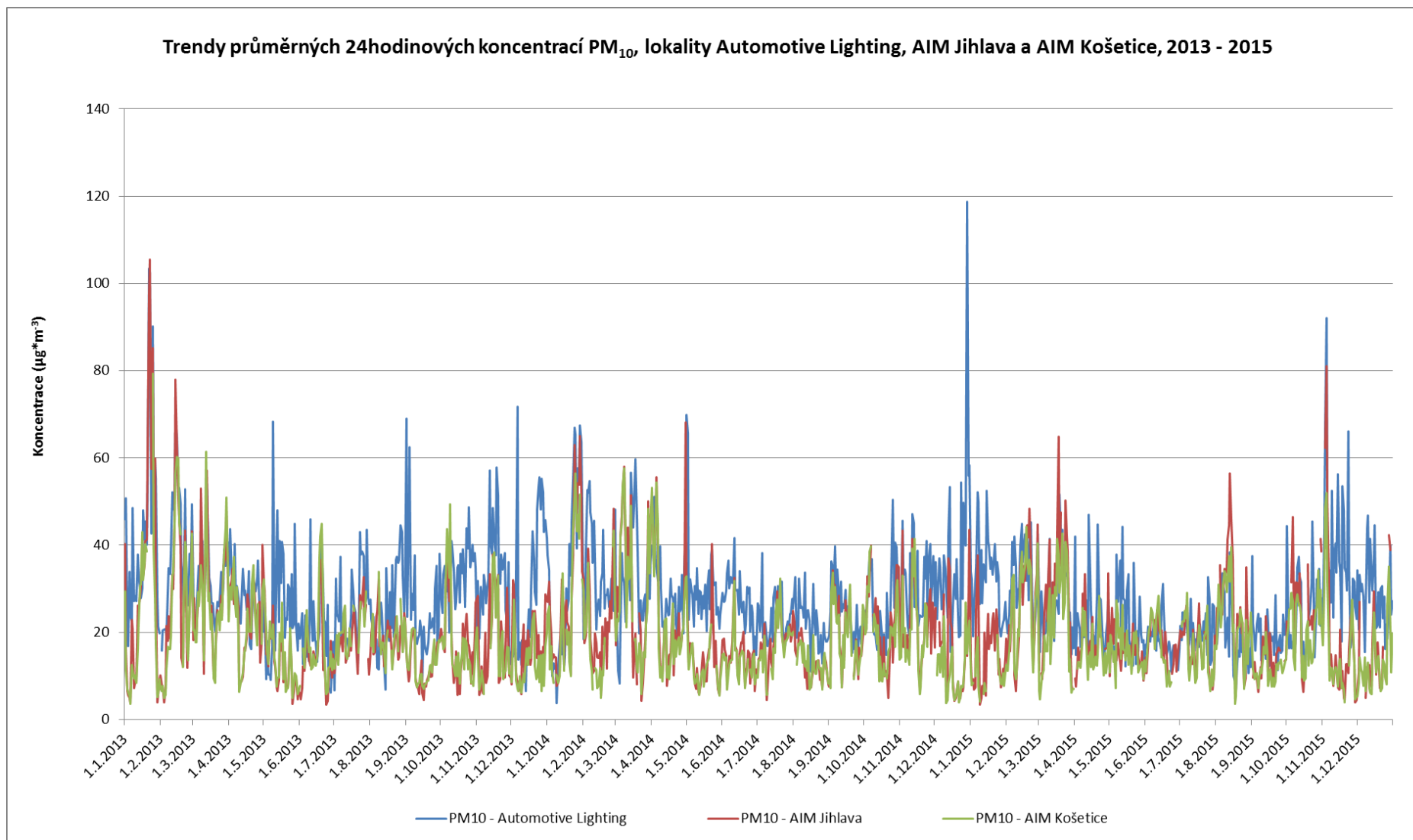
Trend průměrných 24hodinových a měsíčních koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} ve všech třech lokalitách zobrazují následující Obr. 8 - Obr. 13. Z grafů je patrné, že trendy jsou na všech lokalitách totožné, nejvyšší koncentrace jsou dosahovány v zimním období, nejnižší koncentrace jsou pak v létě. Koncentrační maxima v roce 2015 se vyskytovala pouze ojedinele. V lokalitě Automotive Lighting byly nejvyšší koncentrace naměřeny během epizody se zhoršenými rozptylovými podmínkami začátkem listopadu, kdy však byla zasažena celá republika a v mnoha zónách a aglomeracích byla dokonce vyhlášena smogová situace. V těchto obdobích byly koncentrace PM na všech lokalitách takřka shodné – viz. Obr. 8 a Obr. 11. V těchto dnech byla postižená velká část území ČR, jak zobrazuje následující Obr. 7. V tento byly měřeny koncentrace nad 90 µg.m⁻³ (Obr. 9).



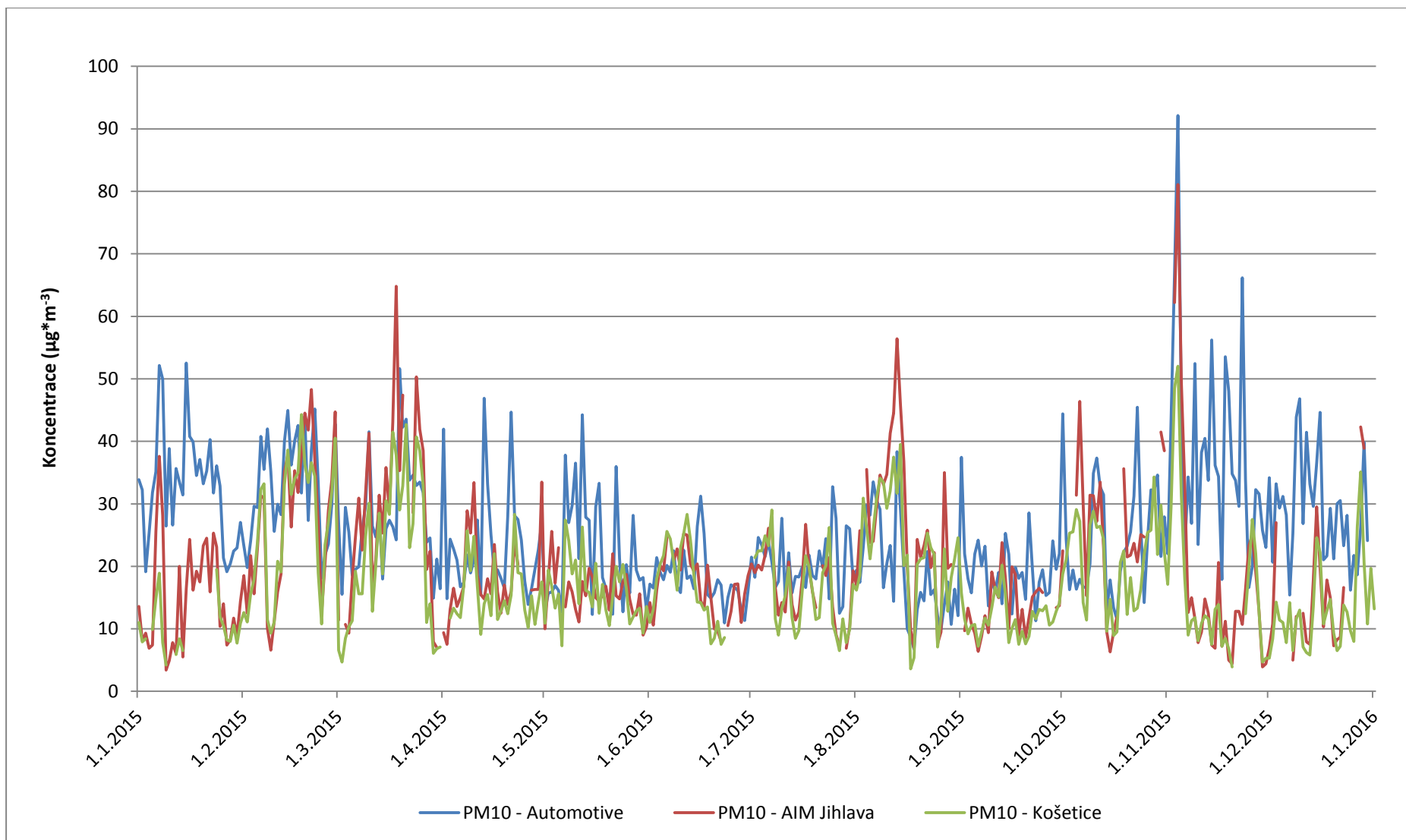
Obr. 7 - Situace se zhoršenou kvalitou ovzduší 4. 11. 2015 – model operativních dat

Z obrázku je patrné, že zhoršené rozptylové podmínky měly nadregionální charakter a zasáhly v podstatě celé území ČR včetně venkovských a regionálních pozadových lokalit jako jsou třeba Košetice. Velmi špatná kvalita ovzduší v některých měsících (např. únor 2013 či právě listopad 2015) vedla dokonce v krajích sousedících s krajem Vysočina k vyhlášení smogových situací (Pardubický, Středočeský).

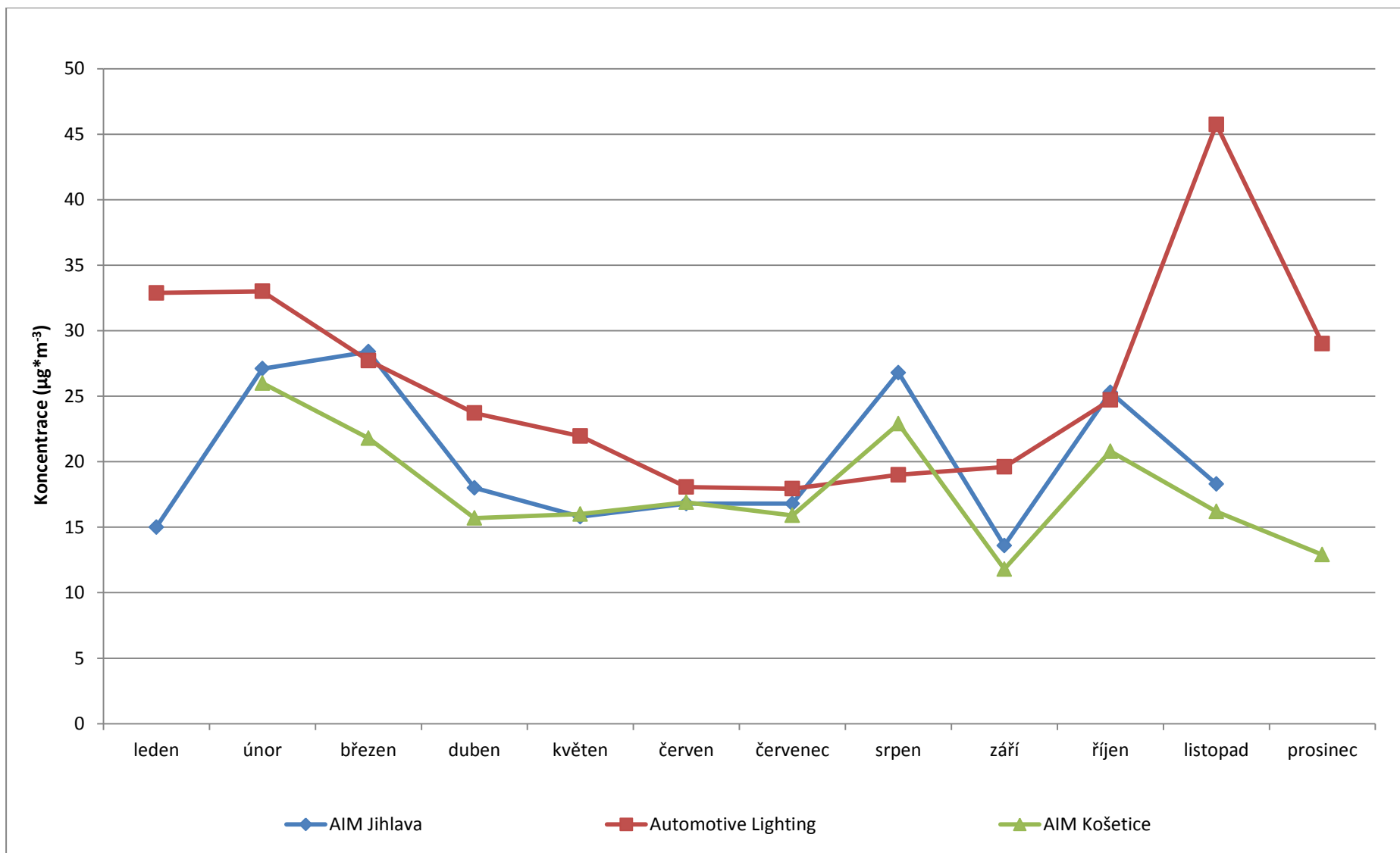
Z Obr. 8 a Obr. 11 zobrazující trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM je patrné, že koncentrace měřené v lokalitách AIM Jihlava a Košetice jsou velmi podobné a že tedy v residenční pozadové části města Jihlava jsou z hlediska kvality ovzduší velmi dobré podmínky srovnatelné s regionálním pozadím. V průmyslové lokalitě poblíž dálnice D1 jsou koncentrace ztelně vyšší, avšak ani zde se koncentrace neblíží dopravním lokalitám ve velkých aglomeracích, jako jsou Praha či Brno.



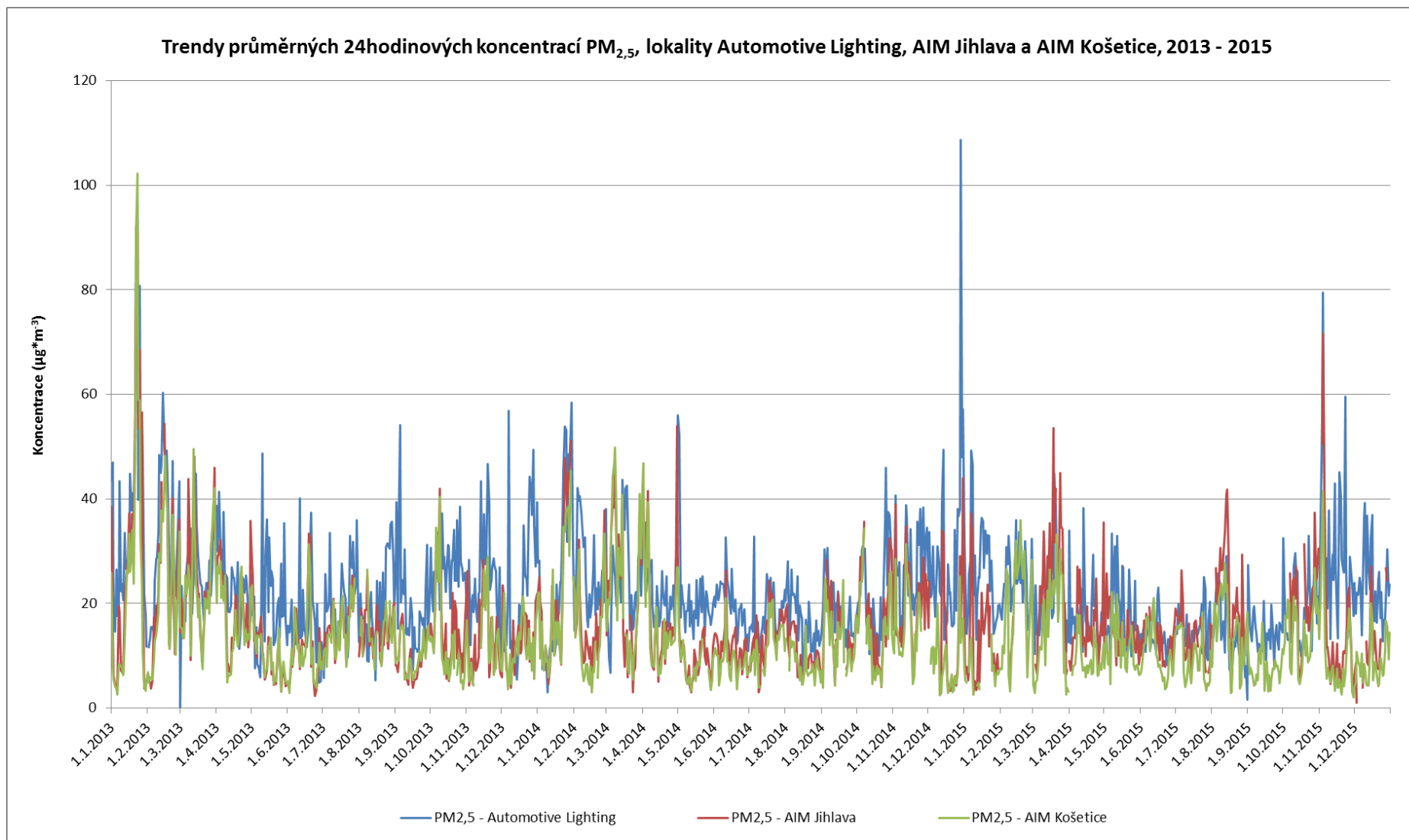
Obr. 8 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2013 - 2015



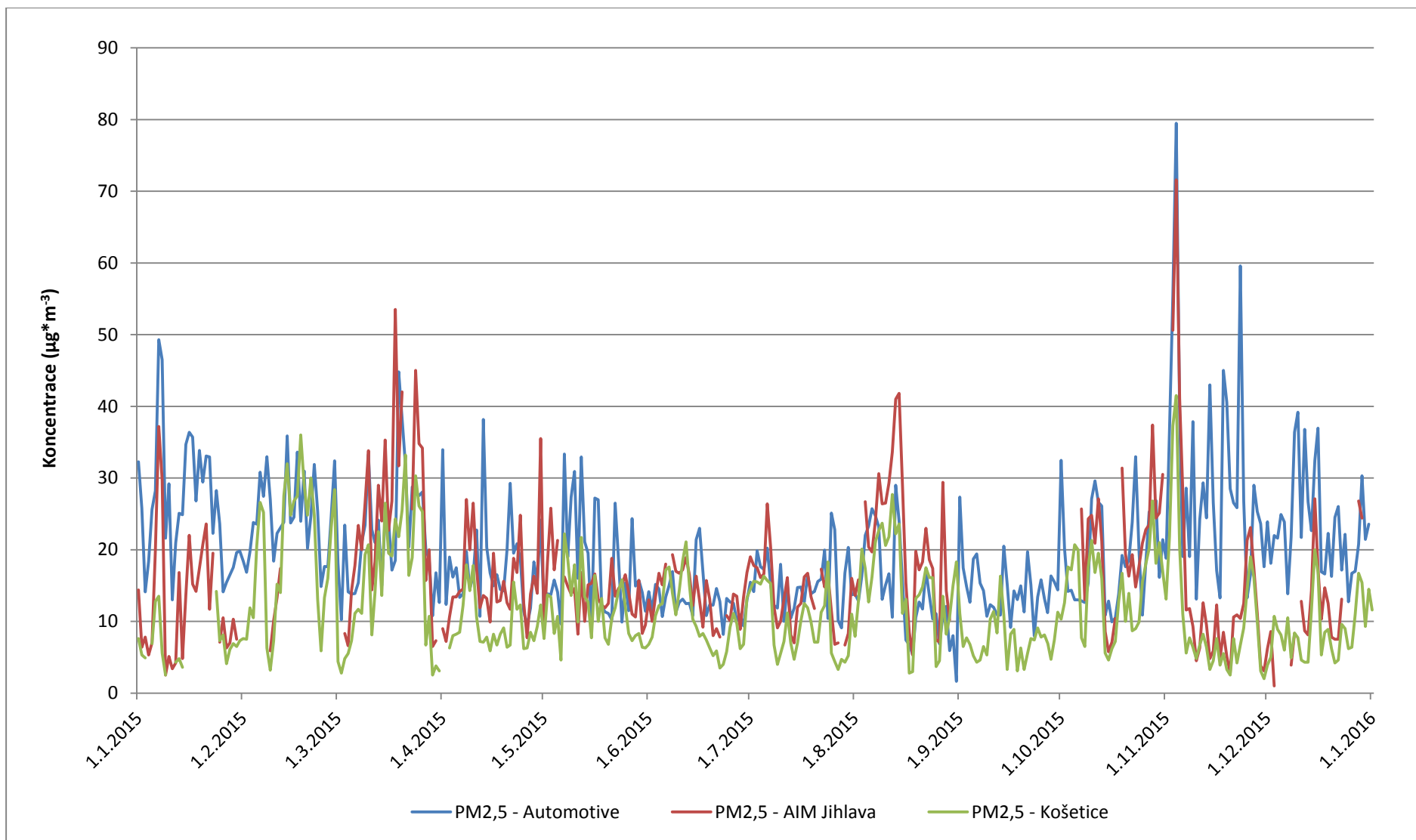
Obr. 9 – Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀ naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2015



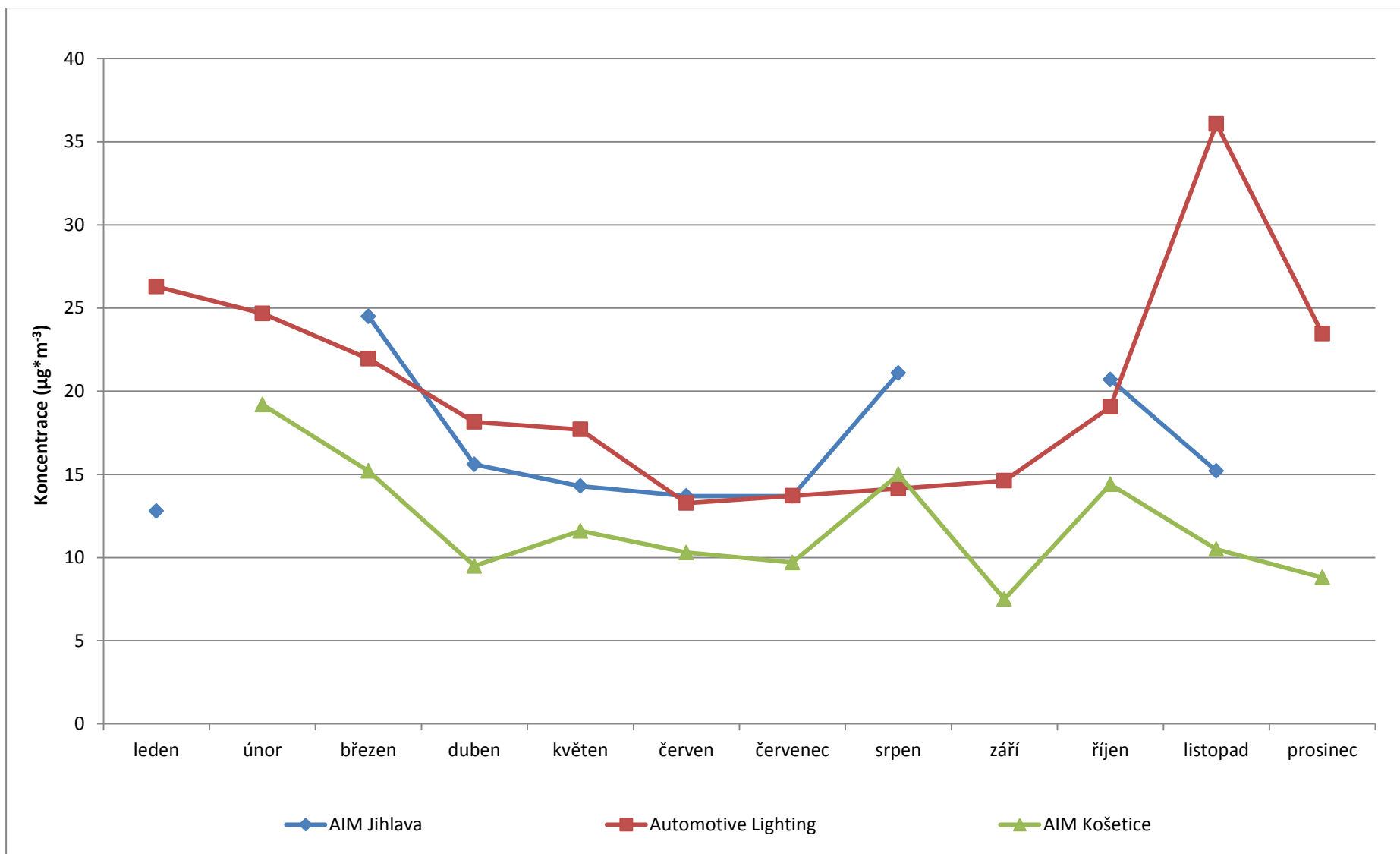
Obr. 10 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ na stanicích AIM Jihlava, Automotive Lighting a Košetice, rok 2015



Obr. 11 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM_{2,5}, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2013 – 2015

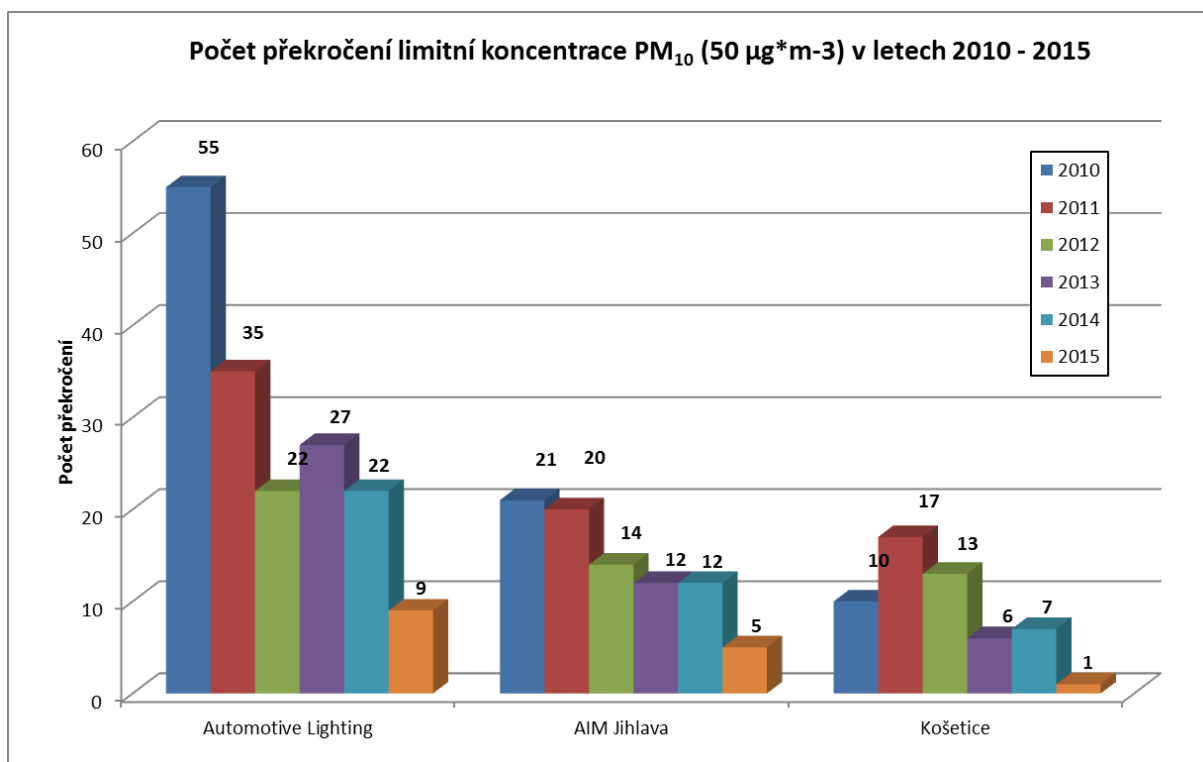


Obr. 12 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací PM_{2,5} naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2013



Obr. 13 -Průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5} na stanicích AIM Jihlava, Automotive Lighting a Košetice, rok 2013

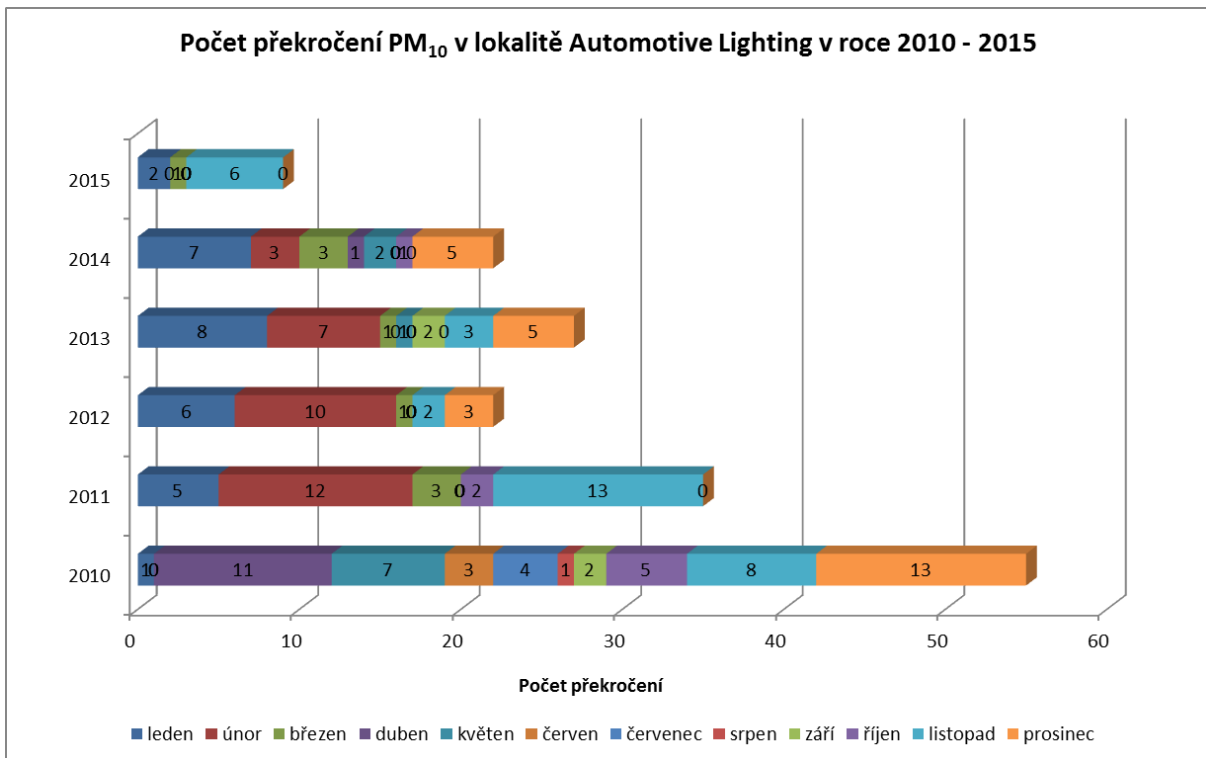
Z hlediska průměrných 24hodinových koncentrací legislativa povoluje 35x za 1 kalendářní rok překročit koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čili se sleduje počet překročení této koncentrace nebo se vyhodnotí 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace, která pokud je vyšší než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tak byl překročen imisní limit. Na Obr. 14 je zobrazen počet překročení na jednotlivých lokalitách v letech 2010 - 2015. V roce 2011 překročila lokalita Automotive Lighting právě 35x koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, k překročení imisního limitu tedy nedošlo. V roce 2012 pak došlo pouze k 22 překročením, imisní limit tedy nebyl překročen se značnou rezervou. V roce 2013 pak došlo k mírnému zhoršení a rok 2014 se vrátil na úroveň roku 2012 – pouze 22 překročení. V roce 2015 došlo k dramatickému poklesu počtu překročení na všech lokalitách díky velmi příznivým rozptylovým podmínkám během celého roku. Došlo pouze k 9 překročením, v případě AIM Jihlava došlo k 5 překročením a lokalita Košetice pouze jednou překročila hodnotu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



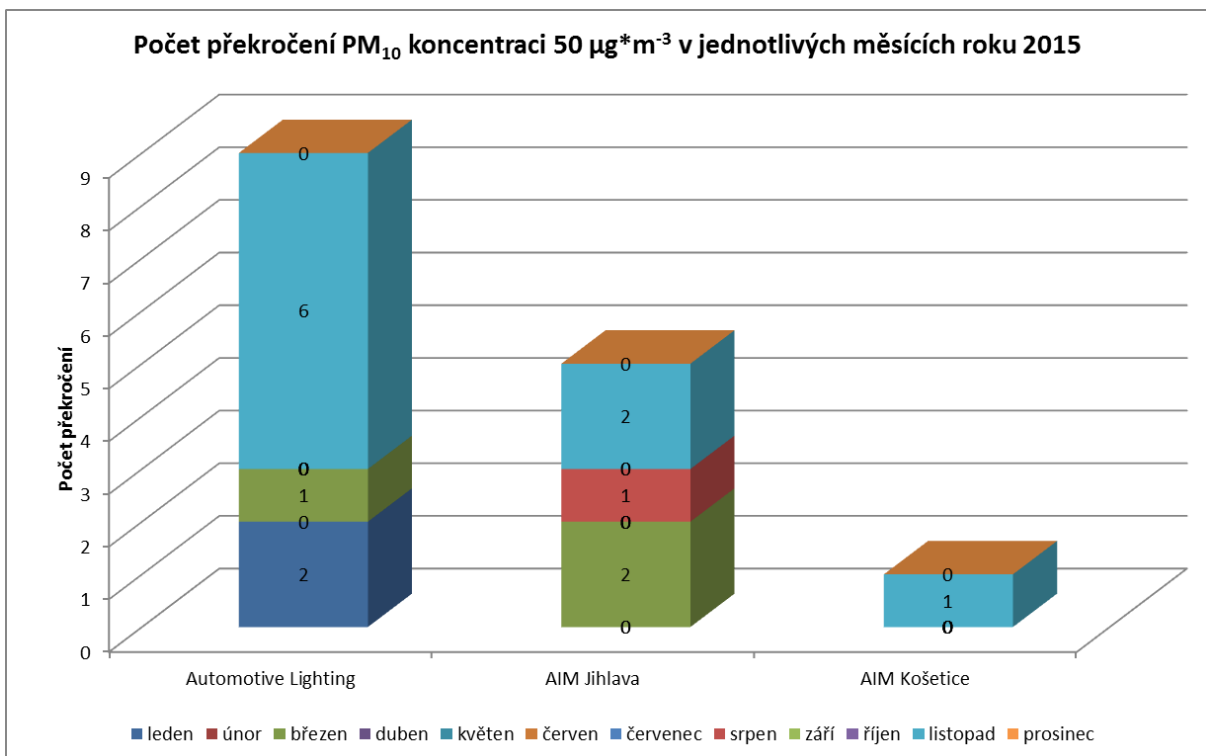
Obr. 14 - Počet překročení limitní koncentrace PM₁₀ ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v letech 2010 - 2015

Vyšší počet překročení v lokalitě Automotive Lighting je nutné přičíst zejména vlivu dopravy jednak z logistiky průmyslové zóny a také z dálnice D1. V roce 2010 byla rovněž stanice často ovlivněna stojícími kamiony v blízkosti stanice s nastartovanými dieselvými motory, které v trendu koncentrací udělaly mnoho špiček a zvýšily počty překročení v roce 2010. Toto ovlivnění se ukázalo zejména v letních měsících, kdy byly měřeny vyšší koncentrace. Pro vyšší reprezentativnost byla stanice trochu posunuta mimo vliv stojících kamionů, což se projevilo zejména tím, že nedocházelo k překračování v letních měsících (viz. Obr. 15). Vliv dopravy oproti lokalitě AIM Jihlava je však stále znatelný, proto stále v této lokalitě dochází k nejvíce překročením. Avšak v letech 2011 - 2015 je již patrná návaznost na pozadové koncentrace – pokud jsou tyto zvýšené, snáze pak příspěvek z dopravy pomůže překročit hranici $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Zvýšené pozadové koncentrace jsou v chladné části roku, v těchto měsících překračují i pozadové lokality nebo se blíží ke koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což v případě dopravní stanice Automotive Lighting často znamená překročení. Avšak stejně jako pozadových stanic v Jihlavě

či Košetících docházelo k překračování pouze v zimním období během topné sezóny a špatných rozptylových podmínek (říjen – březen). V letních měsících k překračování nedocházelo (Obr. 16).



Obr. 15 - Počet překročení PM₁₀ v lokalitě Automotive Lighting v roce 2010 až 2015



Obr. 16 - Počet překročení PM₁₀ v jednotlivých lokalitách a měsících roku 2015

Z Obr. 16 je patrné, že nejhorším měsícem byl listopad. Začátkem měsíce byla epizoda zhoršených rozptylových podmínek prakticky v celé ČR, některé zóny a aglomerace musely vyhlásit smogovou situaci. To se kraje Vysočina sice nedotklo, přesto se zvýšené koncentrace vyskytovaly a zejména v lokalitě Automotive Lighting došlo k 6 překročením.

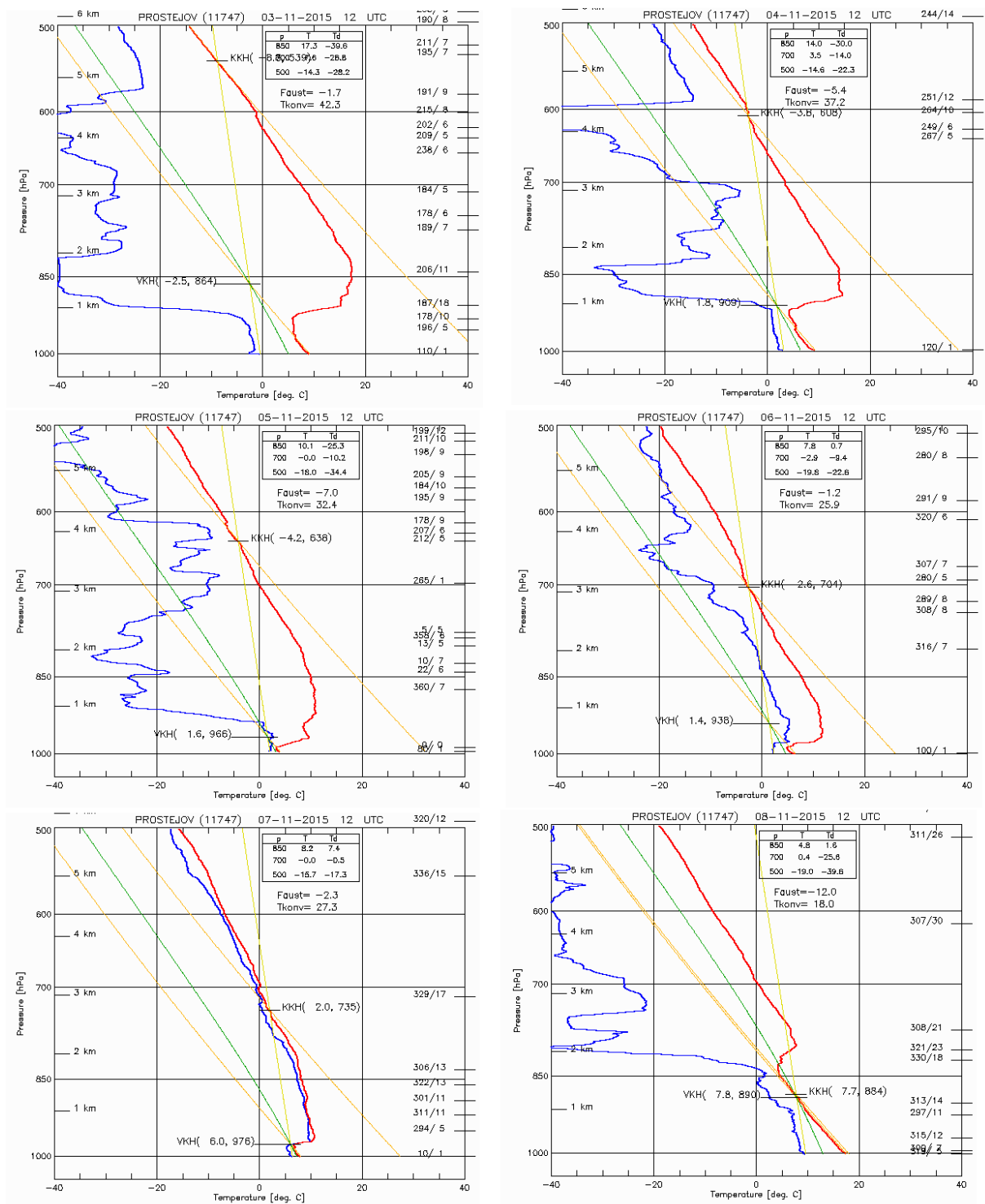
3.1.3 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace částic

Jak již bylo uvedeno výše a je patrné z grafu na Obr. 16, k překračování dochází na pozadových lokalitách pouze a na dopravních převážně v chladné části roku (leden-březen, říjen-prosinec), kdy zvýšené koncentrace způsobují 2 faktory – meteorologické podmínky a malé zdroje (vytápění domácnosti – viz. následující kapitola).

Meteorologické podmínky v zimě vlivem častějších a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytvoří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětří nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste.

Velmi dobře je vliv rozptylových podmínek patrný z konce roku 2011 – zatímco v listopadu byly dlouhé epizody s inverzním charakterem počasí, v prosinci se inverze téměř nevyskytovaly, atmosféra byla dobře provětrávána a rovněž přibýlo srážek. To se odrazilo jak v koncentracích PM, tak v počtech překročení PM₁₀ – v listopadu jich bylo 13, v prosinci žádné. Na vině byla především delší období s teplotní inverzí (Obr. 17). Obdobná situace nastala začátkem roku 2012, kdy v únoru došlo zhruba k dvojnásobnému počtu překročení koncentrace 50 µg*m⁻³ oproti lednu (Obr. 16). V letech 2013 až 2015 k delším epizodám s inverzním charakterem počasí nedocházelo.

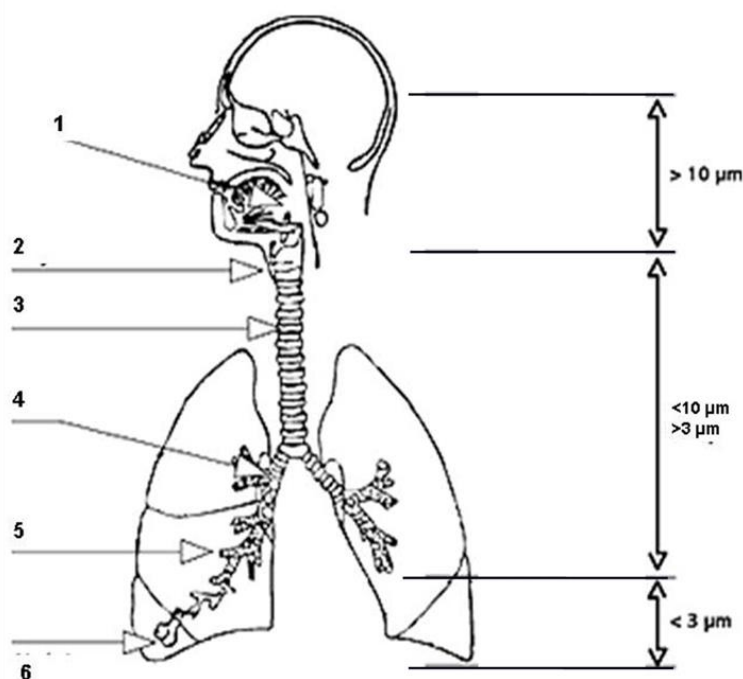
Grafy na následujícím Obr. 17 zobrazují vývoj meteorologických charakteristik ze sondážního měření v Prostějově. Důležitá je zejména červená křivka – vertikální profil teploty. Již 3. 11. je vidět zlom v oblasti zhruba 1 km, kdy dochází k inverznímu jevu – s rostoucí nadmořskou výškou teplota roste (při normálním chování teplota s nadmořskou výškou klesá). Svůj vliv na této situaci měl příliv teplého vzduchu od jihu zejména ve vyšších vrstvách atmosféry. Výška teplotní inverze tedy byla okolo 1 km. S postupujícími dny však neustále klesala. Atmosféra pod hranicí teplotní inverze byla stabilní, rychlosti proudění větru byly nízké a nedocházelo k rozptylu škodlivin. Zároveň neustále klesaly zejména minimální teploty, což mělo za následek vyšší míru topení a tedy produkci více škodlivin, které nebyly rozptylovány. Koncentrace tak neustále rostly až do 7. 11., kdy byla teplotní inverze rozrušena a navíc téměř po celém území kraje docházelo ke srážkám, což pomohlo vyčistit atmosféru a došlo tak k razantnímu poklesu koncentrací škodlivin v ovzduší. Poslední graf na Obr. 17 z 8. 11. 2015 tak již zobrazuje pokles teploty s rostoucí nadmořskou výškou až do cca 2 km, kde dochází k mírnému inverznímu jevu. Přesto již byly rozptylové podmínky dobré.



Obr. 17 – Vývoj teplotní inverze ve dnech 3. 11. 2015 – 8. 11. 2015

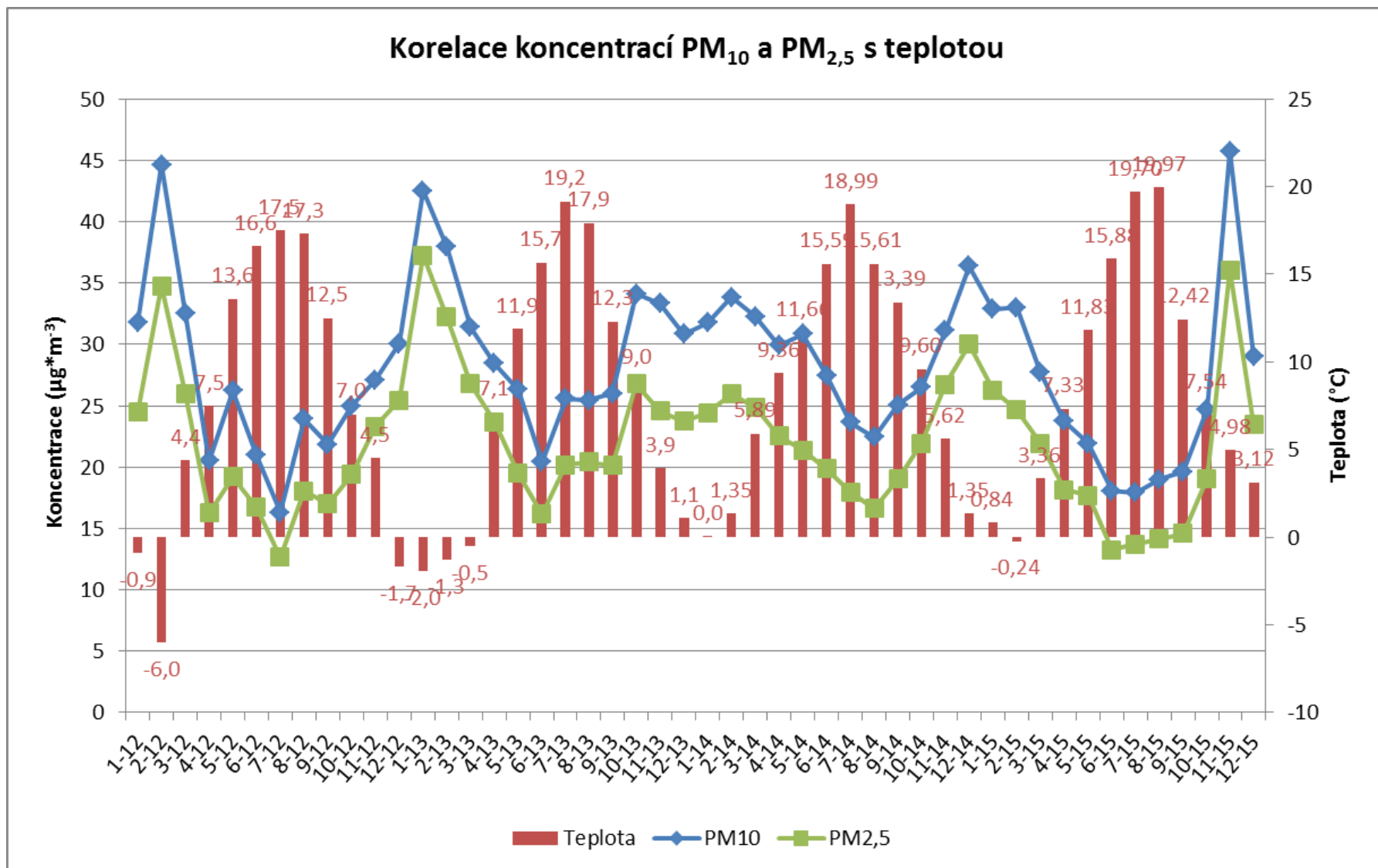
Dalším významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je teplota vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s klesající teplotou rostou koncentrace částic v ovzduší (Obr. 19), přičemž je více zastoupená jemnější frakce (Obr. 20) a naopak s rostoucí teplotou koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená hrubší frakce částic. Teplota však spolu se slunečním zářením má vliv i na tvorbu částic z plynných prekurzorů tzv. nukleací.

Jak je patrné z Obr. 19, nejvyšších hodnot koncentrací PM je dosahováno v zimních měsících s nejnižšími teplotami. Hodně závisí také na tom, jestli je inverzní charakter počasí s nízkými rychlostmi proudění větru, to jsou pak koncentrace zpravidla ještě vyšší. Zároveň je také z grafu na Obr. 20 patrné, že právě v těchto měsících je zastoupení jemnější frakce $PM_{2,5}$ v PM_{10} nejvyšší – činí až 86% v měsíčním průměru, ve vybraných dnech se téměř blíží 100 %, což znamená, že téměř veškerá PM_{10} je složena z $PM_{2,5}$. Toto je významné především ze zdravotního hlediska, jelikož čím je částice jemnější, tím „hlouběji“ do organismu se dokáže dostat a znamená tak pro lidské zdraví větší riziko. Názorně to zobrazuje Obr. 18 – částice s průměrem větším než $10\ \mu m$ jsou zpravidla zachyceny již v ústní dutině či v nose a jsou zpětně vykašlány ven. Tyto částice jsou pro člověka minimálně nebezpečné, proto jsou v rámci imisního monitoringu sledovány částice s nižším průměrem. Frakce s průměrem částic od $2,5\ \mu m$ do $10\ \mu m$ se již usazují v lidském těle, a to zpravidla v hltanu (1), hrtanu (2), průdušnici (3) a průduškách (4). Jemnější frakce do $2,5\ \mu m$ průměru pak sedimentují až průdušinkách (5) či plicních sklípcích (6), skrz které mohou ty nejjemnější částice (průměr menší než $1\ \mu m$) prostupovat do krevního oběhu.

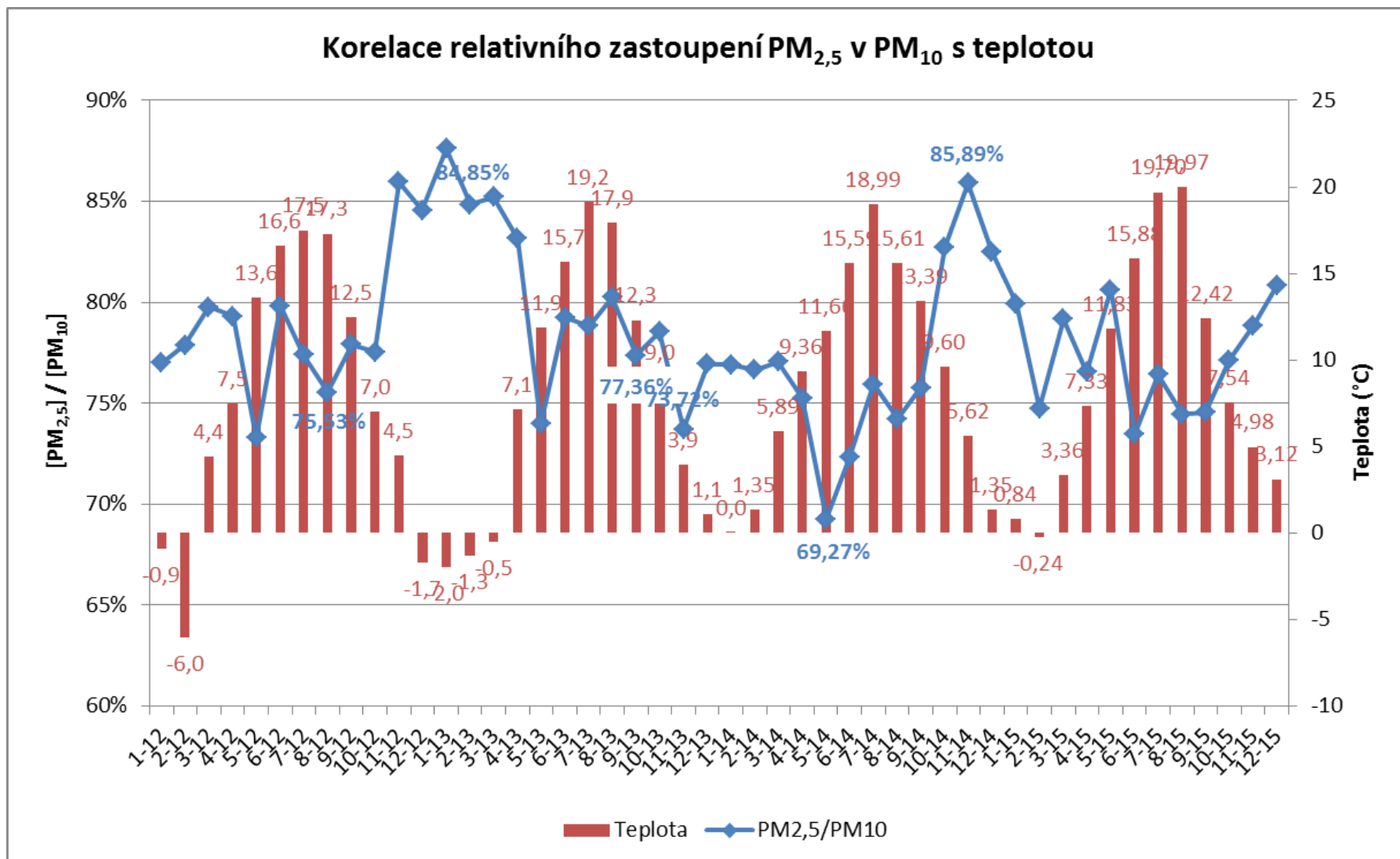


Obr. 18 - Prostupnost jednotlivých frakcí částic dýchacím traktem člověka

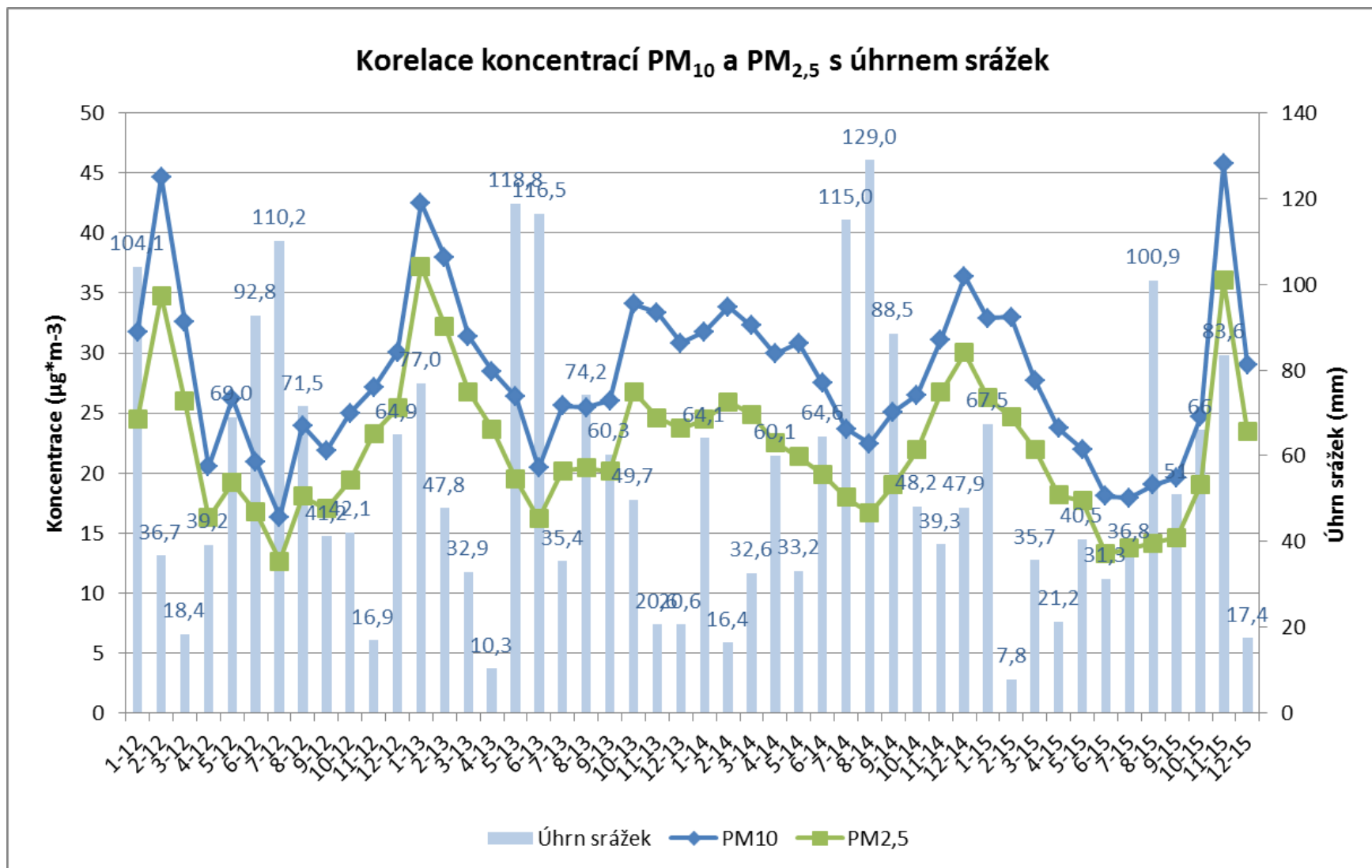
Dalším významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace částic v ovzduší je přítomnost/nepřítomnost srážek. Srážky mají na částice dvojitý účinek – jednak pročišťují atmosféru tím, že strhávají částice k zemi, a jednak zvlhčením povrchu a částic na něm dochází v mnohem menší míře k re-emisi. Bylo zjištěno, že při bezesrážkových epizodách (alespoň 5 dní bez srážek), jsou koncentrace PM_{10} v průměru o $6\ \mu g \cdot m^{-3}$ vyšší. Velmi dobře je patrný vliv nedostatku srážek v březnu 2012 či únoru 2015, kdy bylo v měsíčním úhrnu pouze minimum srážek a koncentrace PM vzrostly (Obr. 21). Nedostatek srážek zde souvisel s dlouhotrvající teplotní inverzí, kterou nerozrušila žádná fronta, a proto byly koncentrace v listopadu 2011 obzvláště vysoké, přestože teploty ještě příliš nízké nebyly. I z tohoto důvodu je vhodné kropit a smetat vozovky – nedochází tolik k resuspenzi a koncentrace PM v ovzduší klesá.



Obr. 19 - Korelace koncentrací PM s teplotou, lokalita Automotive Lighting, 2012-2015



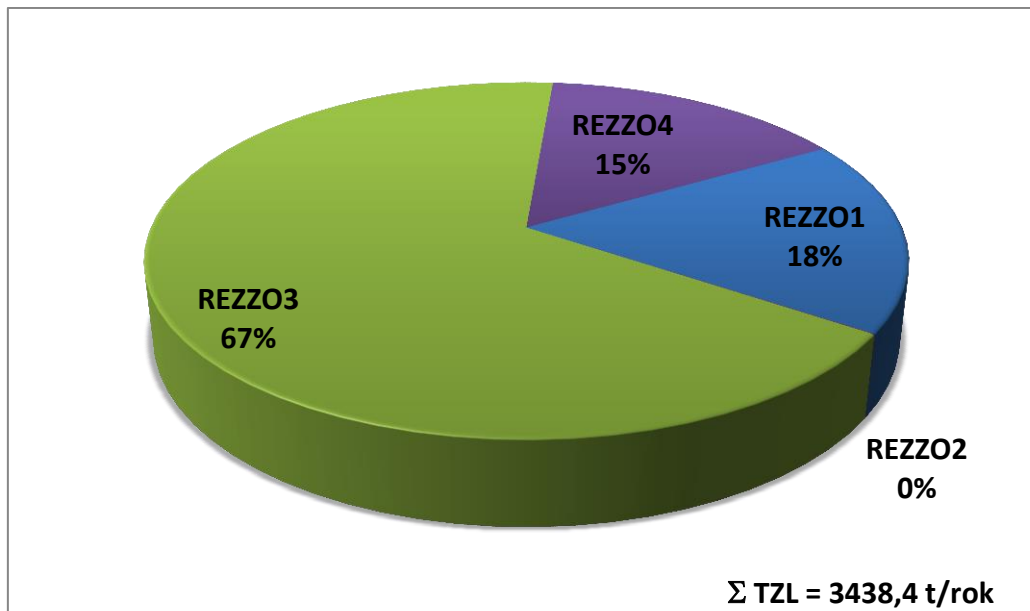
Obr. 20 - Korelace relativního zastoupení PM_{2,5} v PM₁₀ s teplotou, lokalita Automotive Lighting, 2012-2015



Obr. 21 - Korelace průměrných měsíčních koncentrací PM s měsíčním úhrnem srážek, lokalita Automotive Lighting, 2012-2015

3.1.4 Lokální topeniště

Druhým velmi významným faktorem po meteorologických podmínkách, výrazně ovlivňující vyšší koncentrace částic v chladné části roku, jsou lokální topeniště (označované v bilanci jako REZZO 3), vytápění domácností. Tyto zdroje jsou na rozdíl od průmyslu a dopravy v provozu pouze v chladné části roku po čas topné sezóny. Přesto jsou nejvýznamnějším zdrojem tuhých znečišťujících látek v ovzduší v kraji Vysočina, jak znázorňuje Obr. 22.



Obr. 22 - Podíl jednotlivých kategorií zdrojů na celkových emisích TZL v kraji Vysočina

Z Obr. 22 je patrné, že největším producentem prašnosti v kraji jsou právě lokální topeniště, které přestože **jsou v provozu cca půl roku** (v chladné části roku), tak **v celoroční bilanci produkuje dvě třetiny** veškeré prašnosti. V zimě bude tedy toto procento mnohem vyšší a malé zdroje jsou významným znečišťovatelem ovzduší v kraji Vysočina.

Z hlediska paliv je pro snížení koncentrací PM emitovaných z lokálních topenišť nejvhodnější plyn, který žádné částice neprodukuje. Bohužel s jeho rostoucí cenou se stále více lidí vrací ke spalování fosilních paliv či dřeva, přestože mají možnost topit plynem. Situace je o to horší, že kromě fosilních tuhých paliv jsou spoluspalovány i odpady. Díky tomu se do ovzduší dostává spousta dalších škodlivin, zejména polyaromatické uhlovodíky a další organické sloučeniny, jako je např. formaldehyd. Navíc komíny malých zdrojů zpravidla nejsou ve velké výšce, a proto nedochází k dobrému rozptýlení škodlivin v ovzduší, zvláště při inverzích tak škodliviny z malých zdrojů zůstávají přímo v obci. Lokální topeniště se tak stávají nejožehavějším problémem z hlediska zlepšování kvality ovzduší. Zdroje vyjmenované v příloze č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší jsou kontrolovány a nuceny snižovat emise díky novým BAT technologiím. Opatření v dopravě jsou realizována sice pomaleji, avšak zejména co se vymísťování dopravy z obydlených oblastí (obchvaty měst), či zvyšování plynulosti dopravy, jde o významné zlepšení kvality ovzduší. V případě lokálních topenišť – domácností – však zatím žádná opatření nefungují, zejména proto, že není možné kontrolovat, co kdo spaluje a jak se stará o svůj majetek. Jediným možným způsobem, jak ovlivnit alespoň částečně tento sektor, je vzdělávání obyvatelstva odborníky z oboru či vysvětlování těchto principů na školách.

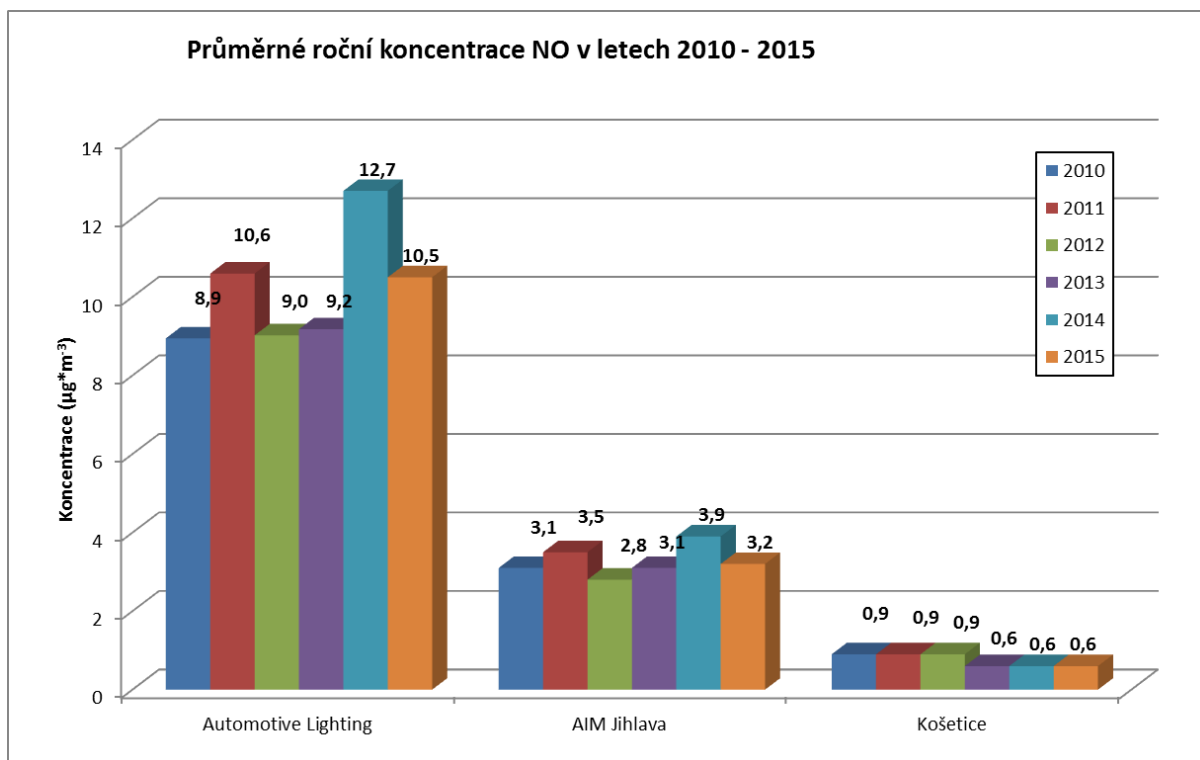
3.2 Oxidy dusíku NO, NO₂ a NO_x

3.2.1 Průměrné roční koncentrace

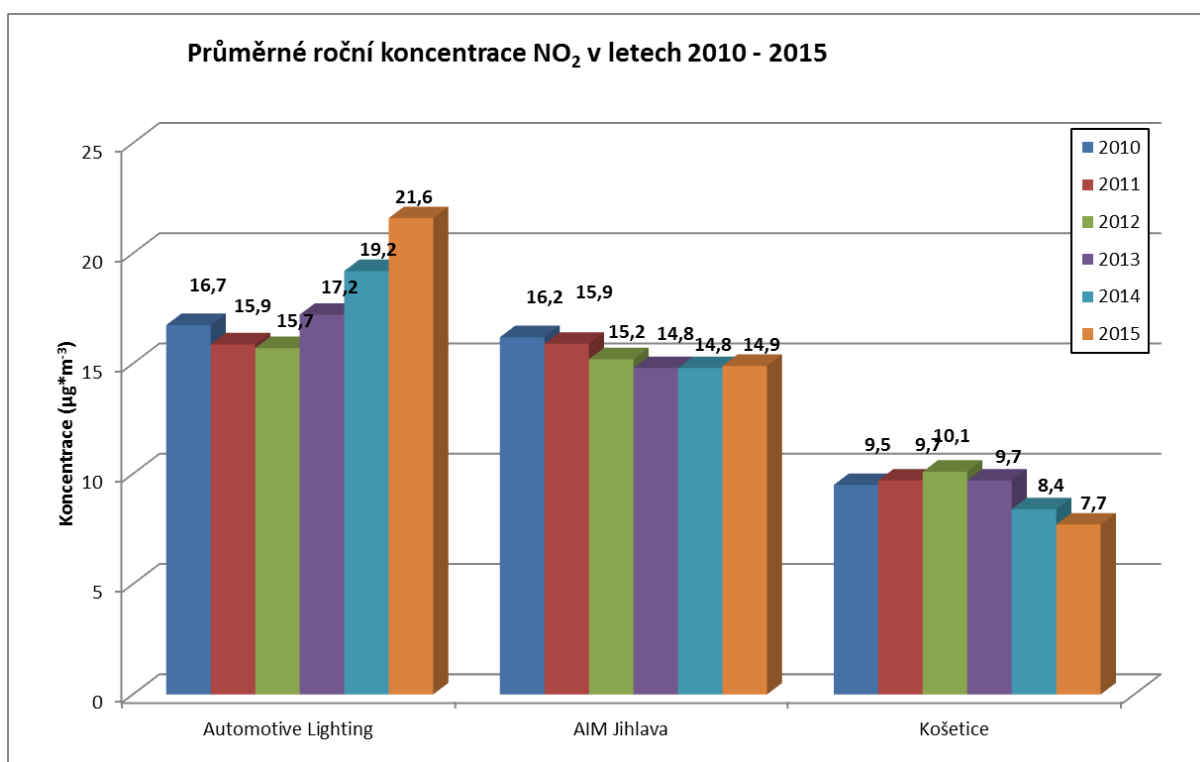
Na následujících Obr. 23, Obr. 24 a Obr. 25 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x v lokalitách Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice. Z obrázků je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny v lokalitě Automotive Lighting a nejnižší v Košetících. Důvodem je výrazné ovlivnění lokality Automotive Lighting mobilními zdroji, které jsou majoritním zdrojem oxidů dusíku (viz. Obr. 3), konkrétně pak NO. Proto je nejvýraznější rozdíl v naměřených koncentracích mezi jednotlivými lokalitami právě v případě NO (Obr. 23). Vliv dopravy se pak projevuje rovněž v koncentracích NO_x (Obr. 25), což je vlastně součet NO a NO₂. NO je pak v atmosféře postupně oxidován na NO₂, proto jsou nejvyšší koncentrace NO měřeny v dopravou zatížených lokalitách, ve větší vzdálenosti od dopravního zdroje se měří nižší koncentrace NO. Míru zatížení lokality dopravou tak lze vyjádřit poměrem koncentrací $[NO] / [NO_2]$. Čím vyšší má tento poměr hodnotu, tím více je lokalita zatížena dopravou (Obr. 26). Obrázek dokladuje, že lokalitu Automotive Lighting lze považovat za dopravní, AIM Jihlava a Košetice jsou lokality pozadové, přičemž AIM Jihlava je více ovlivněna dopravou.

Koncentrace NO₂ pak charakterizují oblast z hlediska spalovacích procesů. NO₂ vzniká při jakémkoli hoření (oxidaci), kde je přítomný vzduch (zastoupení dusíku ve vzduchu činí zhruba 78%, při oxidaci – reakci s kyslíkem – vzniká NO a dále NO₂). Z hlediska koncentrací NO₂ je patrné, že lokality Automotive Lighting a AIM Jihlava jsou na tom velmi podobně a koncentrace jsou vyšší než v Košetících. Přesto leží průměrné roční koncentrace NO₂ v obou letech na všech lokalitách **pod dolní mezí pro posuzování** a situace v Jihlavě je tedy z hlediska koncentrací NO₂ velmi dobrá.

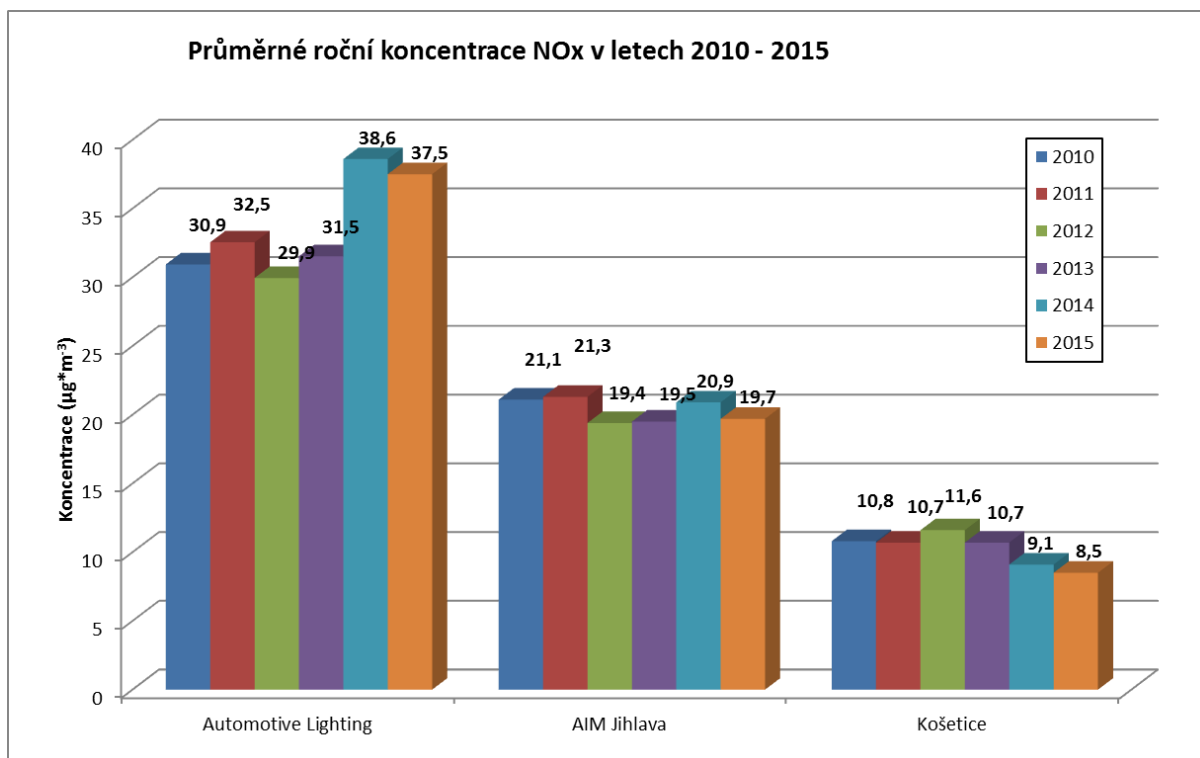
Při srovnání dvou Jihlavských lokalit je patrný zejména rozdíl v koncentracích NO. Na úrovni průměrných ročních koncentrací v roce 2015 byly koncentrace NO v lokalitě Automotive Lighting o 7,3 μg.m⁻³ (328 %) vyšší než v případě lokality AIM Jihlava v areálu ZŠ Demlova. Naproti tomu v případě průměrných ročních koncentrací NO₂ jsou koncentrace v lokalitě Automotive Lighting vyšší pouze o 6,7 μg.m⁻³ (145 %). Toto srovnání významně poukazuje na ovlivnění lokality Automotive Lighting mobilními zdroji.



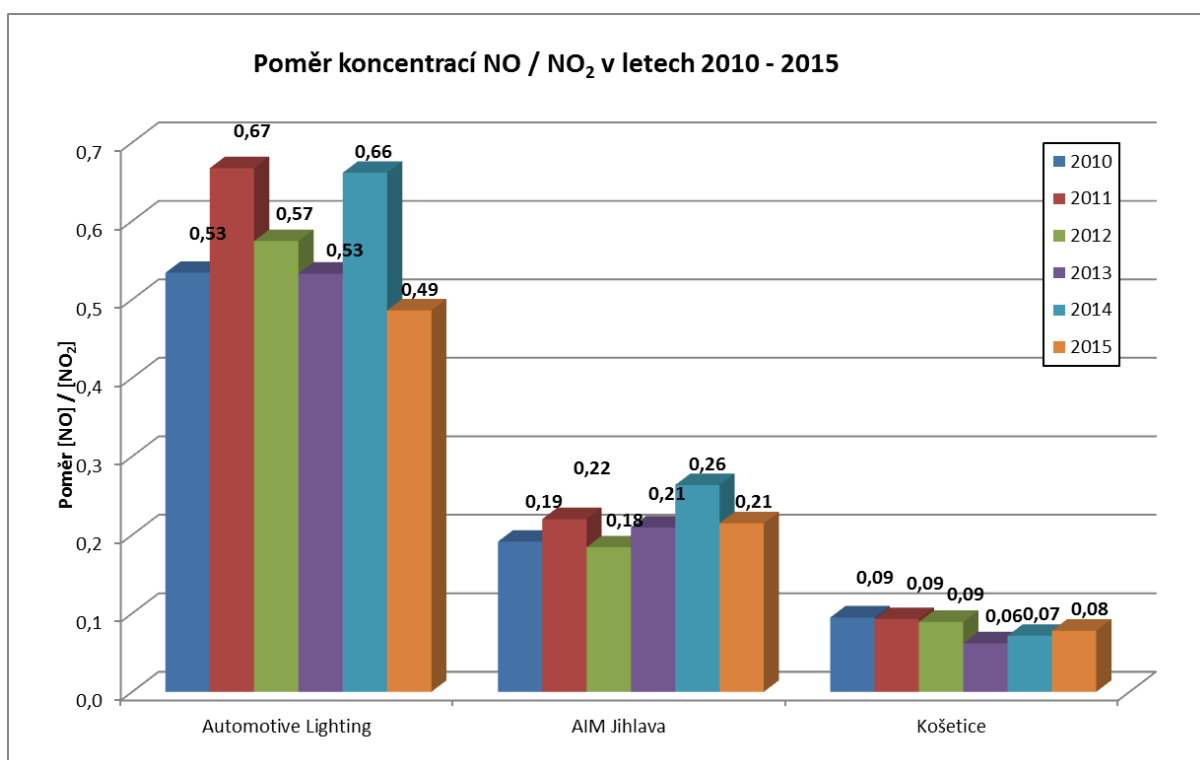
Obr. 23 - Průměrné roční koncentrace NO v letech 2010 - 2015



Obr. 24 - Průměrné roční koncentrace NO₂ v letech 2010 - 2015



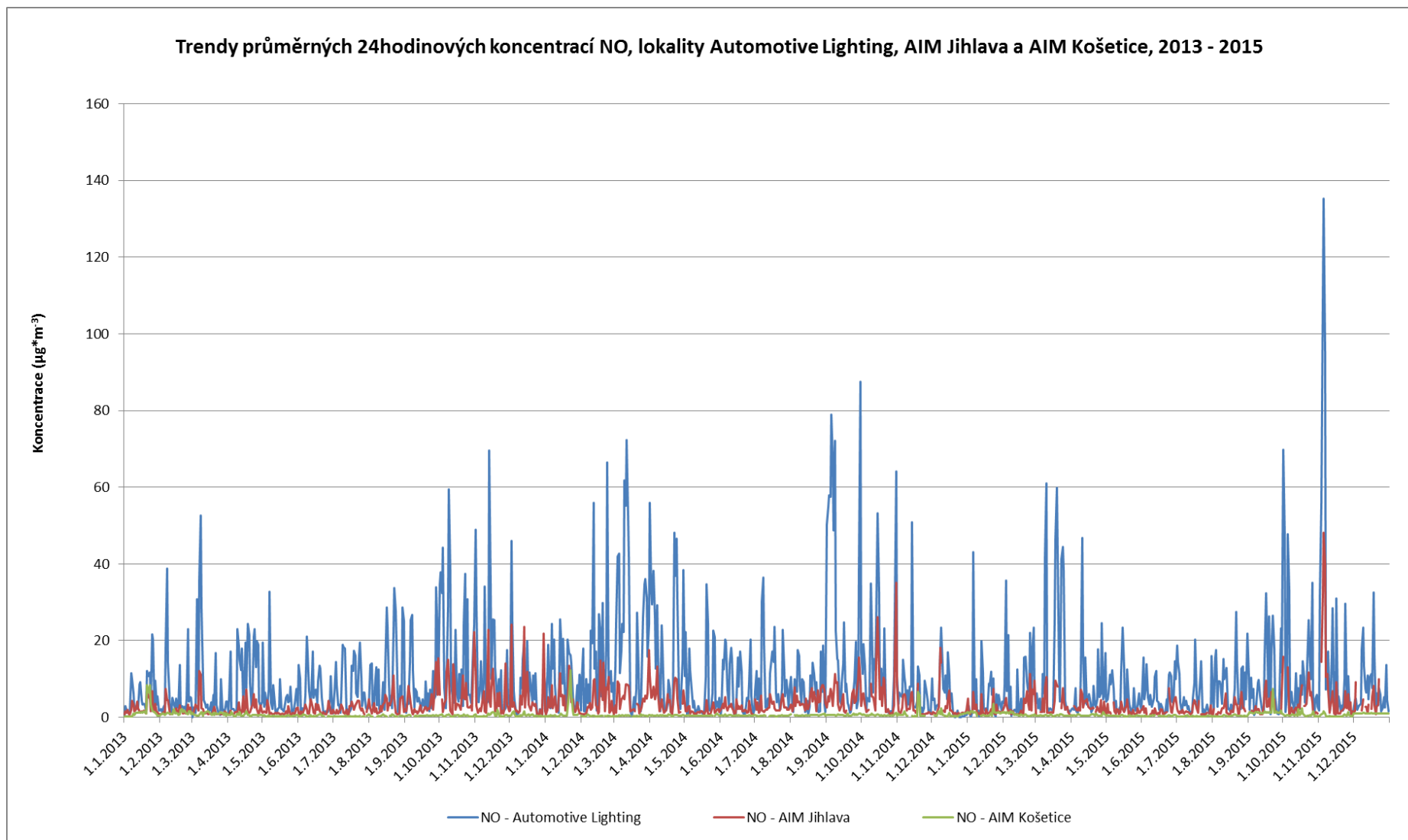
Obr. 25 - Průměrné roční koncentrace NOx v letech 2010 - 2015



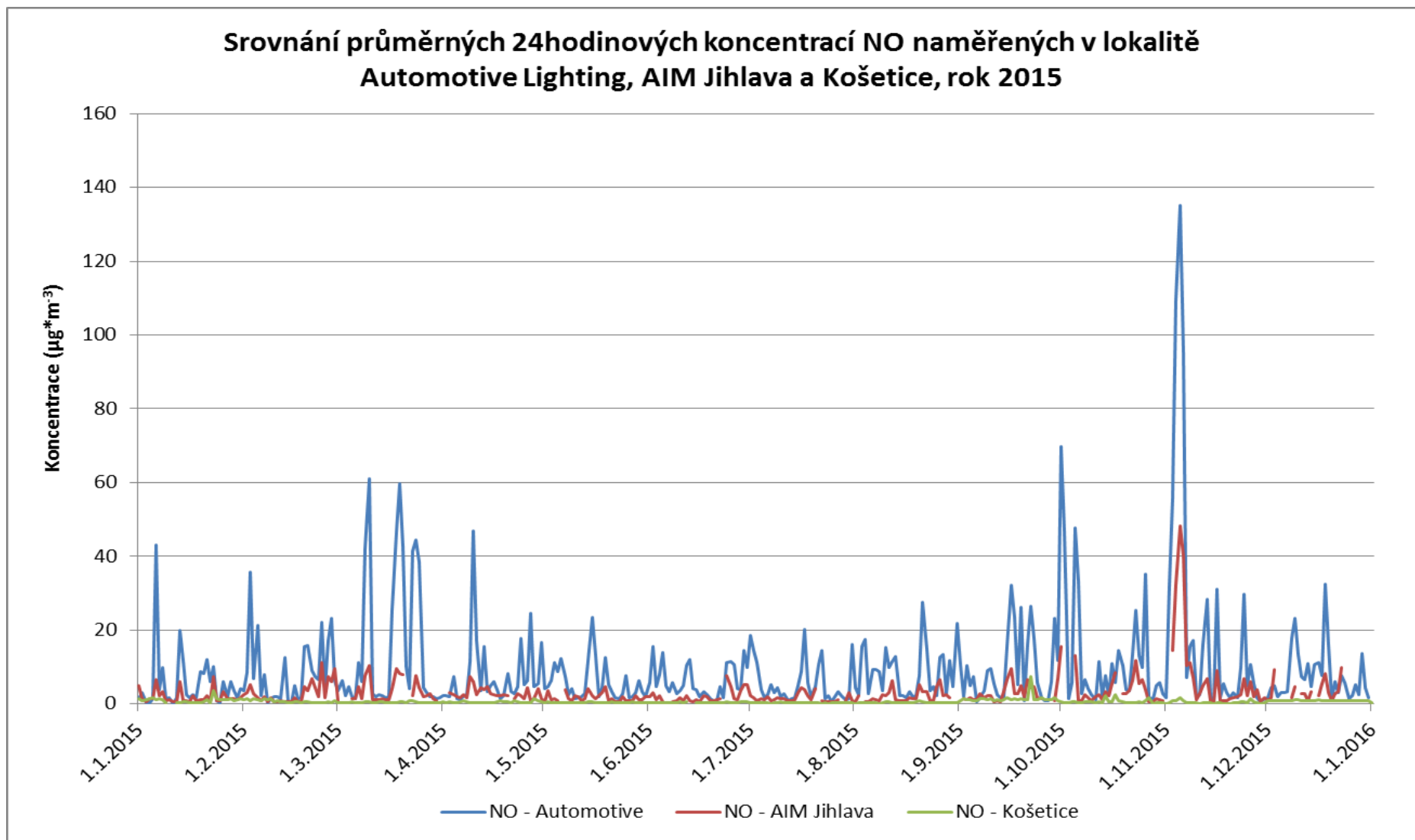
Obr. 26 - Poměr koncentrací NO / NO₂ v letech 2010 - 2015

3.2.2 Průměrné 24 hodinové koncentrace oxidů dusíku

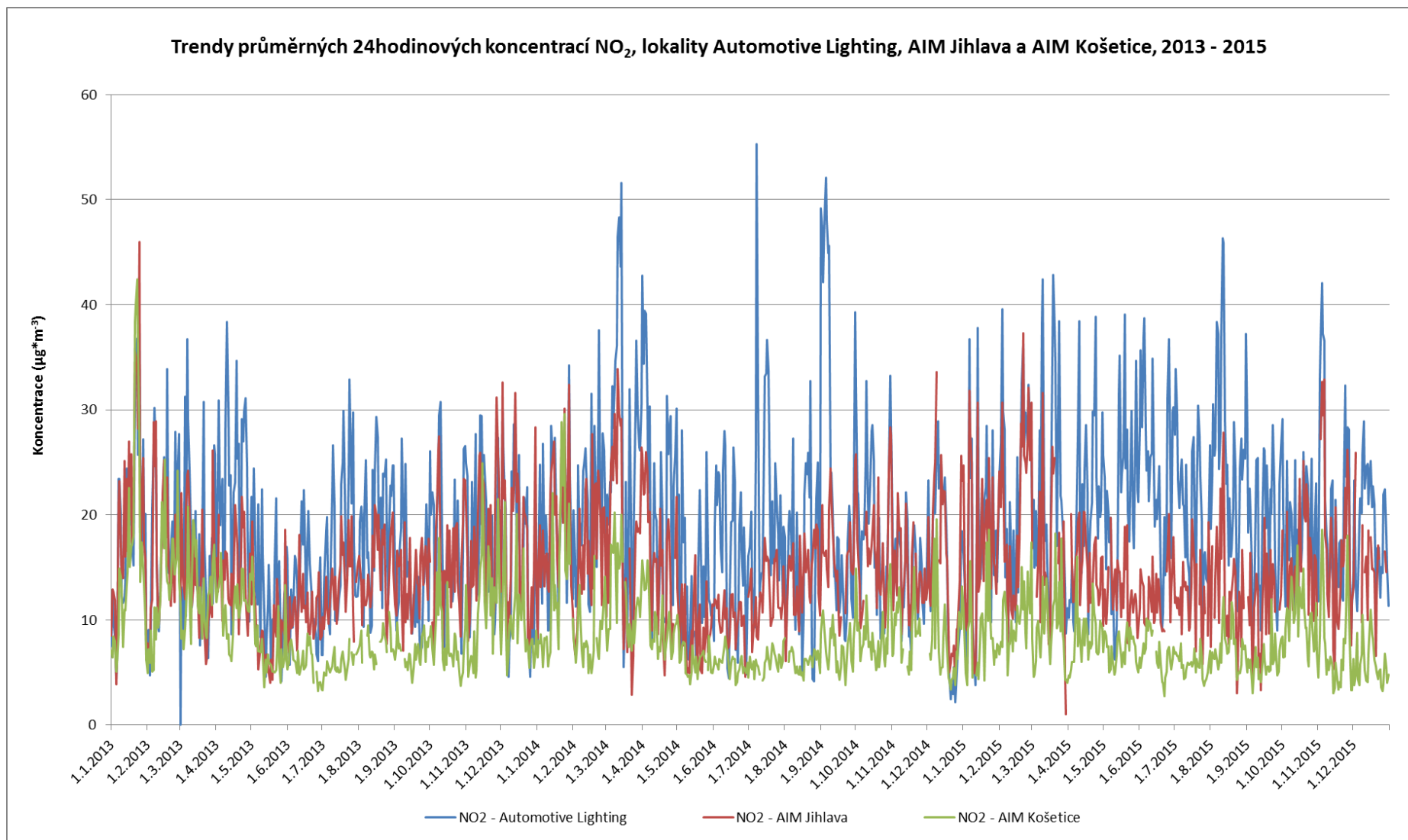
Průměrné 24hodinové koncentrace nemají v legislativě ukotven imisní limit, slouží spíš pro charakterizaci trendů. Z grafu na Obr. 27 jsou patrné píky vysokých koncentrací NO odpovídající vyššímu zatížení ze strany dopravy v lokalitě Automotive Lighting – jednak mohlo docházet k déletrvajícím prouděním od dálnice D1, nebo v areálu průmyslové zóny docházelo k většímu pohybu logistiky. V případě NO₂ na Obr. 29 je vidět vyrovnaný trend na všech lokalitách ovlivněný zejména roční dobou a meteorologickými podmínkami. V případě NO_x jde opět o součet NO + NO₂ a tudíž jsou na Obr. 31 patrné charakteristické píky NO.



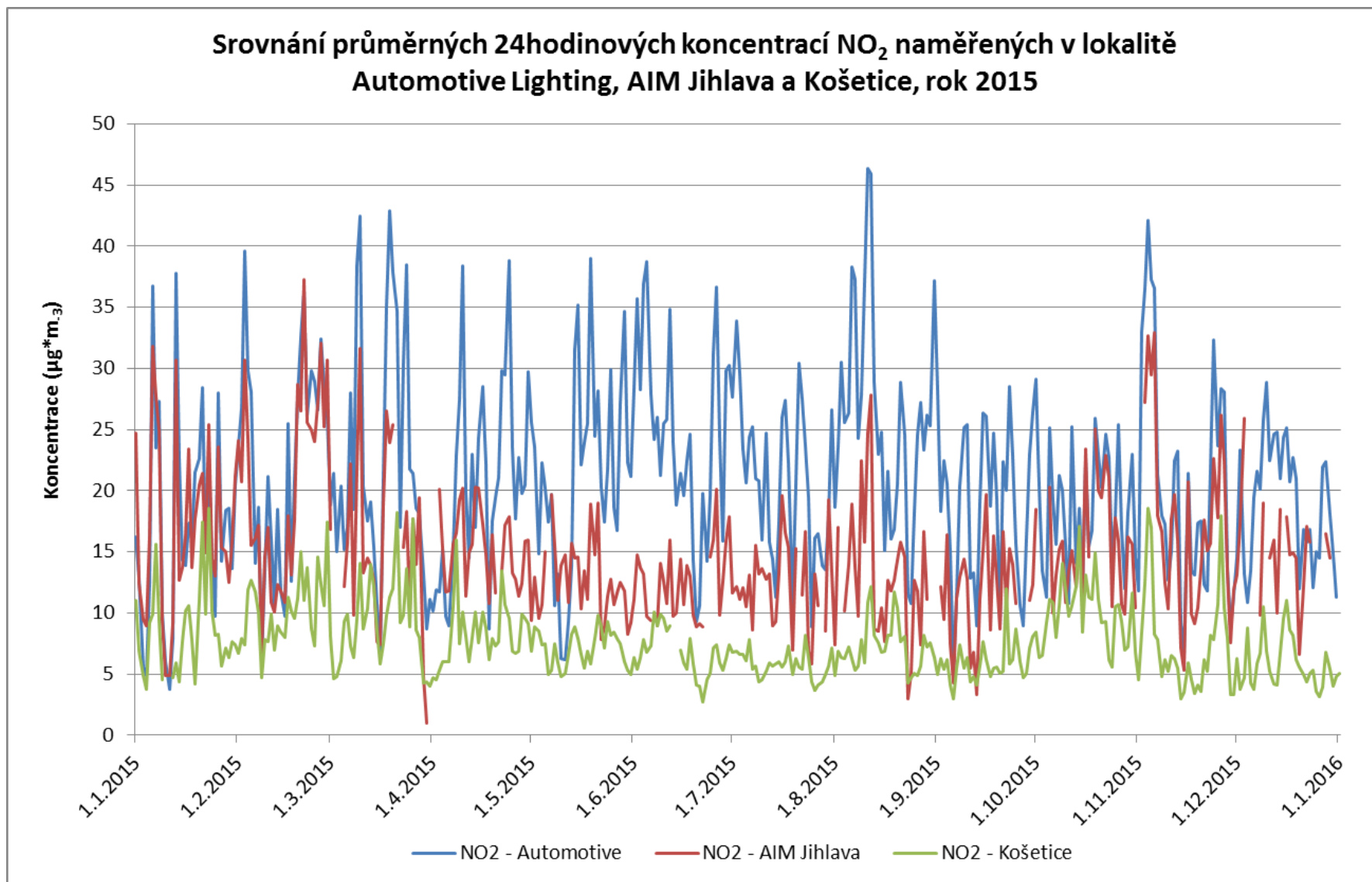
Obr. 27 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2013 – 2015



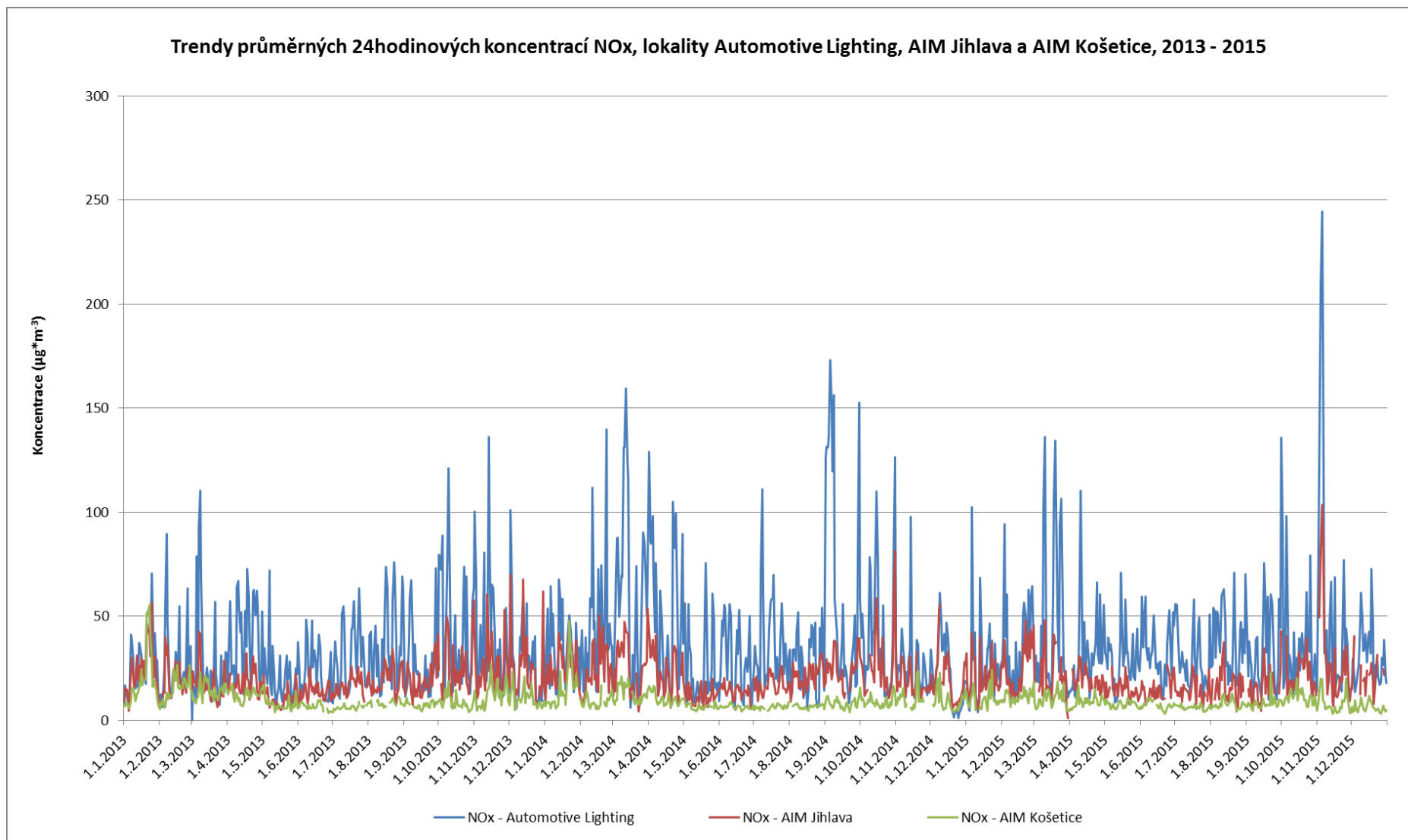
Obr. 28 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NO naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2015



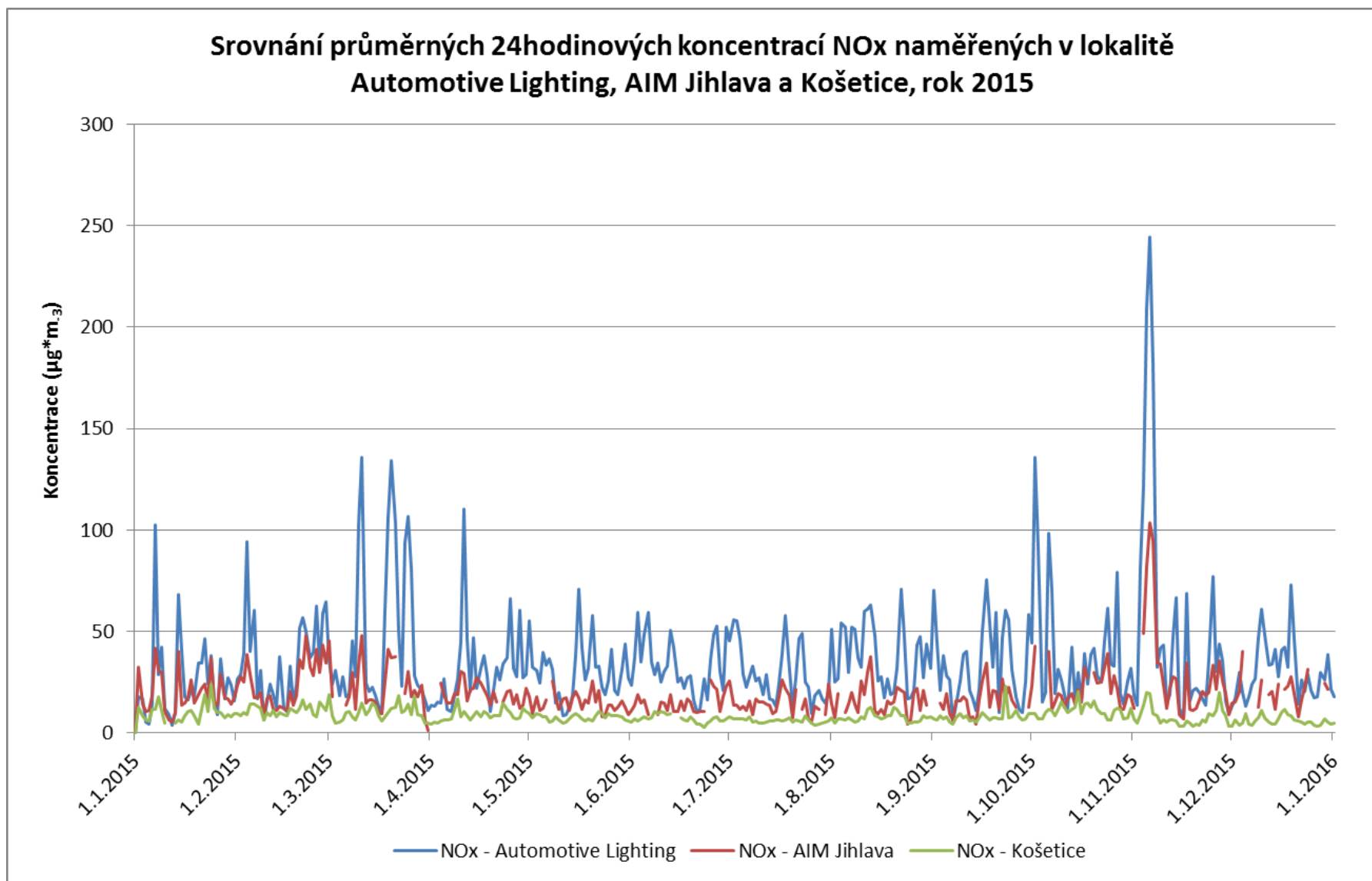
Obr. 29 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO₂, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2013 - 2015



Obr. 30 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NO₂ naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2015



Obr. 31 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO_x, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2013 – 2015

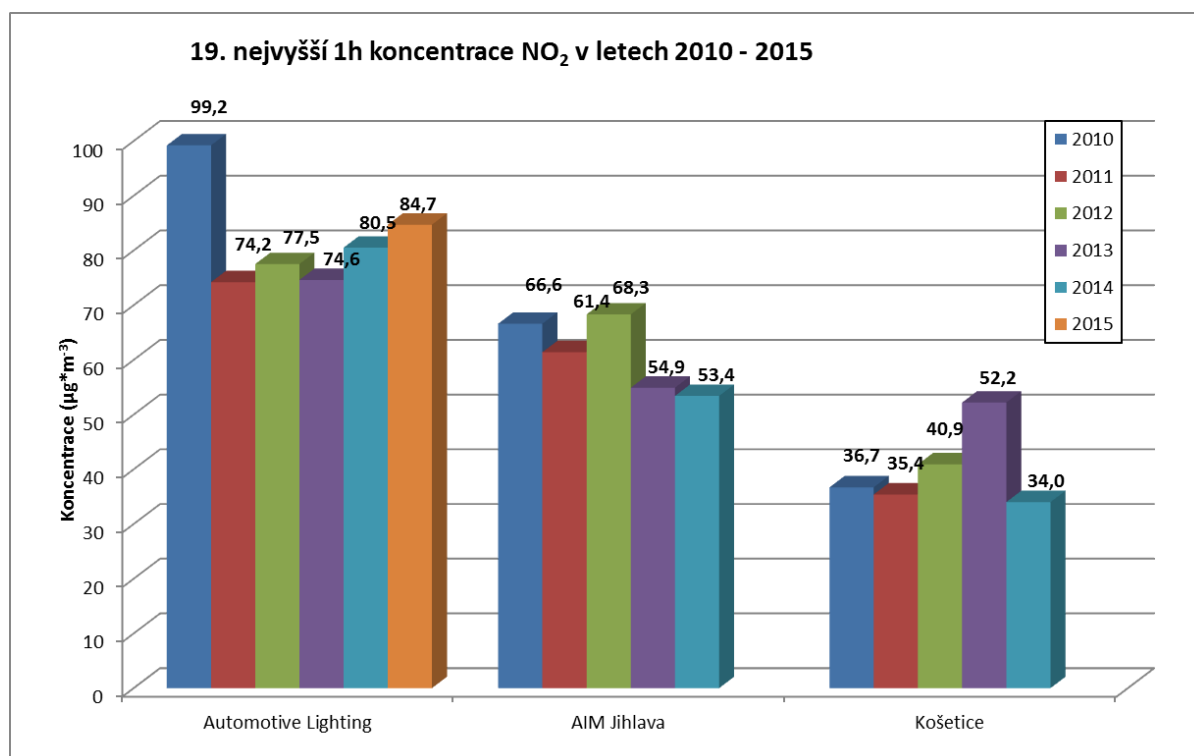


Obr. 32 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NOx naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2015

3.2.3 Hodinové koncentrace NO₂

Pro NO₂ platí imisní limit i pro hodinové koncentrace. Jeho hodnota je 200 µg*m⁻³ a může být za kalendářní rok 18x překročen, tudíž se vyhodnocuje 19. nejvyšší 1h koncentrace NO₂ a je-li vyšší než 200 µg*m⁻³, tak byl překročen imisní limit.

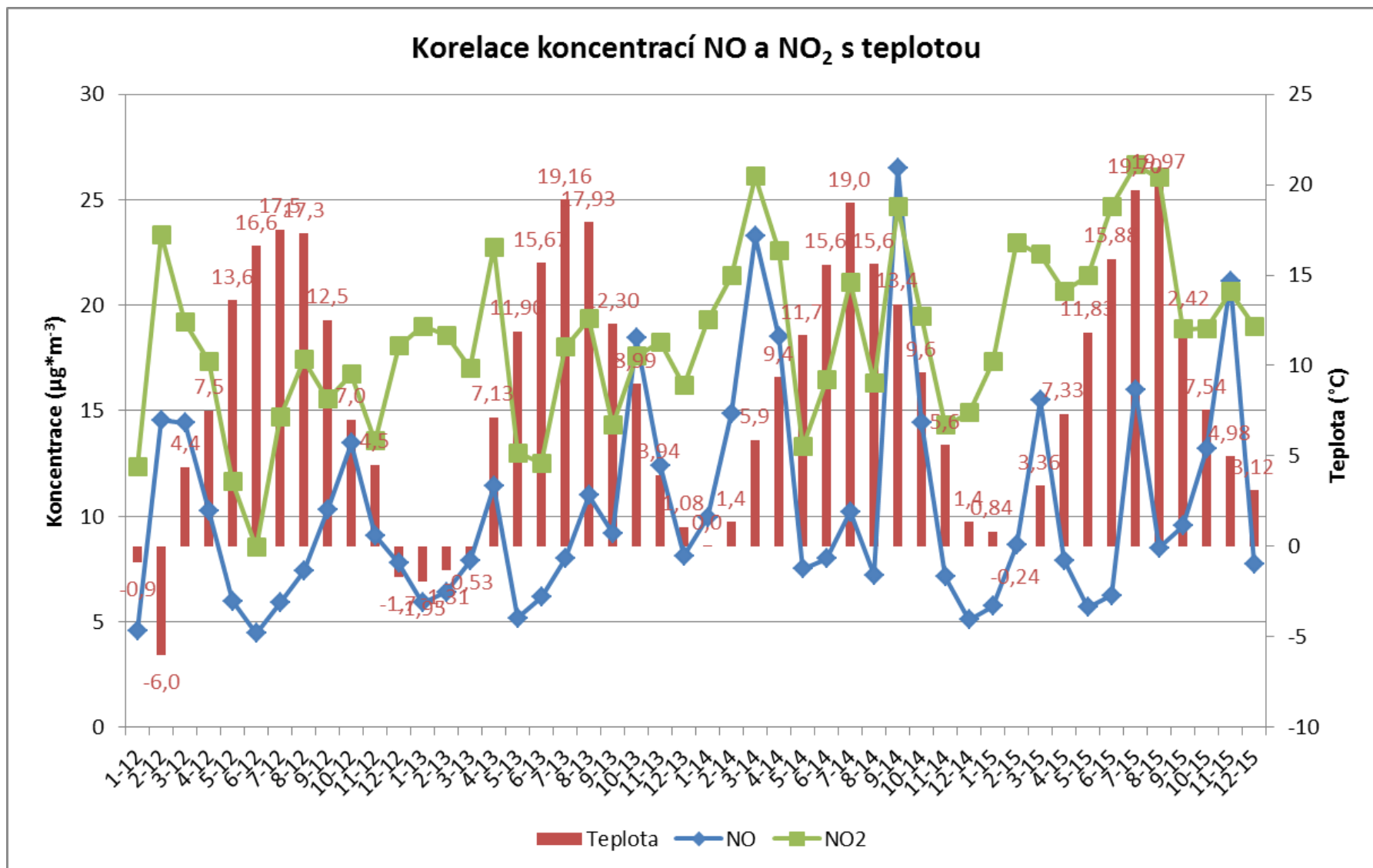
Vyšší koncentrace jsou pravidelně měřeny v lokalitě Automotive Lighting, naopak nízké jsou v Košetících. V roce 2013 jsou v Košetících zvýšené koncentrace pravděpodobně z důvodu výstavby meteorologického stožáru v těsné blízkosti observatoře. V roce 2014 již opět poklesly na původní nízké koncentrace.



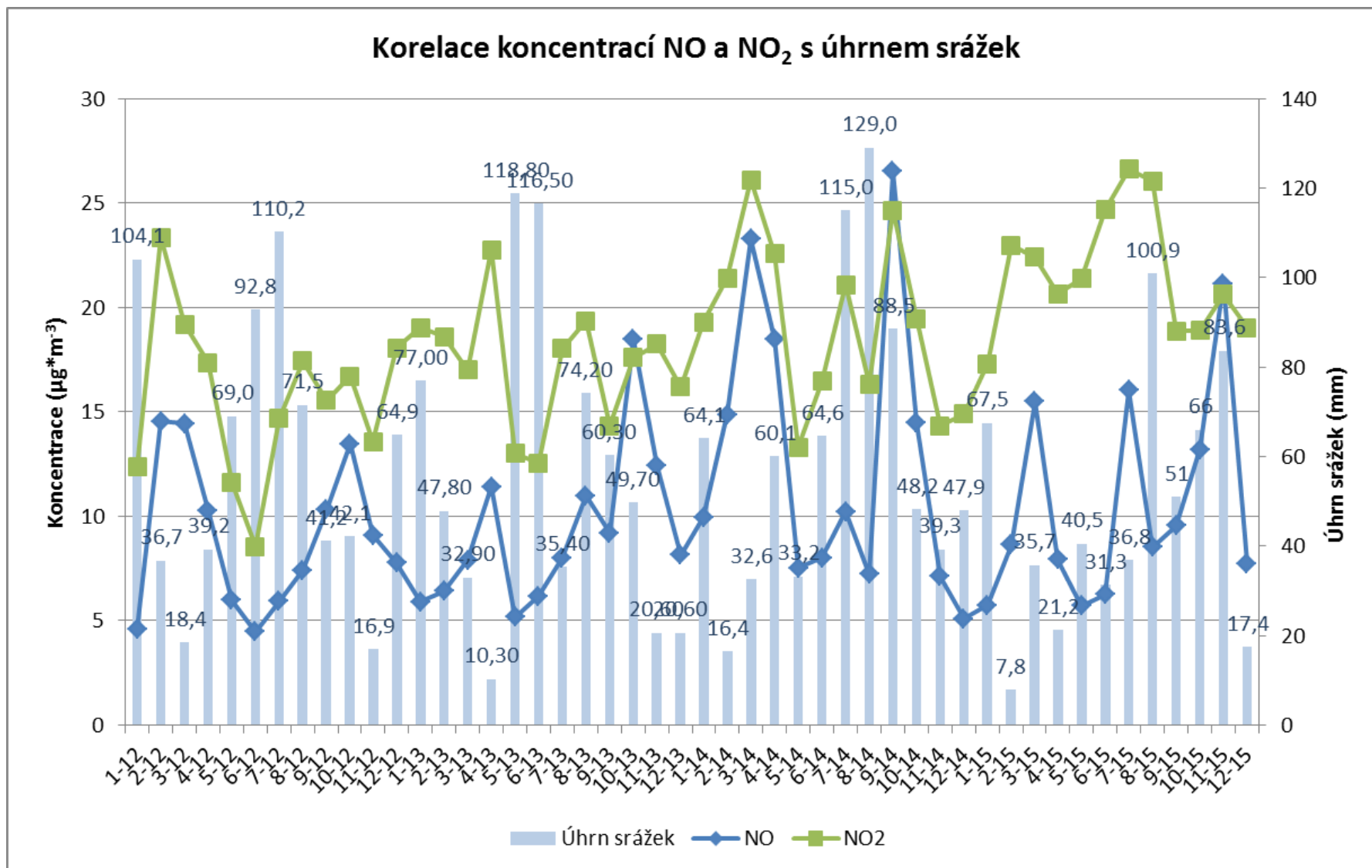
Obr. 33 - 19. nejvyšší 1h koncentrace NO₂, 2010 - 2015

3.2.4 Vliv meteorologických podmínek

Vliv meteorologických podmínek se odráží zejména v koncentracích NO₂. Koncentrace NO jsou zejména odvislé od aktuálního zatížení dopravou. Z grafu na Obr. 34 a Obr. 35 je patrné, že jistou korelaci lze najít mezi teplotou a koncentracemi NO₂ – s rostoucí teplotou koncentrace NO₂ klesá – zejména díky fotochemickým reakcím, kdy za příznivých podmínek a slunečního svitu reaguje NO₂ spolu s VOC na troposférický ozón. Srážky se na ovlivnění koncentrací příliš nepodílí.



Obr. 34 - Korelace koncentrací NO a NO₂ s teplotou



Obr. 35 - Korelace koncentrací NO a NO₂ s úhrnem srážek

4 Závěr

Závěrem lze tedy konstatovat, že imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} nebyl ani na jedné z lokalit překročen. V případě imisního limitu pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM_{10} rovněž nedošlo na žádné lokalitě k překročení imisního limitu, nicméně v roce 2010 limit překročen byl a v roce 2011 se počet překročení zastavil těsně pod hranicí pro překročení imisního limitu. Proti roku 2010 až 2014 je počet překročení v roce 2015 nejnižší stejně jako na ostatních lokalitách. Hlavním důvodem byly příznivé rozptylové podmínky. Přesto byly koncentrace PM v lokalitě Automotive Lighting vyšší, než v ostatních lokalitách. Hlavní podíl na vyšších koncentracích PM_{10} v lokalitě Automotive Lighting lze přičítat zatížení emisemi z dopravy (z blízkých dopravních tepen – zejména dálnice D1 - i z logistiky průmyslové zóny). Značné ovlivnění dopravou potvrzuje i analýza poměru koncentrací NO / NO_2 .

Ovšem je třeba vzít v úvahu i fakt, že se v roce 2011 - 2015 veškerá překročení na všech lokalitách vyskytují pouze v zimním období (říjen-březen), kdy jsou v provozu tzv. malé zdroje – vytápění domácností. Ty zvednou plošně zatížení celého regionu, a to i na pozadových lokalitách, jako jsou např. Košetice, takže i zde dochází k překročením koncentrace $50 \mu g \cdot m^{-3}$. Tím, že se zvednou pozadové koncentrace celého regionu, pak pochopitelně nejvíce trpí dopravní lokality, kde je významný i příspěvek emisí z mobilních zdrojů a dochází tak častěji k překročení koncentrace $50 \mu g \cdot m^{-3}$ než v pozadových lokalitách (viz. srovnání Automotive Lighting a AIM Jihlava).

Doprava tedy významně ovlivňuje obě frakce PM . V dopravní lokalitě Automotive Lighting byly v roce 2015 o $6,3 \mu g \cdot m^{-3}$ vyšší koncentrace PM_{10} než je městske pozadí Jihlavy měřené v lokalitě AIM Jihlava. Koncentrace $PM_{2,5}$ nebyly pro nižší počet dat v lokalitě AIM Jihlava hodnocen.

Velmi důležitým faktorem jsou pak rozptylové podmínky v chladné části roku. Velmi dobře je to patrné z konce roku 2015 – zatímco v listopadu byly dlouhé epizody s inverzním charakterem počasí, v prosinci se inverze téměř nevyskytovaly, atmosféra byla dobře provětrávána. To se odrazilo jak v koncentracích PM , tak v počtech překročení PM_{10} – v listopadu jich bylo 6, v prosinci žádné. Rok 2015 pak byl velmi dobrý z hlediska nepříznivých rozptylových podmínek, koncentrace PM_{10} nedosahovaly vysokých hodnot (nepřesáhly $100 \mu g \cdot m^{-3}$). K překročení limitní hodnoty docházelo zejména v listopadu (6).

Vliv dopravy se projevil rovněž v koncentracích NO , které byly v průměru více než 3x vyšší než v lokalitě AIM Jihlava. Koncentrace NO_2 byly v obou lokalitách srovnatelné, k překročení imisních limitů pro NO_2 nedošlo ani na jedné ze stanic – naopak koncentrace se pohybují pod dolní mezí pro posuzování.

Z uvedených dat vyplývá, že v rezidenčních částech Jihlavy je velmi dobrá kvalita ovzduší, blíží se regionálním pozadovým hodnotám. V oblasti průmyslové zóny sousedící s dálnicí D1 je ovzduší horší, ale zdaleka ne tolik, jako například v dopravních lokalitách větších aglomerací (Praha, Brno).

5 Citovaná literatura

- [1] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [2] ČHMÚ, *Aktualizace krajského programu ke zlepšení kvality ovzduší kraje Vysočina*, Jihlava, 2009.
- [3] J. Bednář, „Kompodium ochrany kvality ovzduší, část 1: Meteorologie,“ *Ochrana ovzduší 2/2003*, 2003.
- [4] ČHMÚ, „Portál ČHMÚ,“ ČHMÚ, [Online]. Available: <http://www.chmi.cz/>.
- [5] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.

6 Datová část

Datová část obsahuje následující kapitoly:

- I. ROČNÍ PŘEHLED PRŮMĚRNÝCH MĚSÍČNÍCH KONCENTRACÍ MĚŘENÝCH ŠKODLIVIN

- II. PŘEHLED VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ IMISNÍHO MONITORINGU:
 - PRŮMĚRNÉ 24-HODINOVÉ KONCENTRACE ŠKODLIVIN,
 - STATISTIKA MĚŘENÍ,
 - GRAFICKÉ VYJÁDŘENÍ.

- III. KLIMATOLOGICKÉ ÚDAJE ZA SLEDOVANÉ OBDOBÍ