



VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ IMISÍ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ JIHLAVA V LETECH 2010 - 2013



Obsah

1	ÚVOD	2
2	PŮVOD ZNEČIŠTĚNÍ	3
2.1	EMISE TUHÝCH LÁTEK	3
2.1.1	<i>Antropogenní zdroje TL v ovzduší</i>	3
2.1.2	<i>Neantropogenní zdroje TL v ovzduší</i>	4
2.2	EMISE OXIDŮ DUSÍKU (NO _x)	11
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ JIHLAVA	13
3.1	ČÁSTICE PM ₁₀ A PM _{2,5}	13
3.1.1	<i>Průměrné roční koncentrace</i>	13
3.1.2	<i>Průměrné 24hodinové koncentrace</i>	16
3.1.3	<i>Vliv meteorologických podmínek na koncentrace částic</i>	25
3.1.4	<i>Malé zdroje (REZZO3)</i>	31
3.2	OXIDY DUSÍKU NO, NO ₂ A NO _x	33
3.2.1	<i>Průměrné roční koncentrace</i>	33
3.2.2	<i>Průměrné 24 hodinové koncentrace oxidů dusíku</i>	36
3.2.3	<i>Hodinové koncentrace NO₂</i>	43
3.2.4	<i>Vliv meteorologických podmínek</i>	43
4	ZÁVĚR	46
5	CITOVANÁ LITERATURA	47
6	DATOVÁ ČÁST	48

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 pozadovou stanici reprezentující pozadí města Jihlavy. Regionální pozadová stanice v Košetících měří pozadí kraje Vysočina s minimálním ovlivněním antropogenními zdroji. Zatímco stanice AIM Jihlava i Košetice jsou charakterizovány jako pozadové, stanice Automotive Lighting lze označit jako dopravou zatíženou stanicí, 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 2011 a budou probíhat případné opravy, a to až do vydání tabelární ročenky ČHMÚ za rok 2011. 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 pozadových 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

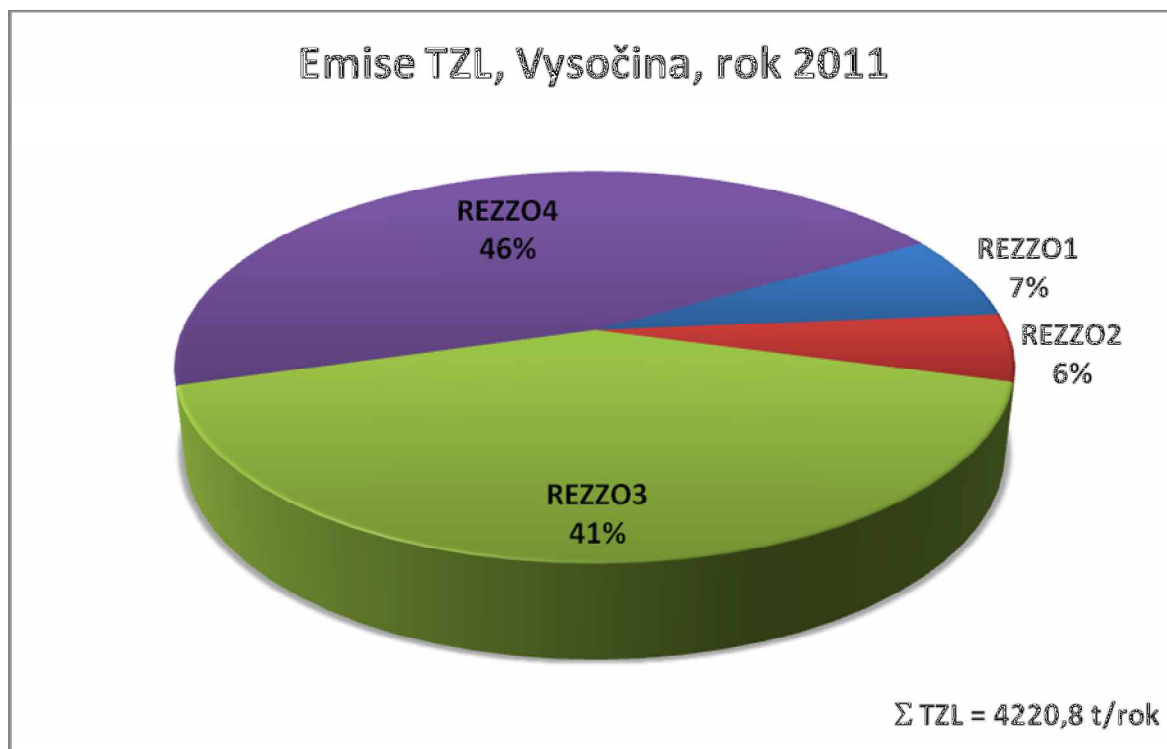
Tato kapitola je věnována emisím tuhých znečišťujících látek a oxidů dusíku do ovzduší. Zdrojem dat je databáze REZZO (registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší) spravované ČHMÚ. Kromě zdrojů uvedených v databázi (antropogenních) však v této kapitole budou diskutovány také neantropogenní zdroje, které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

2.1 Emise tuhých látek

2.1.1 Antropogenní zdroje TL v ovzduší

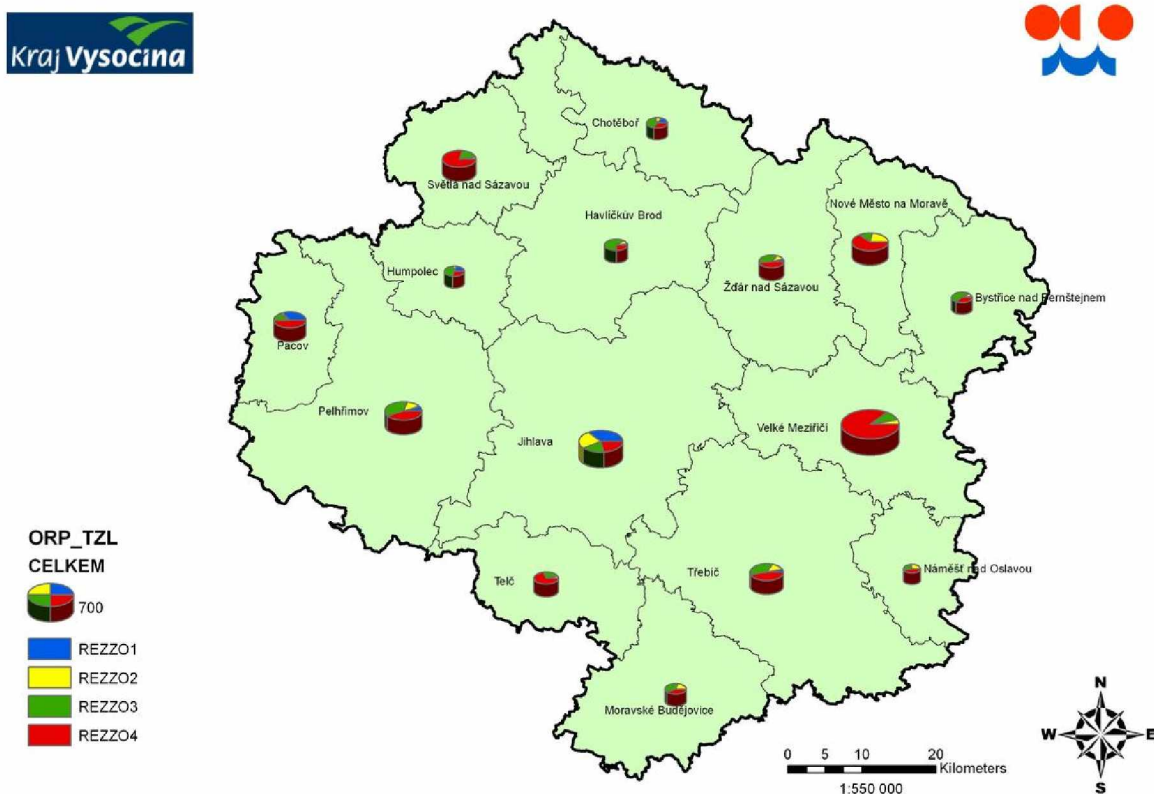
Tuhé látky (TL) nemají určen emisní strop pro rok 2010, přesto se jedná o důležitou škodlivinu vzhledem k měření PM_{10} v ovzduší a návaznosti na legislativu [1]. V dalším období již nebudou sledovány tuhé znečišťující látky jako celek, ale pouze velikostní frakce $PM_{2,5}$ (suspendované částice, jejichž aerodynamický průměr nepřesahuje 2,5 μm). 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 2011 uvádí Obr. 1.



Obr. 1 - Podíl jednotlivých kategorií zdrojů na emisích TZL, Vysočina, 2011

Z grafu vyplývá, že majoritním zdrojem znečištění tuhými látkami v kraji Vysočina jsou 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). Velmi významným zdrojem jsou však také **malé zdroje (REZZO 3)**, především lokální topeniště pro vytápění domácností, které produkují více než dvojnásobné množství tuhých látek, než zvláště velké, velké a střední zdroje dohromady (REZZO 1 + REZZO 2). Z podrobnější analýzy [2] pak vyplývá, že v některých ORP jsou majoritním zdrojem právě ORP (Obr. 2).



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

2.1.2 Neantropogenní zdroje TL v ovzduší

Re-emise prašných částic

Při tomto procesu dochází k opětovnému vnosu částic již usazených na zem. Sekundární částice se do ovzduší dostávají resuspenzí (zvířením) v důsledku lidské činnosti (doprava, stavební činnost, zemědělská činnost) nebo meteorologických faktorů (vítr). Jednou vzniklé částice sedimentují a mohou být vlivem atmosférických dějů resuspendovány. V intravilánech měst a podél komunikací se na resuspenzi podílí z velké části automobilová doprava. V okolí komunikací může být podíl celkové zátěže prašností tvořen resuspenzí z více než 50%.

V průměru celého roku činí podíl resuspenze na celkové koncentraci ve frakci PM₁₀ přibližně 40%, což velmi dobře souhlasí s teoretickými předpoklady. Ve frakci PM_{2,5} pak podíl resuspenze tvoří pouze 5% celkové imisní zátěže

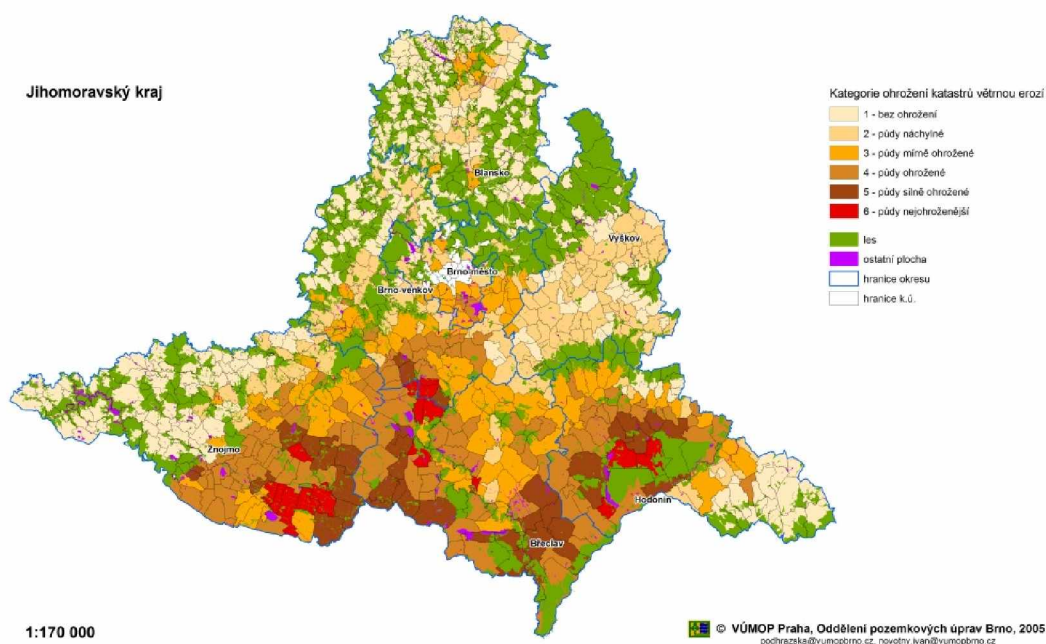
Vyšší modelové koncentrace působené resuspenzí byly obecně vypočteny v teplé polovině roku a v obdobích s menšími srážkami. V chladné polovině roku (zejména leden) je imisní zátěž resuspendovanými částicemi snížena zejména díky sněhové pokrývce, která velmi omezuje resuspenzi. V teplé polovině roku je naopak lepší korelace mezi podílem resuspenze a celkovou imisní zátěží. To odpovídá skutečnosti, že letní období je obecně sušší – s lepšími podmínkami pro resuspenzi. Také příspěvek ostatních zdrojů (zejména spalovacích) je díky vyšším teplotám mnohem menší než v létě.

Velmi významným faktorem pro resuspenzi je rychlost proudění větru. Při příliš nízkých rychlostech není vyvinuta dostatečná síla k „odtržení“ částice z povrchu, naopak vyšší rychlosti přispívají k lepšímu rozptylu částic. Nejvyšší koncentrace resuspendovaných částic jsou proto shodně měřeny i modelovány v intervalu rychlosti proudění od cca 2 m*s⁻¹ do 5 m*s⁻¹.

Půdní eroze

Významným podíl na resuspenzi má půdní eroze. Ta je významná zejména na velkých plochách zemědělsky obdělávaných půd v sušších oblastech ČR. Zejména Jihomoravský kraj je na problematiku půdní eroze značně citlivý a zejména v jižních okresech kraje je eroze půdy významnou složkou sekundární prašnosti. Tento zdroj prašnosti nelze modelovat a jeho vliv je přímo závislý na vegetačním krytu, srážkách a na směru a rychlosti větru. Na jižní Moravě tyto oblasti úzce souvisí se zemědělsky obdělávanými plochami. Obdobná situace je i na Vysočině.

Potenciální ohroženost větrnou erozí podle ohroženosti orné půdy v k.ú.



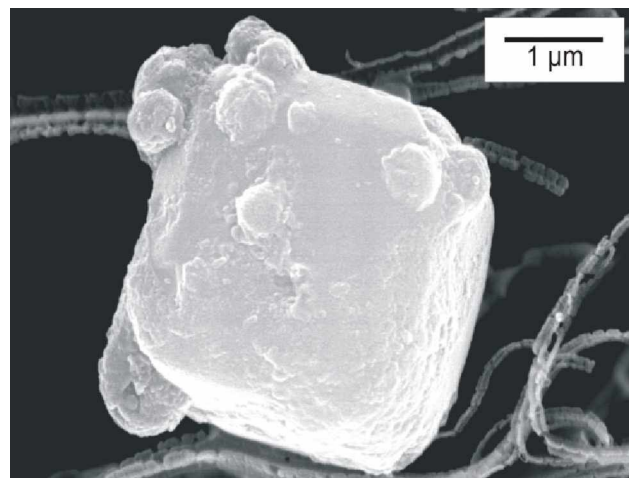
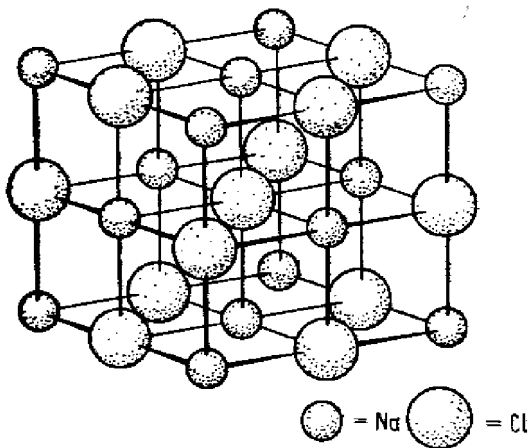
Obr. 3 - Potenciální ohroženost půd větrnou erozí

Vznik částic z plynných aerosolů

Samovolný vznik prachových částic aglomerací či binární koagulací za přesně definovaných podmínek, kdy za dané teploty, vlhkosti i tlaku v atmosféře z přítomných plynných aerosolů vznikají kondenzací krystaly, které již měříme jako prašné částice (princip Wilsonovy komory v rozsáhlém měřítku). Tyto procesy vznikají za definovaných synoptických situací, jsou celoplošného charakteru a tento jev je možné dokladovat měřením PM_{10} a $PM_{2,5}$ zejména na pozadových stanicích AIM. Délka epizod se může pohybovat od řádu několika hodin až několik dní. Poměr částic $PM_{2,5}$ a PM_{10} u vzniku aglomerací tvoří až 95%.

Vznik nových aerosolových částic tzv. „**nucleation events**“ probíhá za přítomnosti organických prekurzorů biogenního původu fotochemickými reakcemi za účasti UV-B v průběhu teplé části dne. Tyto reakce jsou značně rychlé, částice rostou, dokud je k dispozici pára kondenzující složky dosti značnou rychlostí až $15 \text{ nm} \cdot \text{hod}^{-1}$.

Velikost aerosolů se pohybuje v řádu setin až desetín mikrometrů. Významné jsou v tomto procesu částice mořské soli, které jsou přenášeny větrem na vzdálenosti až tisíce kilometrů. V určité míře (v závislosti na okamžitých klimatických podmínkách) se s nimi setkáme i u nás. Struktura solí je v okamžiku jejich krystalizace v atmosféře tvořena pravidelnou standardní, dané sloučenině odpovídající krystalovou mřížkou. Jednou z nejvýznamnějších jsou krystaly soli NaCl.



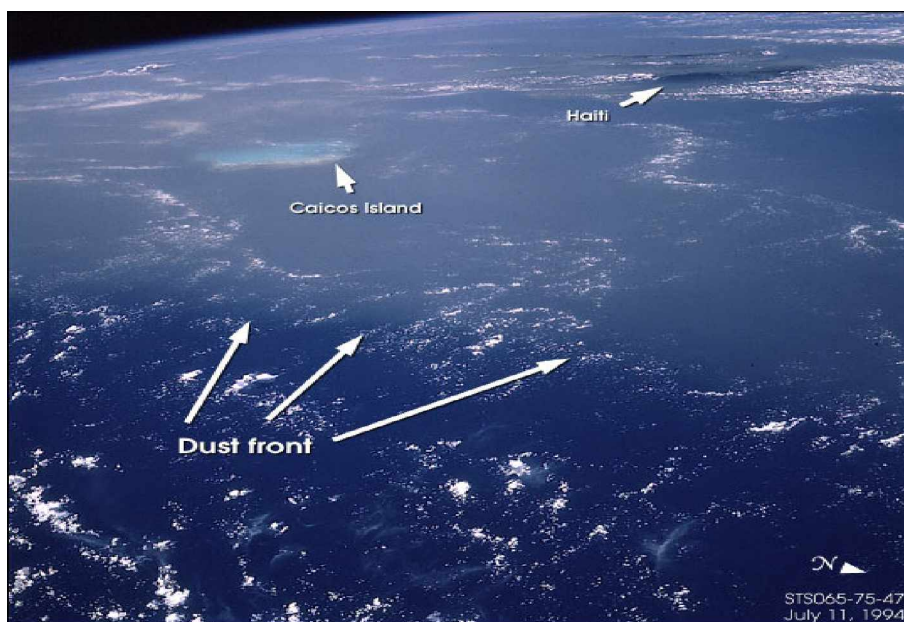
Obr. 4 - Struktura a mikroskopický obraz krystalu soli

Tento strukturní typ je další možností, jak spojit atomy u sloučenin typu MX. V této struktuře má každý ion koordinační číslo šest a tato šestice iontů je uspořádána oktaedricky. Každý atom má sousedící atomy jen druhého prvku. Mřížka NaCl je v podstatě tvořena dvojicí identických kubických plošně centrovaných mřížek, z nichž jedna je vystavěna z iontů Na^+ a druhá z iontů Cl^- . Tyto mřížky jsou proti sobě posunuty o polovinu délky elementární buňky. Atomy sodíku a chloru mají totožné pozice.

Typ NaCl je velmi rozšířen, krystalují v něm mnohé hydridy (PdH, NaH), halogenidy a hydroxidy alkalických kovů, některé oxidy (MgO, FeO, BaO, TiO, CoO, NiO, CdO), a mnoho dalších iontových sloučenin.

Dálkový transport

Dálkový transport prachových částic je dokladován poměrně slušně z družicových pozorování jako tzv. Dust fronty. Původem jsou prachové bouře na Sahaře či v pouštích východní Asie. Následný ilustrační Obr. 5 je fotografií takovéto prachové fronty pořízené z orbitální stanice z oblasti Pacifiku (tedy z oblasti tisíce kilometrů od amerických nebo asijských pevnin).

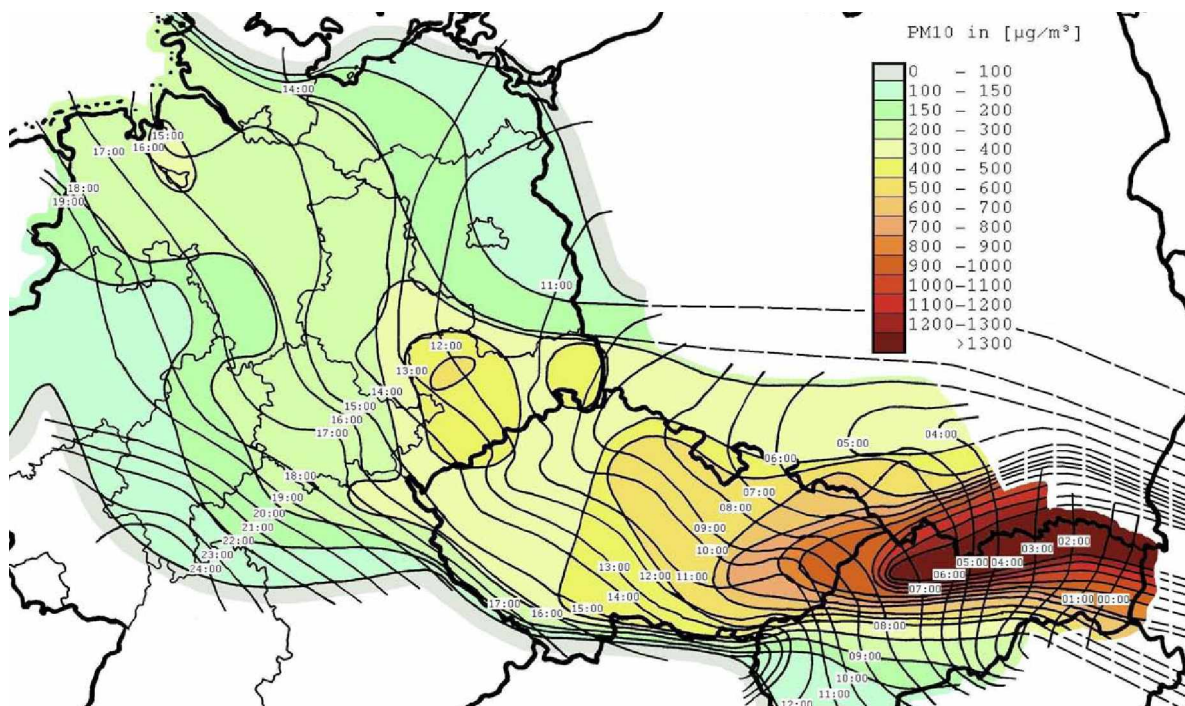


Obr. 5 - Prachová fronta z orbitální stanice

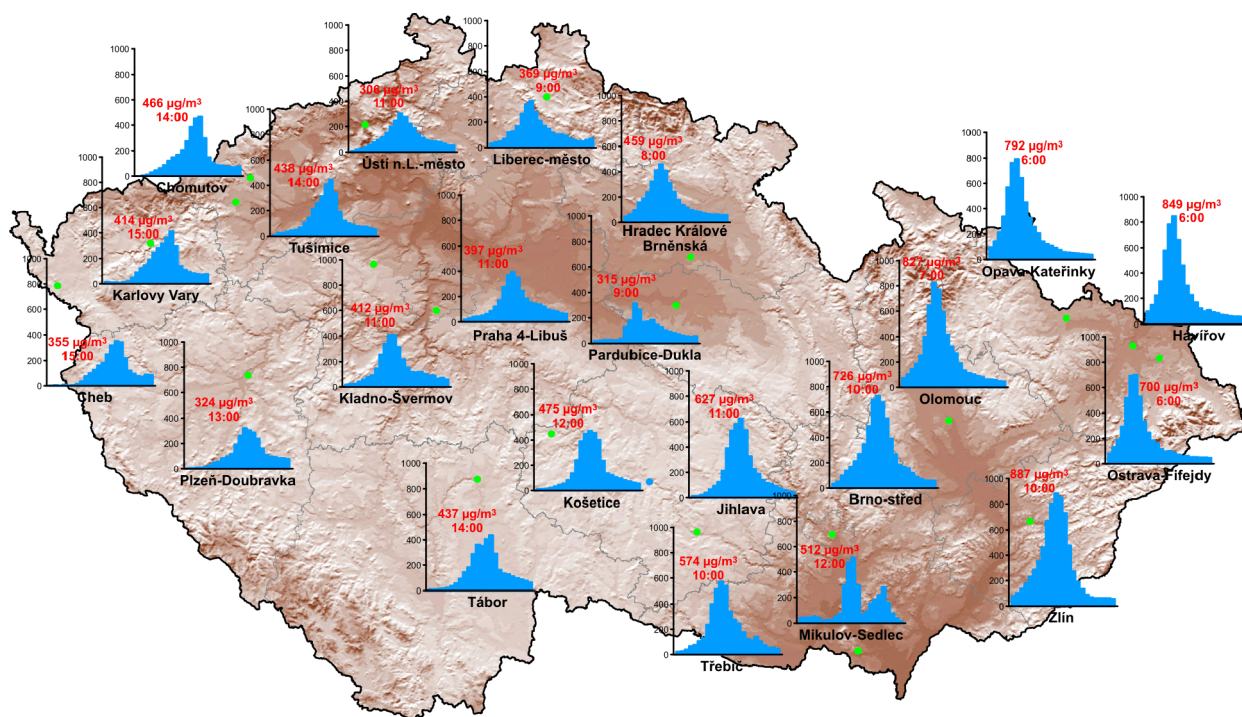
U nás se prachové bouře projevují též a dosahují při měření epizodicky několika stovek až 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Poslední u nás měřená epizoda 24. března 2007 (Obr. 6) nastartovala některé varovné systémy a vyvolala značnou pozornost médií i obyvatelstva celé ČR. Doba trvání této evropské epizody byla 18 hod (Obr. 7). Prachová bouře se vyskytla na Ukrajině, prašné částice se však přehnaly přes celou Evropu.

Z analýzy poměru koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ bylo zjištěno, že se jednalo především o velké prachové částice zviřené do atmosféry významným přesunem vzdušných mas z východu.

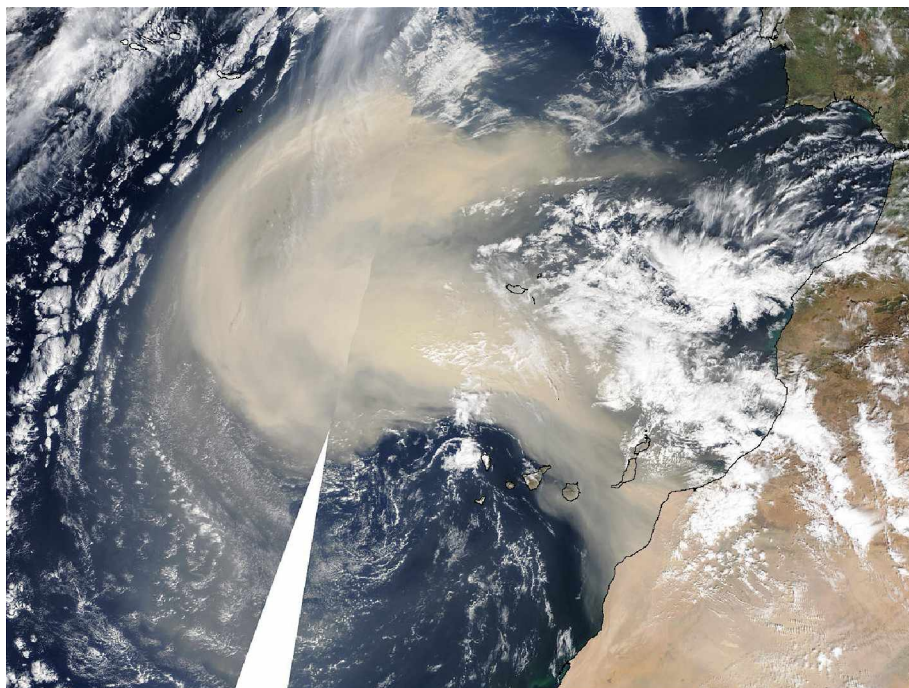
Ilustračním Obr. 8 z oblasti východního Atlantiku dokladující ohromné plochy, jež může takováto prachová bouře pokrývat, je událost z ledna 2003, nafotografovaná z kosmické stanice, prezentující prachové imise saharského písku nad touto oblastí.



Obr. 6 - Průběh prašné bouře nad Evropou, 24. 3. 2007



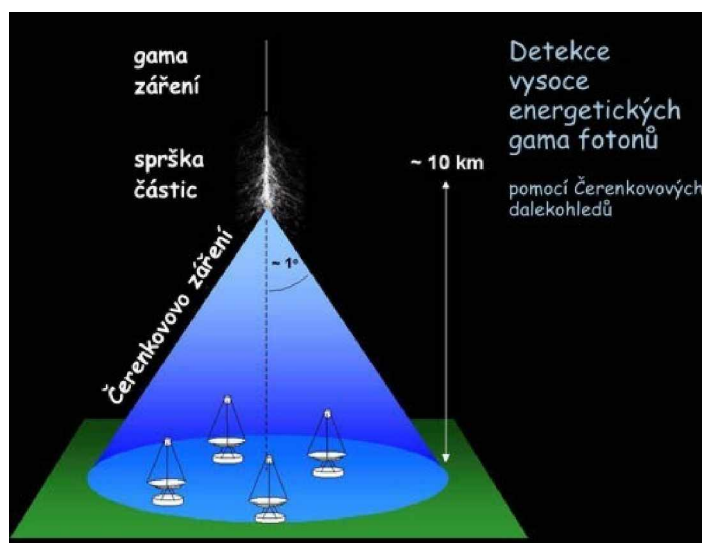
Obr. 7 - Průběh prašné bouře v březnu 2007, jak ji zaznamenaly stanice AIM.



Obr. 8 - 4. 1. 2003 - Prach z Afriky nad Atlantikem

Spršky kosmických částic – lokální projev

Spršky částic z kosmu, jejichž dopad na zemský povrch dosahuje dle odhadu až 10.000 t /rok dopadají řádově v miliardách částic, působí Červenkovovým efektem lokální tvorbu prachových částic měřitelných ve frakcích do PM_{10} ve velmi malém časovém úseku řádově sekundy s výsledkem až několika stovek $\mu g \cdot m^{-3}$. Energetické částice kosmického záření vytvářejí při průletu zemskou atmosférou spršky druhotných částic, které sedimentují na zemském povrchu. Tato problematika se v současné intenzivně zkoumá, přičemž náklady na tento výzkum se pohybují řádově v miliardách euro.



Obr. 9 - Dopad kosmických částic na zemský povrch

Požáry a sopky

Příkladem jsou požáry letos v létě ve Španělsku a Portugalsku (Obr. 10).



Obr. 10 - Požáry v Portugalsku a Španělsku

Pylové epizody

Jsou mohutné v projevu a krátké v čase, jedná se o období 1-2 dnů. Ze stávající klimatické situace lze pylové alergeny v naší krajině rozdělit podle sezóny, kdy se maximálně vyskytují na jarní, letní a podzimní. Pylové období jarních časných pylů (pyly jarních dřevin – břízy, olše, lísky, habru, javoru, dubu, cypřiše, jasanu, buku, jírovce, ořešáku, jilmu, topolu, platanu a dalších) trvá od března do dubna. Letní pyly trav (pyly srhy, kostřavy, lipnice, medyňku, bojínku, psárky, kukuřice a jílku) vrcholí zhruba mezi květnem a srpnem. Maximální výskyt pylů bylin podzimního období (pelyněk, jitrocel, ambrózie, řepka, tolice, drnavec, jetel) je od srpna do září.

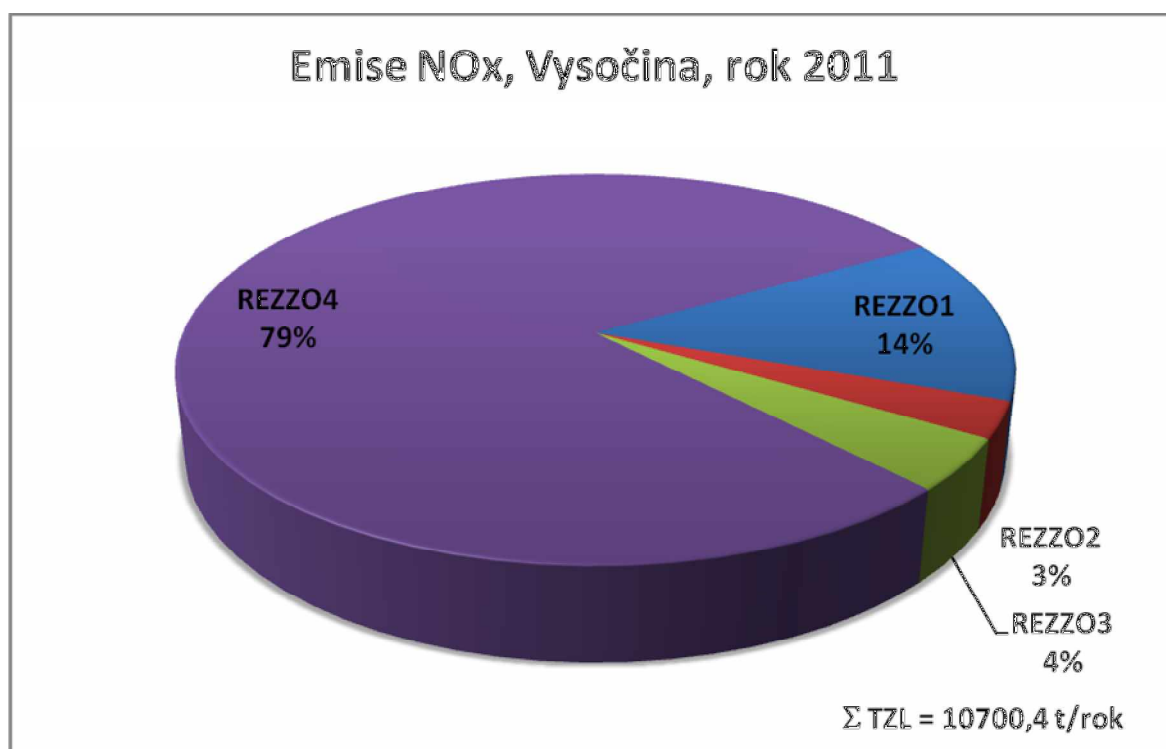
Aerosoly mořské soli

Kapalné aerosoly mořské soli vznikají při lámání vln a při následném uvolňování plynných bublinek z mořského povrchu. Není asi překvapivé, že aerosoly mořské soli převažují mezi atmosférickými částicemi nad oceánem a v přímořských oblastech. Vítr však může tyto aerosoly přenášet až na vzdálenost tisíce kilometrů, a **proto se s nimi**, samozřejmě ve značně zmenšené míře, **setkáváme i u nás**.

2.2 Emise oxidů dusíku (NOx)

Oxidy dusíku (NOx) mají 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.

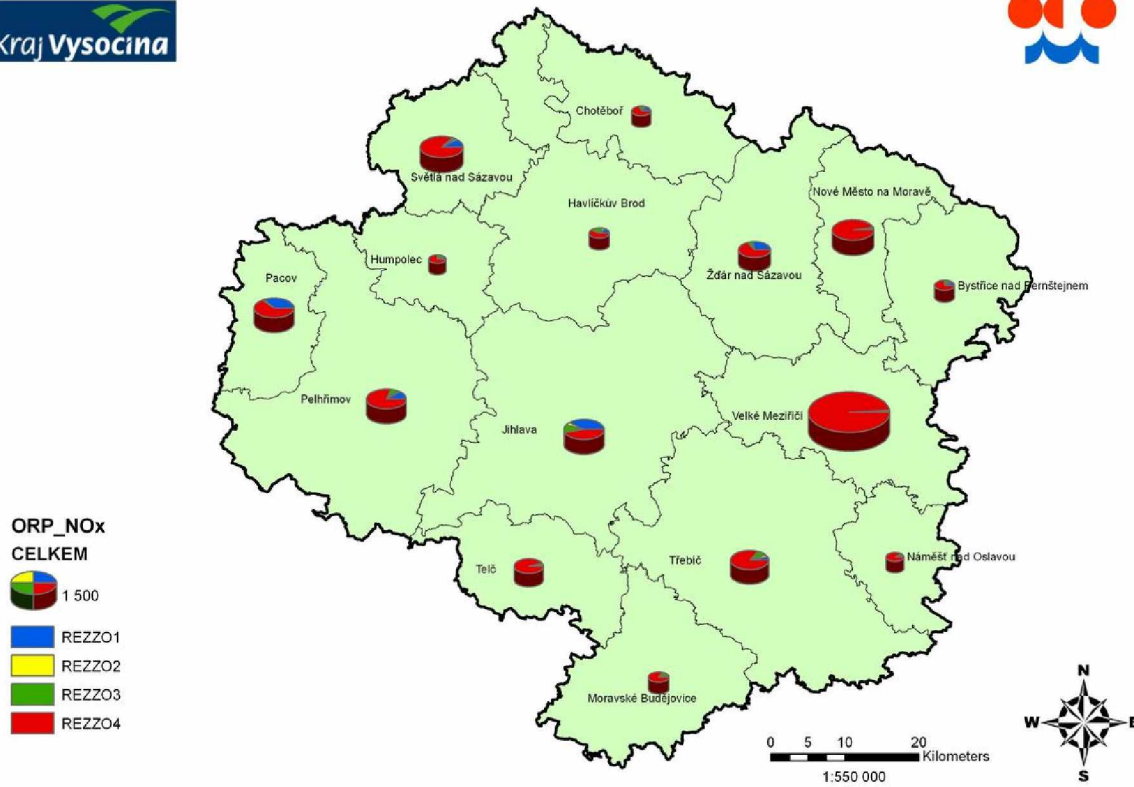
Podíl jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích oxidů dusíku v kraji Vysočina v roce 2011 uvádí Obr. 11.



Obr. 11 - Podíl jednotlivých kategorií zdrojů na emisích NOx, Vysočina, 2011

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 1/10 všech emisí NOx v kraji Vysočina.

Z podrobnější analýzy [2] pak vyplývá, že v některých ORP jsou majoritním zdrojem právě ORP (Obr. 12). 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. 12 - Podíl kategorií zdrojů na celkových emisích NOx v jednotlivých ORP

3 Vyhodnocení kvality ovzduší v průmyslové zóně Jihlava

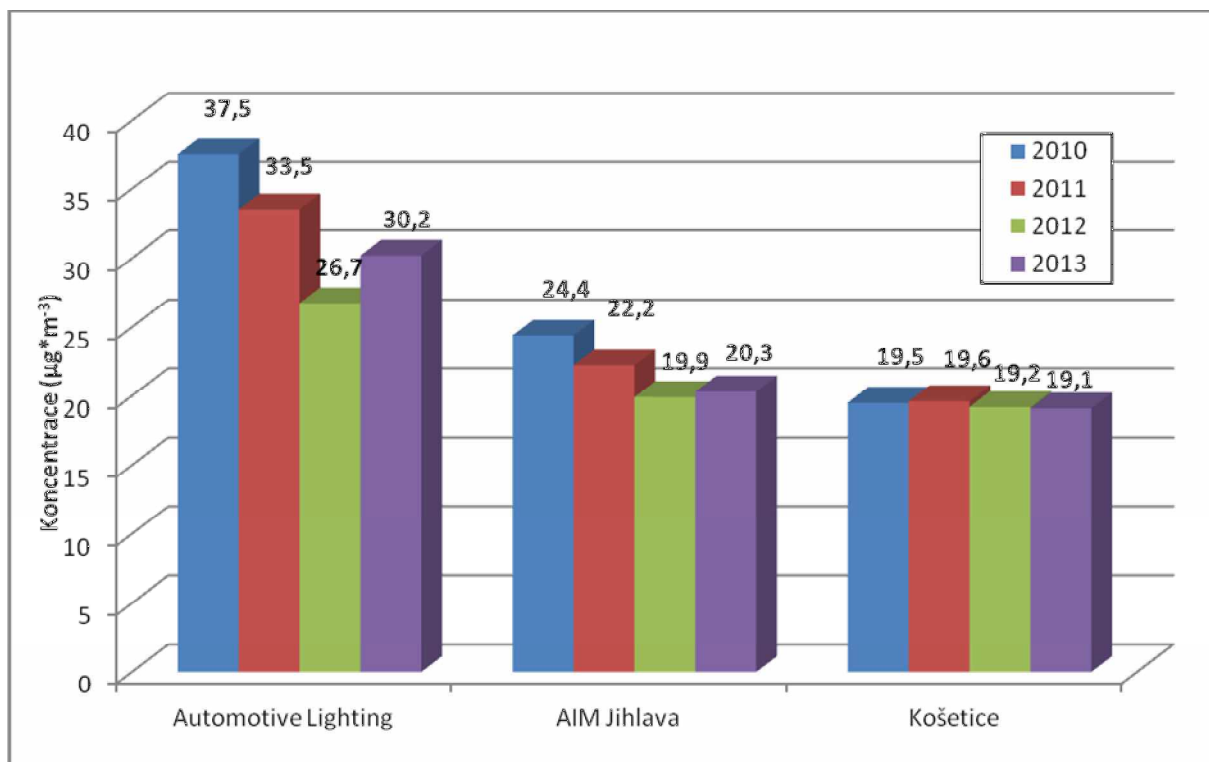
V následujících kapitolách bude hodnocena kvalita ovzduší v průmyslové zóně města Jihlavy na základě dat naměřených stanicí Automotive Lighting v letech 2010 až 2013. Tato data budou srovnána s měřením ČHMÚ na stanicích AIM Jihlava (leží v areálu ZŠ Demlova, měří pozadí města Jihlavy) a AIM Košetice (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}

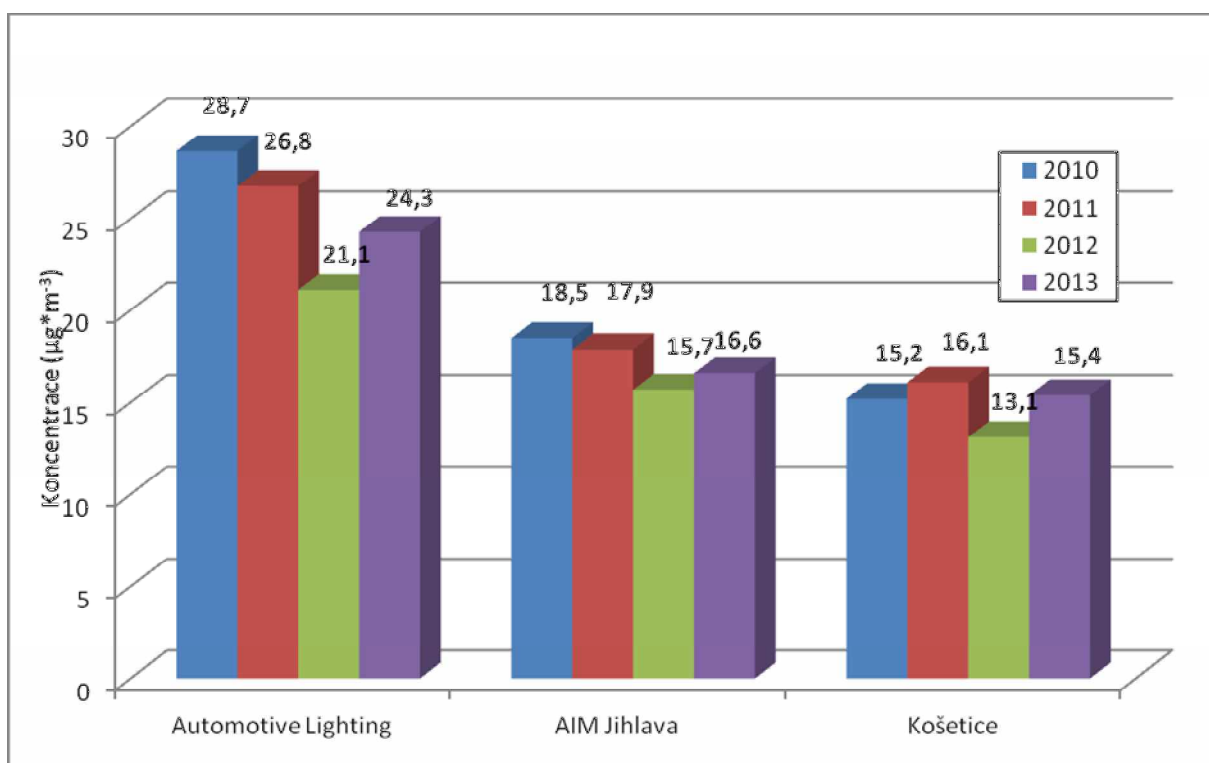
Pro částice PM₁₀ stanovuje platná legislativa dva imisní limity, a to pro průměrnou roční koncentraci a pro průměrnou 24hodinovou koncentraci. Jemnější částice PM_{2,5} mají pouze jeden imisní limit pro průměrnou roční koncentraci [1].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Měření v lokalitě Automotive Lighting poskytuje čtyři hodnoty ročního průměru v této lokalitě za roky 2010 až 2013, 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 Košeticích zobrazují Obr. 13 a Obr. 14.



Obr. 13 - Průměrné roční koncentrace PM₁₀ v letech 2010 - 2013



Obr. 14 - Průměrné roční koncentrace PM_{2,5} v letech 2010 - 2012

Z Obr. 13 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 - 2013 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. 13 patrné, že rok 2012 byl z hlediska koncentrací částic PM_{10} nejlepším ze sledovaného období, pouze v Košetících je rozdíl oproti předchozím rokům pouze nepatrný a rok 2013 o něco lepší. V ostatních lokalitách došlo v roce 2013 oproti roku 2012 k mírnému navýšení koncentrací. Obdobný trend je možné sledovat i na dalších stanicích sítě imisního monitoringu ČR.

Koncentrace $PM_{2,5}$ jsou v lokalitě Automotive Lighting opět nejvyšší a podobně jako v případě PM_{10} mají na území Jihlavy klesající trend do roku 2012 a mírné zhoršení v roce 2013. V případě Košetice sice nejde o trvale klesající trend, avšak rozdíl mezi roky 2010 a 2011 je pouze zanedbatelný (do $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Koncentrace jsou zde poměrně vyrovnané.

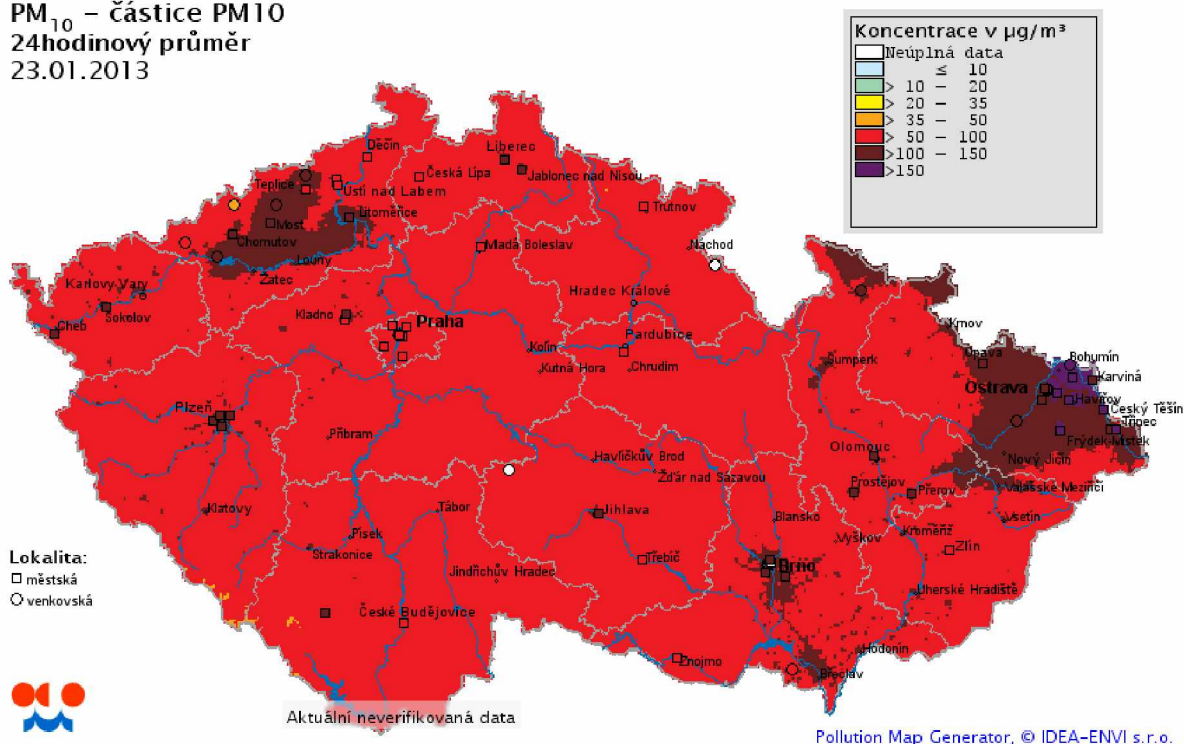
Z Obr. 14 vyplývá, že k překročení imisního limitu pro $PM_{2,5}$ by v případě jeho platnosti v předcházejících letech došlo v lokalitě Automotive Lighting. V roce 2012 a 2013 by již k překročení nedošlo. Zbylé dvě pozadřové lokality se v celém sledovaném období pohybují hluboko pod imisním limitem pro $PM_{2,5}$.

Doprava tedy významně ovlivňuje obě frakce PM. V dopravní lokalitě Automotive Lighting byly v roce 2013 o necelých $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší koncentrace PM_{10} a o necelých $8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší koncentrace $PM_{2,5}$, než je městské pozadí Jihlavy měřené v lokalitě AIM Jihlava.

3.1.2 Průměrné 24hodinové koncentrace

Trend průměrných 24hodinových a měsíčních koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} ve všech třech lokalitách zobrazují následující Obr. 16 - Obr. 21. 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 pak byla zaznamenána v lednu 2010, únoru 2011, listopadu 2011, únoru 2012 a přelomu ledna a února 2013. Vysoké koncentrace ve výše zmíněných měsících byly způsobeny dlouhodobě zhoršenými rozptylovými podmínkami po čas teplotních inverzí. V těchto obdobích byly koncentrace PM na všech lokalitách takřka shodné – viz. Obr. 16 a Obr. 19, kdy se koncentrace ve všech třech lokalitách velmi přiblížily ve dnech s nejvyššími koncentracemi (např. 23. 1. 2013) byly téměř shodné. V těchto dnech byla postižená velká část území ČR, jak zobrazuje následující Obr. 15.

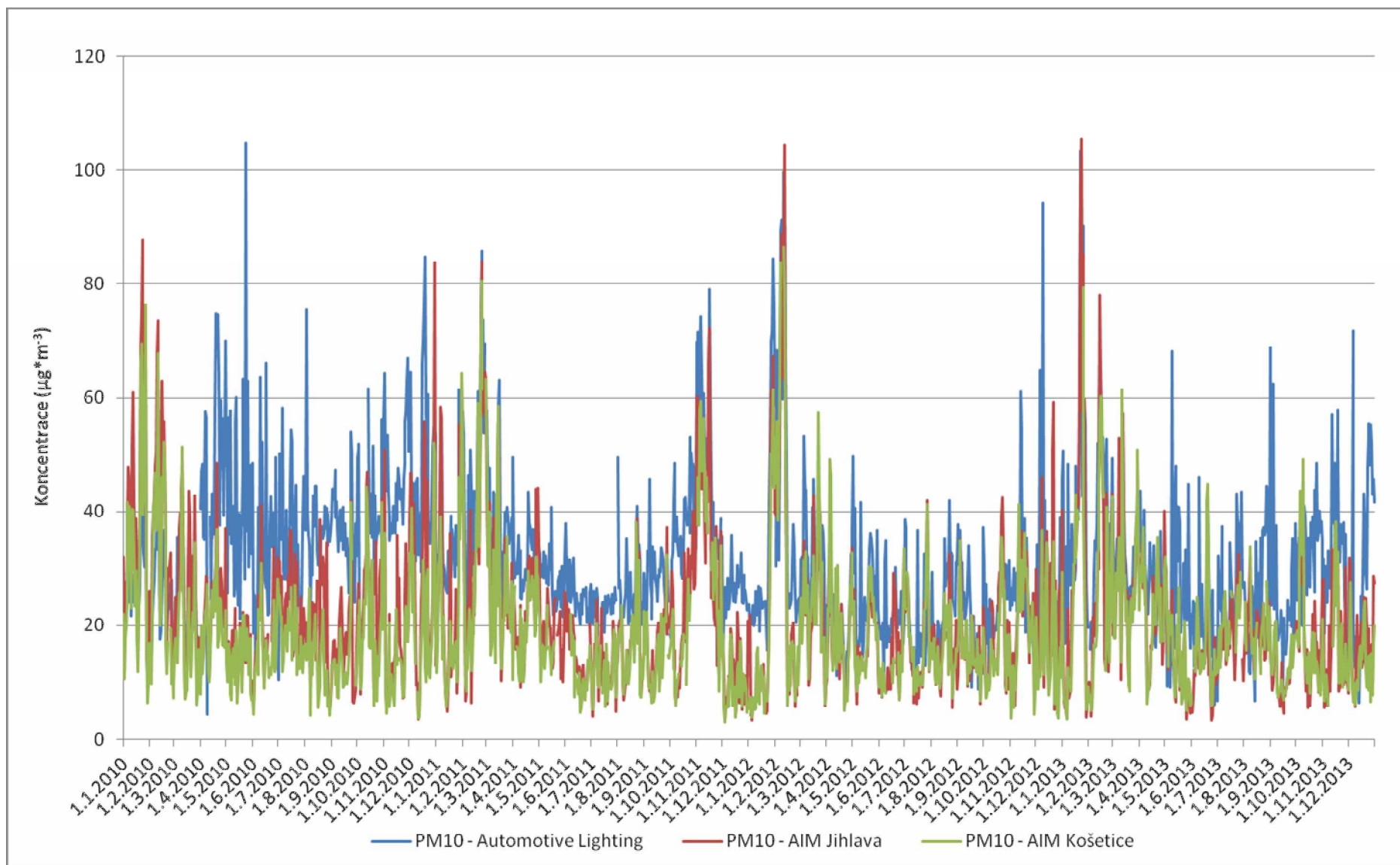
PM₁₀ – částice PM10
24hodinový průměr
23.01.2013



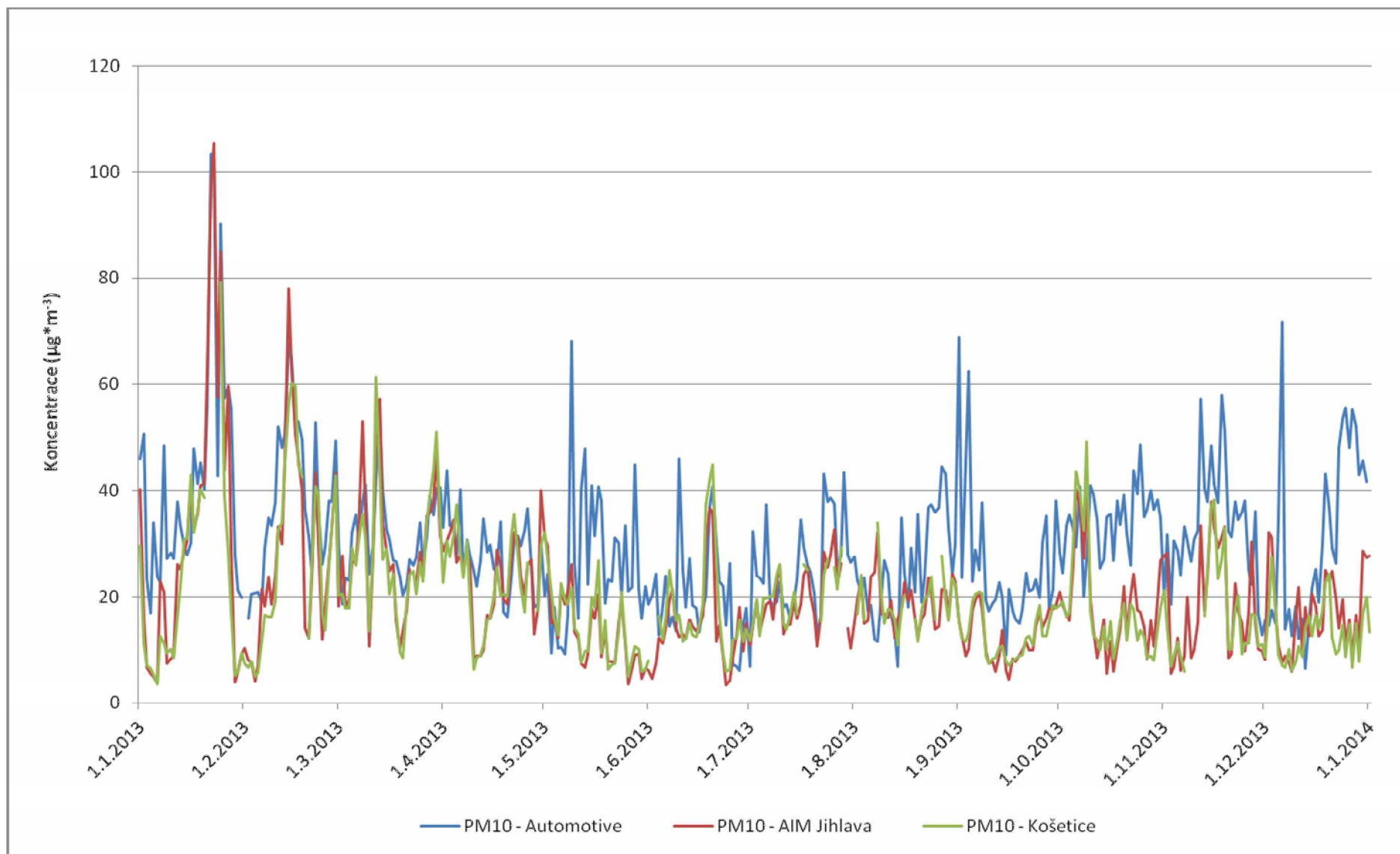
Obr. 15 - Situace se zhoršenou kvalitou ovzduší 12. 2. 2012 – model operativních dat

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) vedla dokonce v krajích sousedících s krajem Vysočina k vyhlášení smogových situací (Jihomoravský, Středočeský).

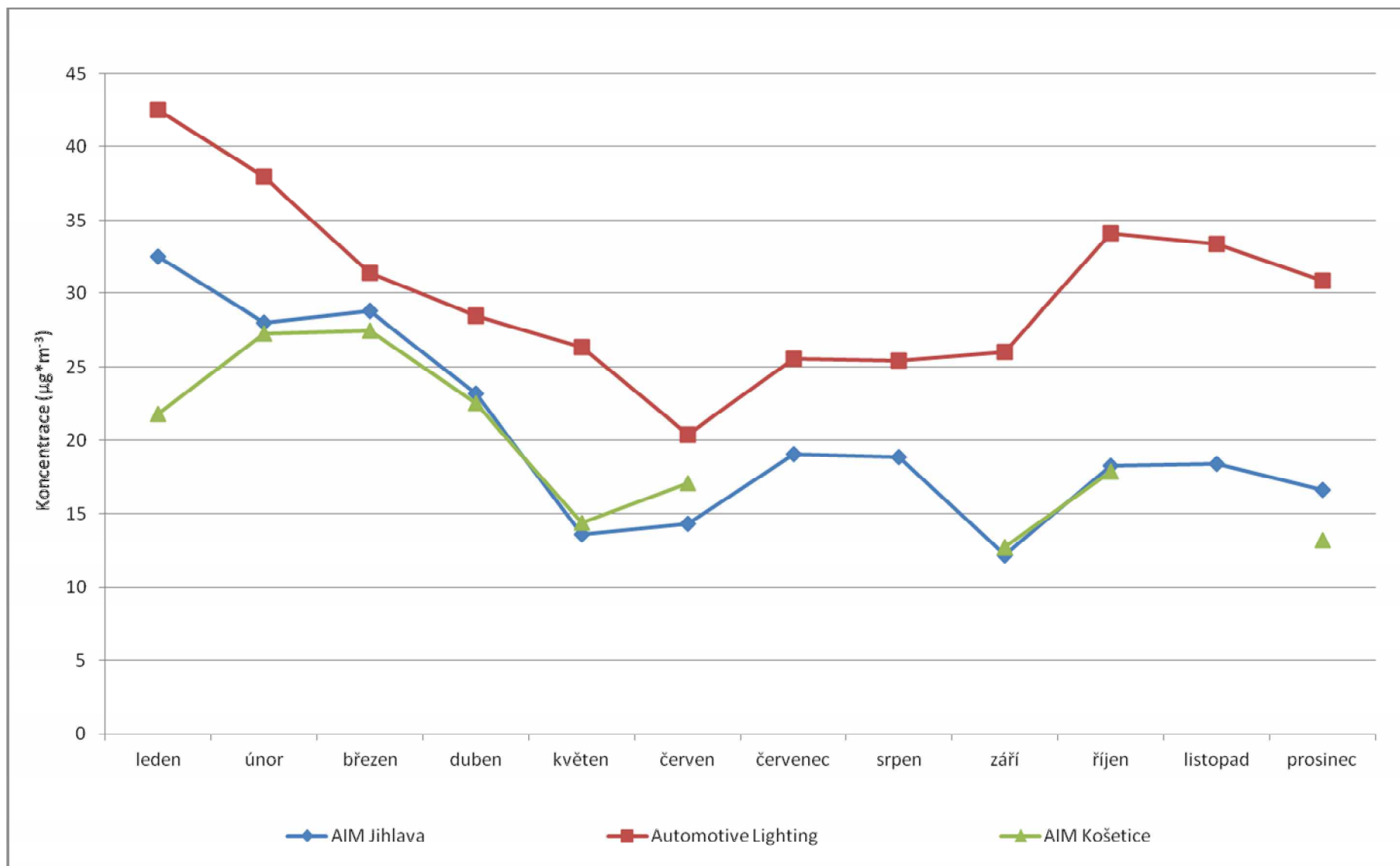
Z Obr. 16 a Obr. 19 zobrazující trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM je patrné, že koncentrace měřené v lokalitách AIM Jihlava a Košetice jsou velmi podobné a že tedy v residenční pozadové části města Jihlava jsou z hlediska kvality ovzduší velmi dobré podmínky srovnatelné s regionálním pozadím. V průmyslové lokalitě poblíž dálnice D1 jsou koncentrace znatelně vyšší, avšak ani zde se koncentrace neblíží dopravním lokalitám ve velkých aglomeracích, jako jsou Praha či Brno.



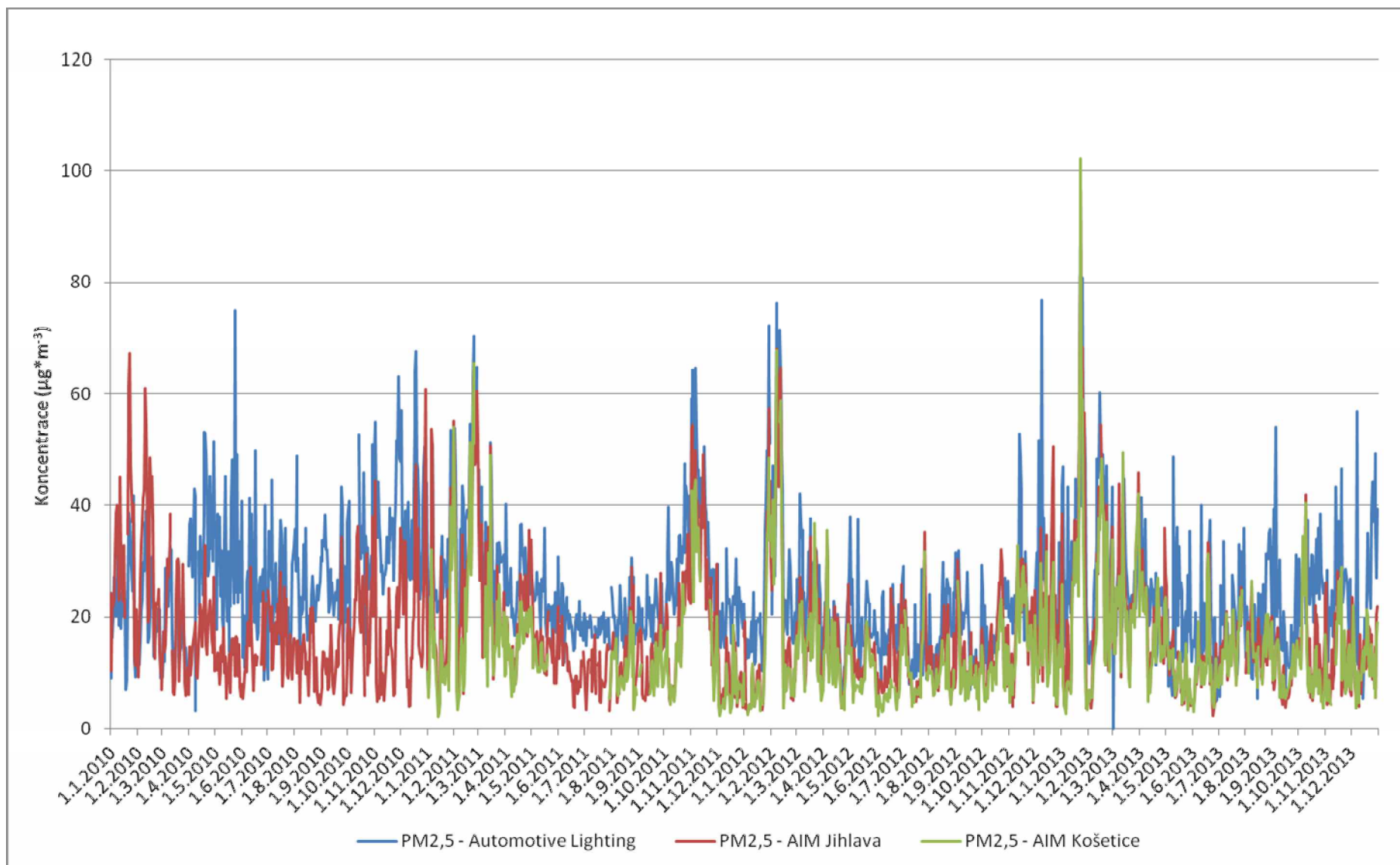
Obr. 16 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2010 - 2013



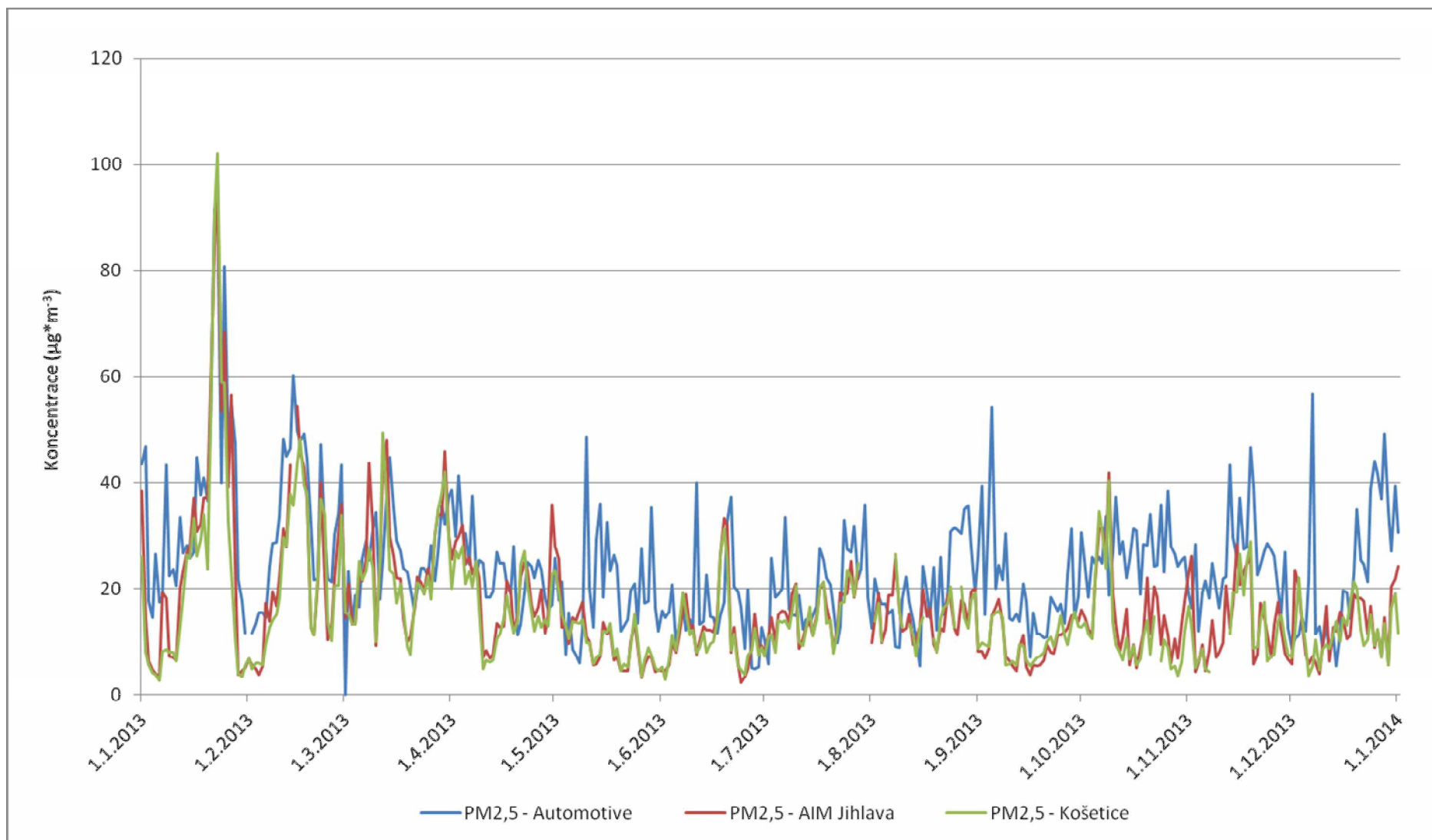
Obr. 17 – Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀ naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2013



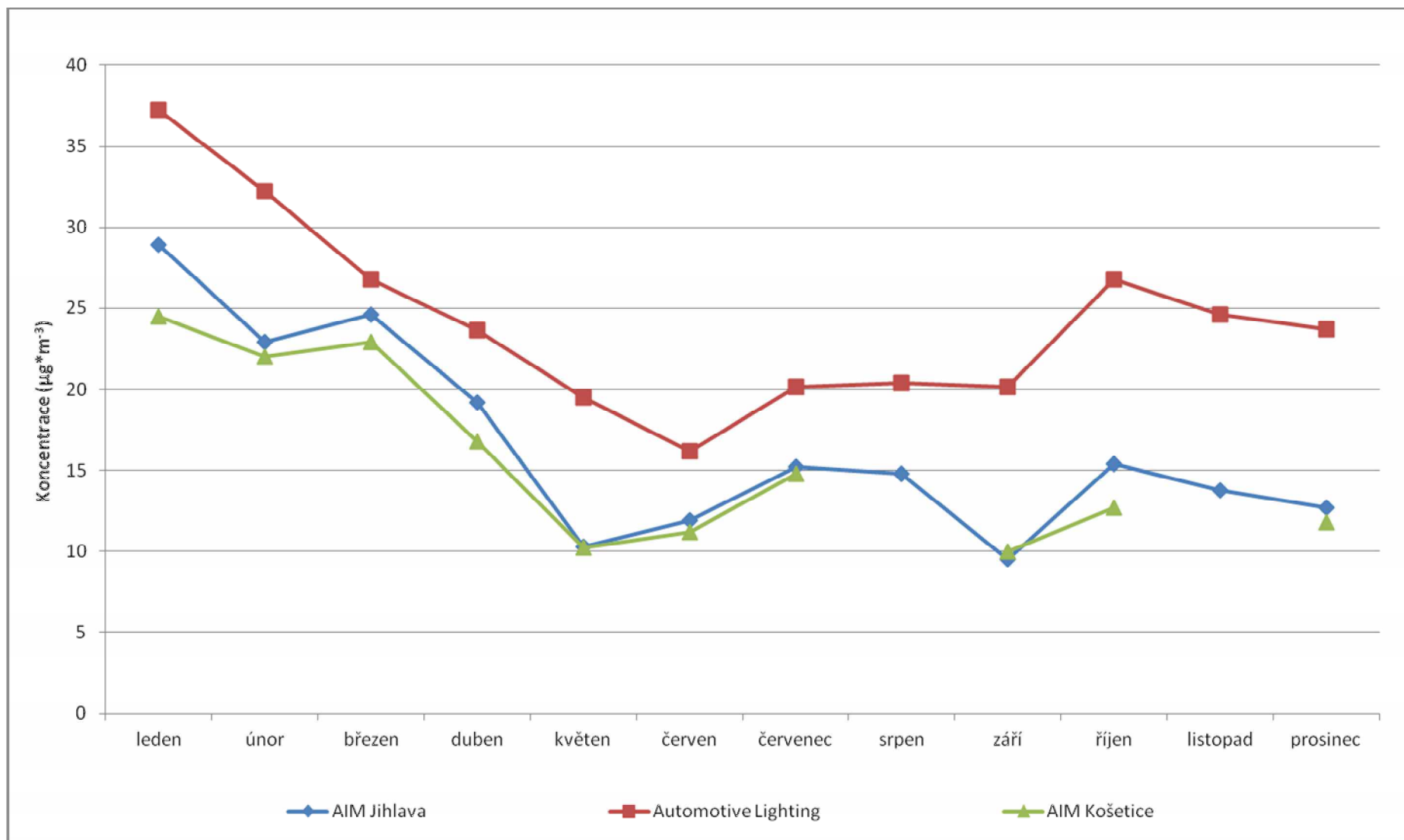
Obr. 18 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ na stanicích AIM Jihlava, Automotive Lighting a Košetice, rok 2013



Obr. 19 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM_{2,5}, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2010 – 2013

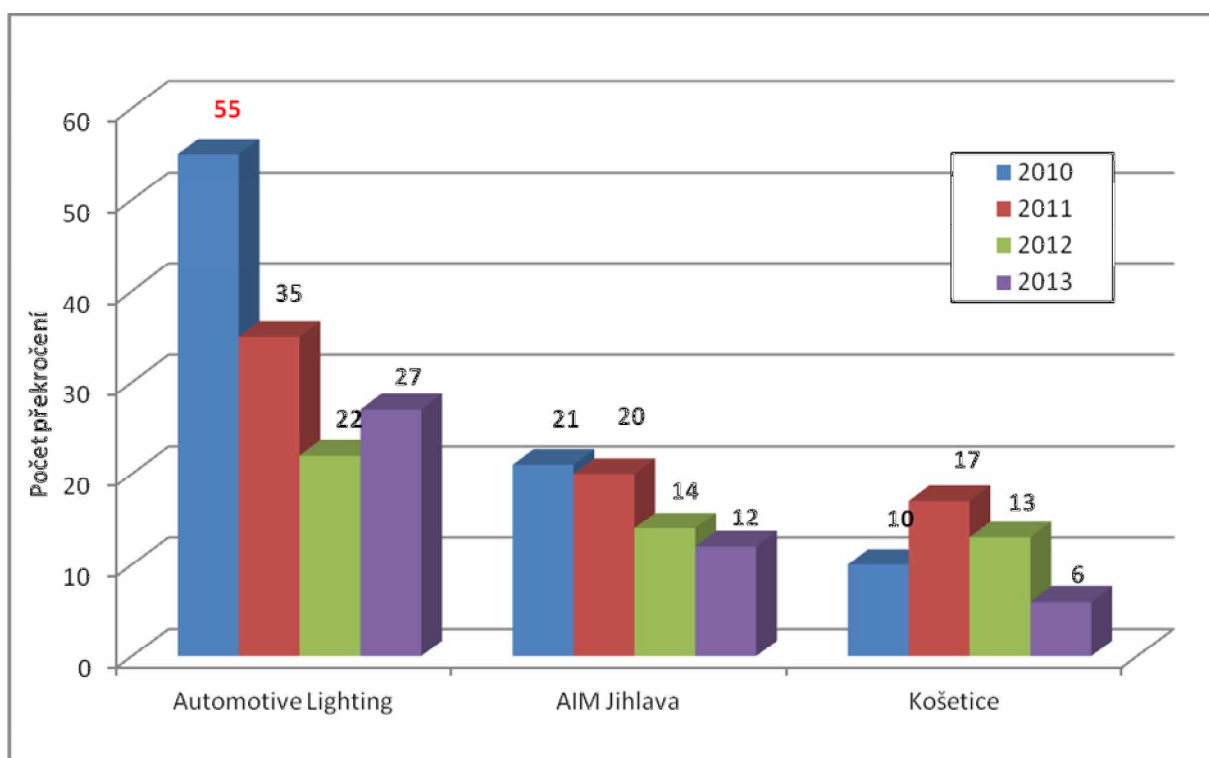


Obr. 20 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací PM_{2,5} naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2013



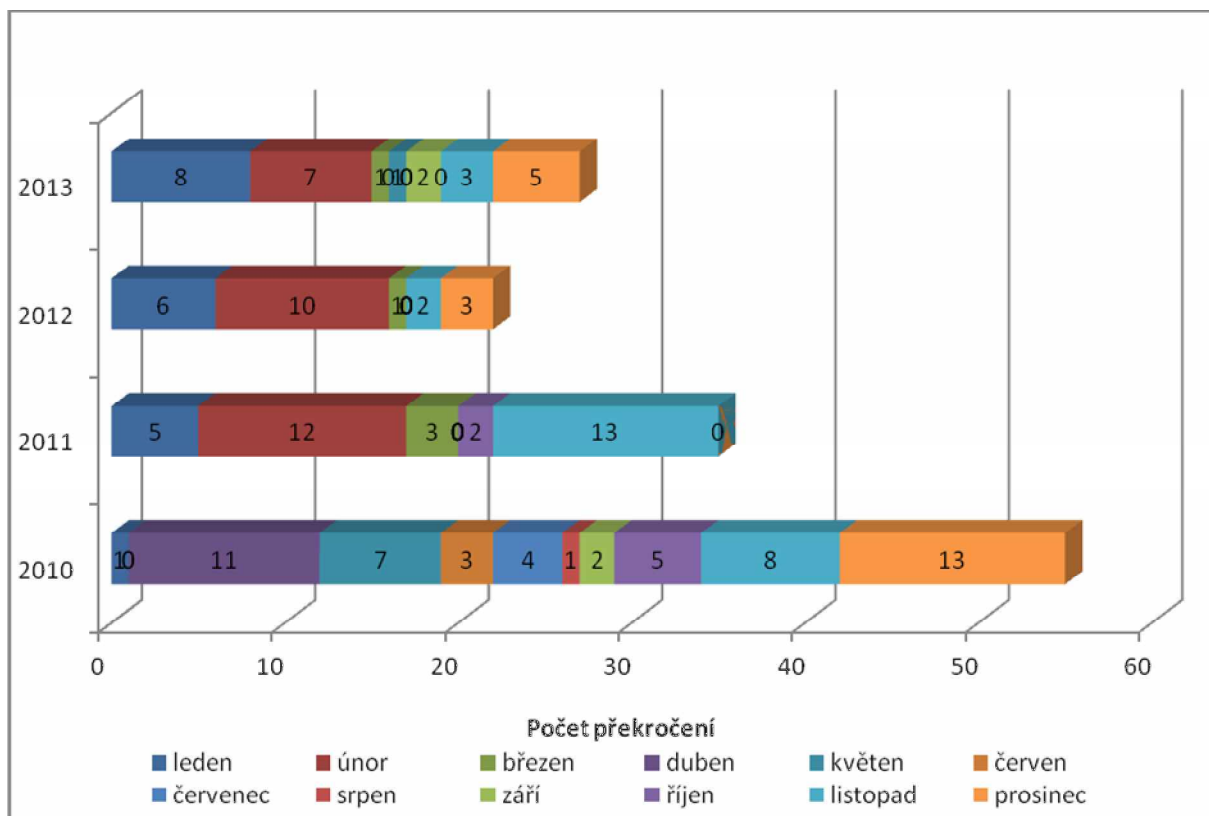
Obr. 21 -Průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5} na stanicích AIM Jihlava, Automotive Lighting a Košetice, rok 2013

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. 22 je zobrazen počet překročení na jednotlivých lokalitách v letech 2010 - 2013. 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. V případě AIM Jihlava a Košetice rovněž k překročení limitu nedošlo, AIM Jihlava překročila koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 12x, Košetice podobně 6x. Z toho je patrné, že mírně přibýlo dní s vyššími koncentracemi, což mohlo být způsobeno rozptylovými podmínkami a také stavebními pracemi v blízkosti měření.

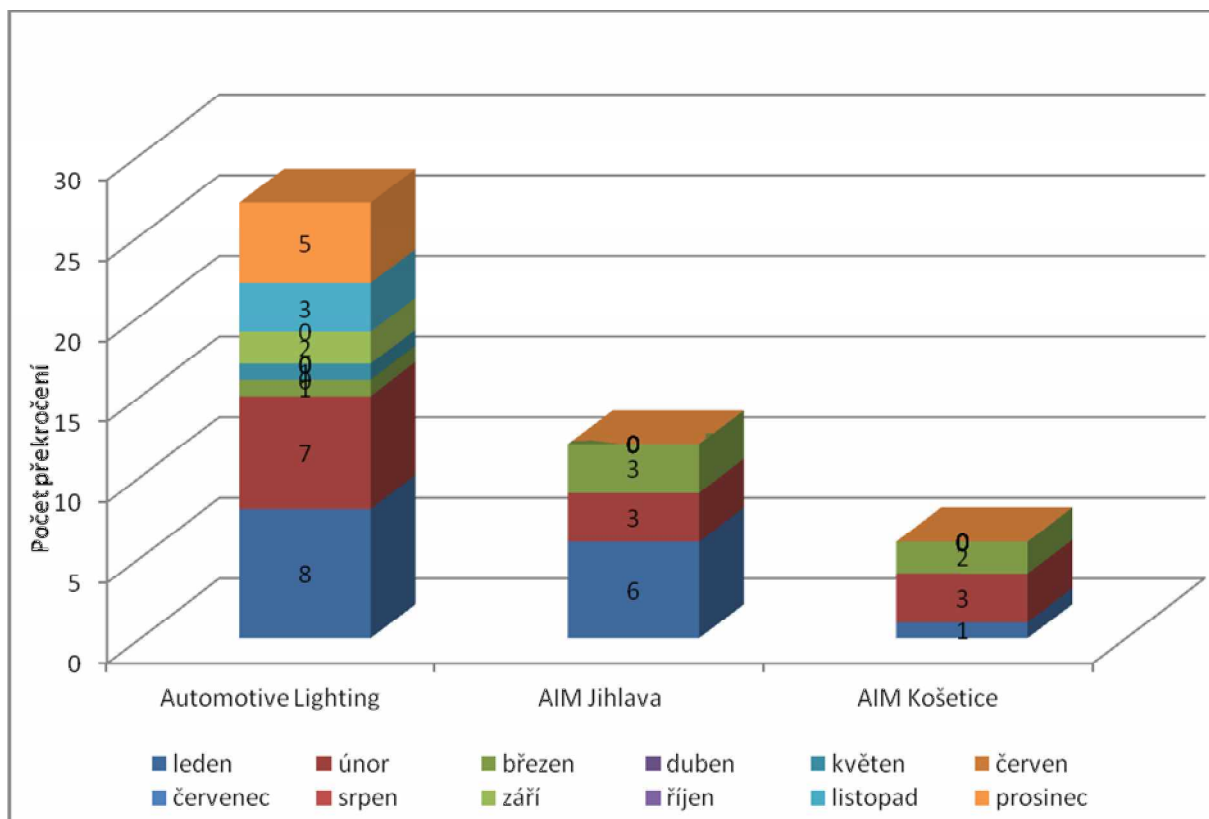


Obr. 22 - Počet překročení limitní koncentrace PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v letech 2010 - 2013

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 dieselovými 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. 23). Vliv dopravy oproti lokalitě AIM Jihlava je však stále znatelný, proto stále v této lokalitě dochází k nejvíce překročením. Avšak v roce 2011 - 2013 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 pozadové stanice docházelo k překračování pouze v zimním období během topné sezóny a špatných rozptylových podmínek (říjen – březen). V letních měsících k překračování nedocházelo (Obr. 24).



Obr. 23 - Počet překročení PM₁₀ v lokalitě Automotive Lighting v roce 2010 až 2013



Obr. 24 - Počet překročení PM₁₀ v jednotlivých lokalitách a měsících roku 2013

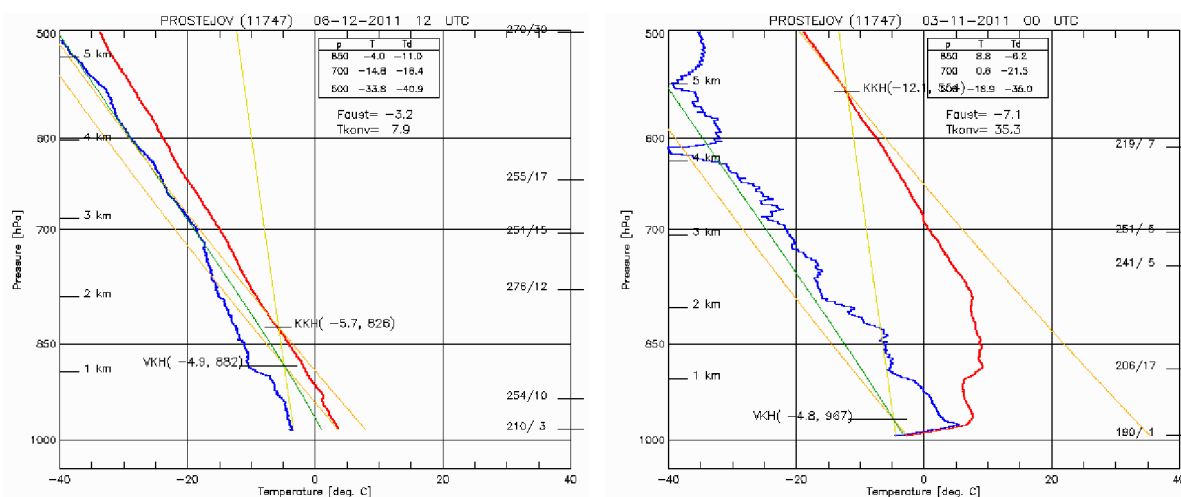
Z Obr. 24 jsou rovněž patrné velmi podobné hodnoty AIM Jihlava a Košetic – k překročení koncentrace $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ docházelo v totožných měsících. To naznačuje spíše nadregionální zhoršení kvality než lokální ovlivnění. Rovněž to potvrzuje velmi dobrou kvalitu ovzduší v rezidenčních částech města Jihlavy.

3.1.3 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace částic

Jak již bylo uvedeno výše a je patrné z grafu na Obr. 24, 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 PM_{10} – v listopadu jich bylo 13, v prosinci žádné. Na vině byla především delší období s teplotní inverzí (Obr. 25). Obdobná situace nastala začátkem roku 2012, kdy v únoru došlo zhruba k dvojnásobnému počtu překročení koncentrace $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ oproti lednu (Obr. 24).



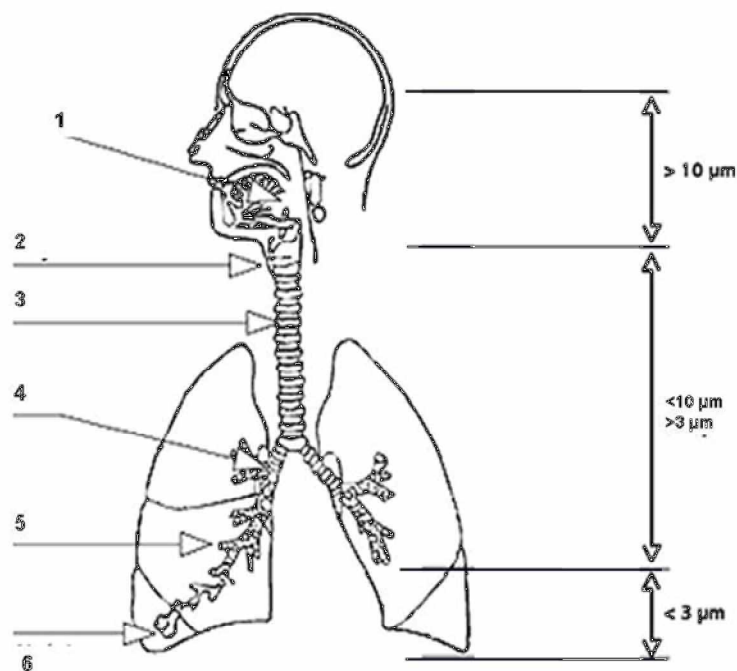
Obr. 25 - Sondáž atmosféry - vlevo bez inverze, vpravo teplotní inverze

Na Obr. 25 je zobrazen vertikální chod teploty (červená křivka). Zatímco vlevo (6. 12. 2011) teplota s rostoucí nadmořskou výškou klesá, vpravo (3. 11. 2011) nejprve s rostoucí nadmořskou výškou roste až po hranici teplotní inverze (cca 500 m.n.m.) a poté v závislosti na šířce inverzní vrstvy (zde je inverze poměrně široká) začíná teplota s rostoucí nadmořskou výškou opět klesat. A právě pod

hranicí inverze dochází k oné stabilizaci atmosféry, s nízkými rychlostmi větru. Teplotní inverze bývají ze své podstaty častější v chladné části roku a spolu s vytápěním domácností tak výrazně zhoršují kvalitu ovzduší v této části roku.

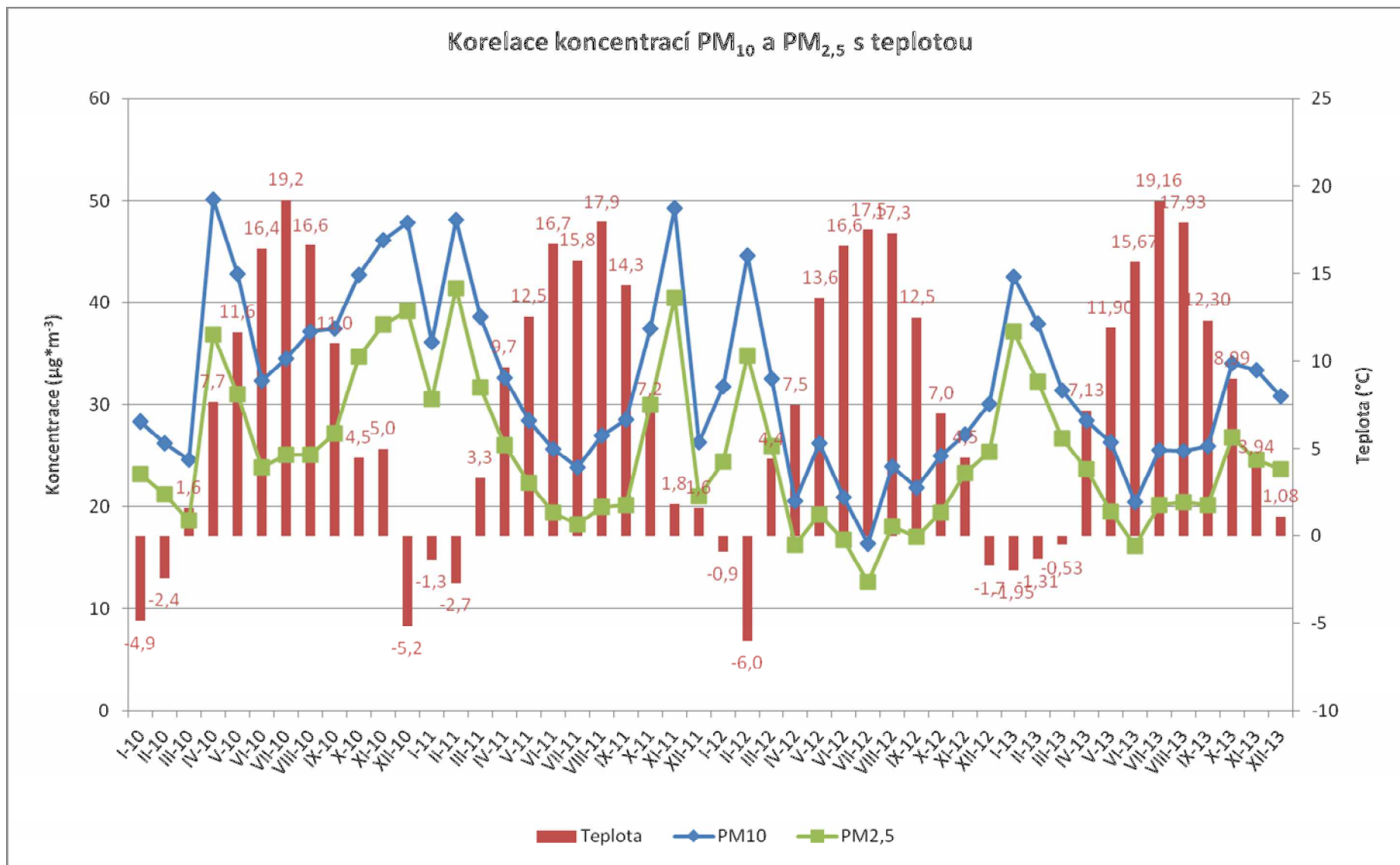
Dalším významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je teplota vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s klesající teplotou rostou koncentrace částic v ovzduší (Obr. 27), přičemž je více zastoupená jemnější frakce (Obr. 28) a naopak s rostoucí teplotou koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená hrubší frakce částic. Teplota však spolu se slunečním zářením má vliv i na tvorbu částic z plynných prekurzorů tzv. nukleací – více viz. kapitola 2.1.2.

Jak je patrné z Obr. 27, v roce 2010 docházelo ještě ke značnému ovlivnění stanice lokální kamionovou dopravou a korelace s teplotou není tak patrná. Přesto je vidět na přelomu roku 2010/2011, že když v lednu 2011 došlo k oteplení, klesly i koncentrace oproti prosinci 2010 a únoru 2011. V únoru 2011 se navíc k nižším teplotám připojily teplotní inverze, a proto byly koncentrace vyšší. Zároveň je také z grafu na Obr. 28 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. 26 – 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.

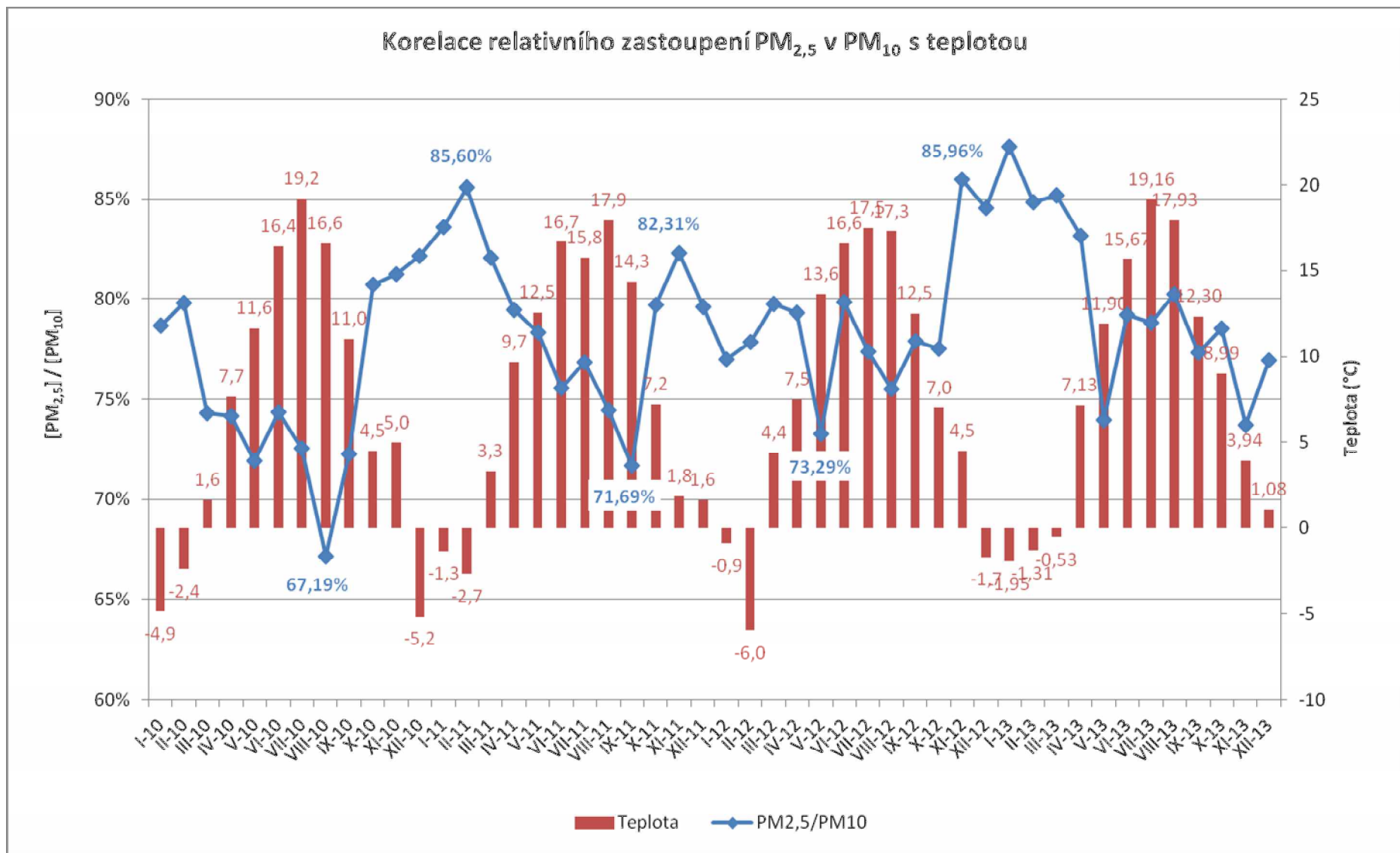


Obr. 26 - Prostupnost jednotlivých frakcí částic dýchacím traktem člověka

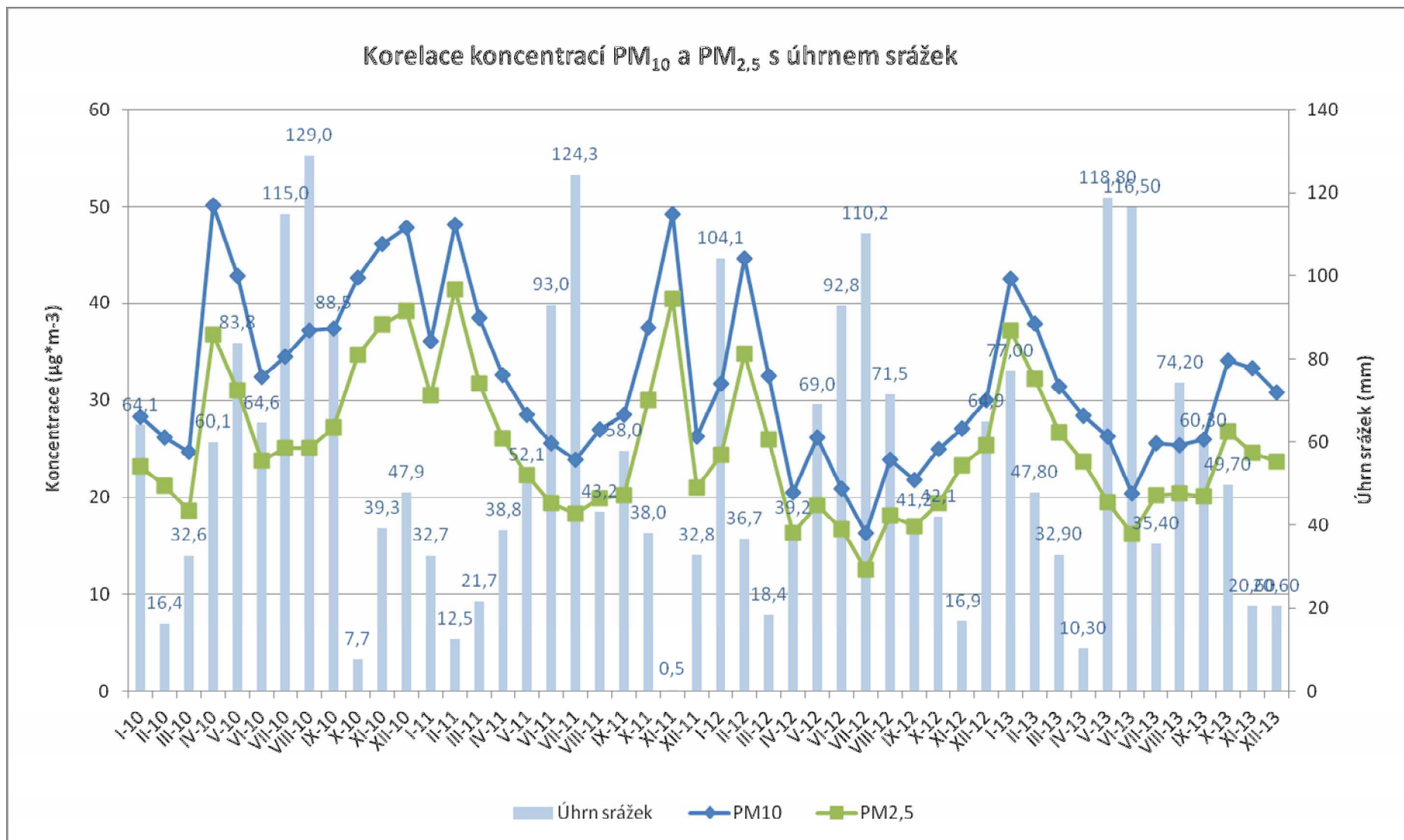
Dalším významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace částic v ovzduší je přítomnost/nepřítomnost částic. Srážky mají na částice dvojitý účinek – jednak pročišťují atmosféru tím, že strhávají částice k zemi, a jednak zvlhčením povrchu a částic na něm dochází v mnohem menší míře k re-emisi. Bylo zjištěno, že při bezsrážkových epizodách (alespoň 5 dní bez srážek), jsou koncentrace PM₁₀ v průměru o 6 µg*m⁻³ vyšší. Velmi dobře je patrný vliv nedostatku srážek v listopadu 2011, kdy bylo v měsíčním úhrnu pouze 0,5 mm srážek a koncentrace PM velmi vzrostly (Obr. 29). 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 smétat vozovky – nedochází tolik k resuspenzi a koncentrace PM v ovzduší klesá.



Obr. 27 - Korelace koncentrací PM s teplotou, lokalita Automotive Lighting, 2010-2013



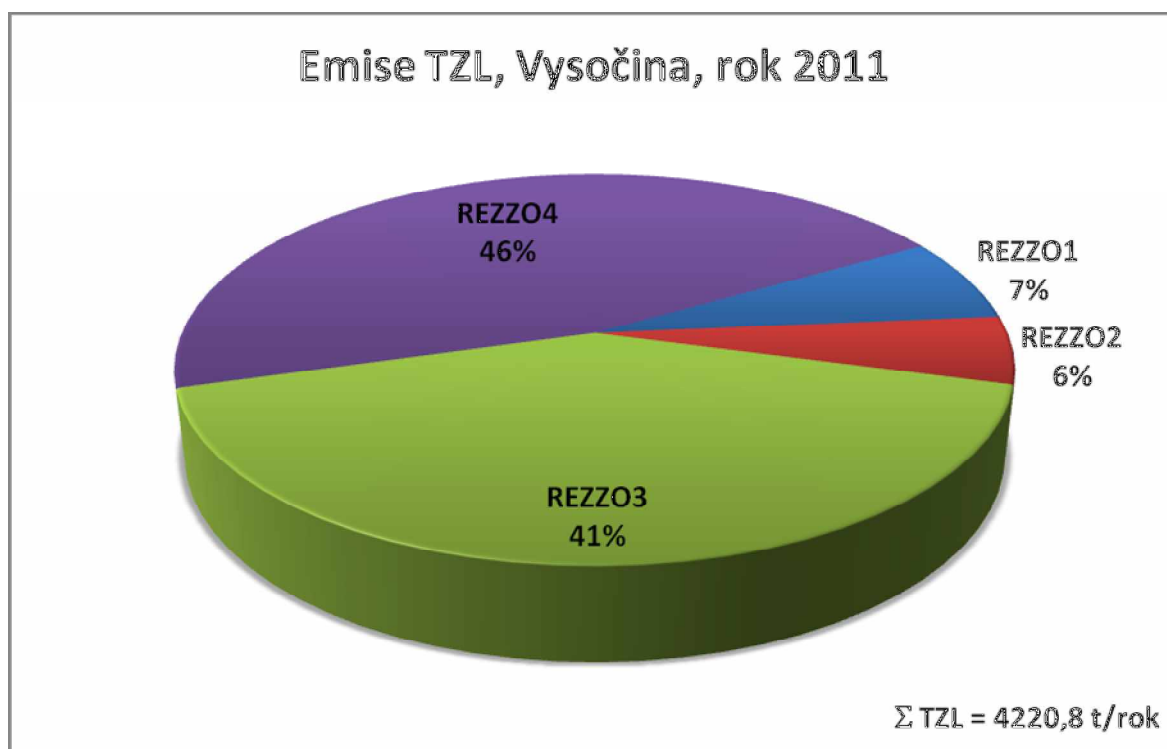
Obr. 28 - Korelace relativního zastoupení PM_{2,5} v PM₁₀ s teplotou, lokalita Automotive Lighting, 2010-2013



Obr. 29 - Korelace průměrných měsíčních koncentrací PM s měsíčním úhrnem srážek, lokalita Automotive Lighting, 2010-2013

3.1.4 Malé zdroje (REZZO3)

Druhým velmi významným faktorem po meteorologických podmínkách, výrazně ovlivňující vyšší koncentrace částic v chladné části roku, jsou malé zdroje (REZZO 3) – lokální topeniště, vytápění domácností. Tyto zdroje jsou na rozdíl od průmyslu a dopravy v provozu pouze v chladné části roku po čas topné sezóny. Přesto jsou druhým nejvýznamnějším zdrojem tuhých znečišťujících látek v ovzduší v kraji Vysočina, jak znázorňuje Obr. 30.



Obr. 30 - Podíl jednotlivých kategorií zdrojů na celkových emisích TZL v kraji Vysočina

Z Obr. 30 je patrné, že největším producentem prašnosti v kraji je doprava (REZZO 4) produkující 46% veškerých tuhých látek v ovzduší. Avšak již na druhém místě jsou výše zmiňované malé zdroje REZZO3, které přestože **jsou v provozu cca půl roku** (v chladné části roku), tak **v celoroční bilanci produkují 41%** veškeré prašnosti. V zimě bude tedy toto procento mnohem vyšší a malé zdroje jsou významným znečišťovatelem ovzduší v kraji Vysočina. Zvláště velké a velké zdroje (REZZO1, nad 5MW tepelného výkonu) produkují pouze 7 % a střední zdroje (REZZO2, 0,2 - 5 MW tepelného výkonu) 6 % veškerých tuhých látek vypouštěných do ovzduší.

Z hlediska paliv je pro snížení koncentrací PM emitovaných z malých zdrojů nevhodnější 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. Malé

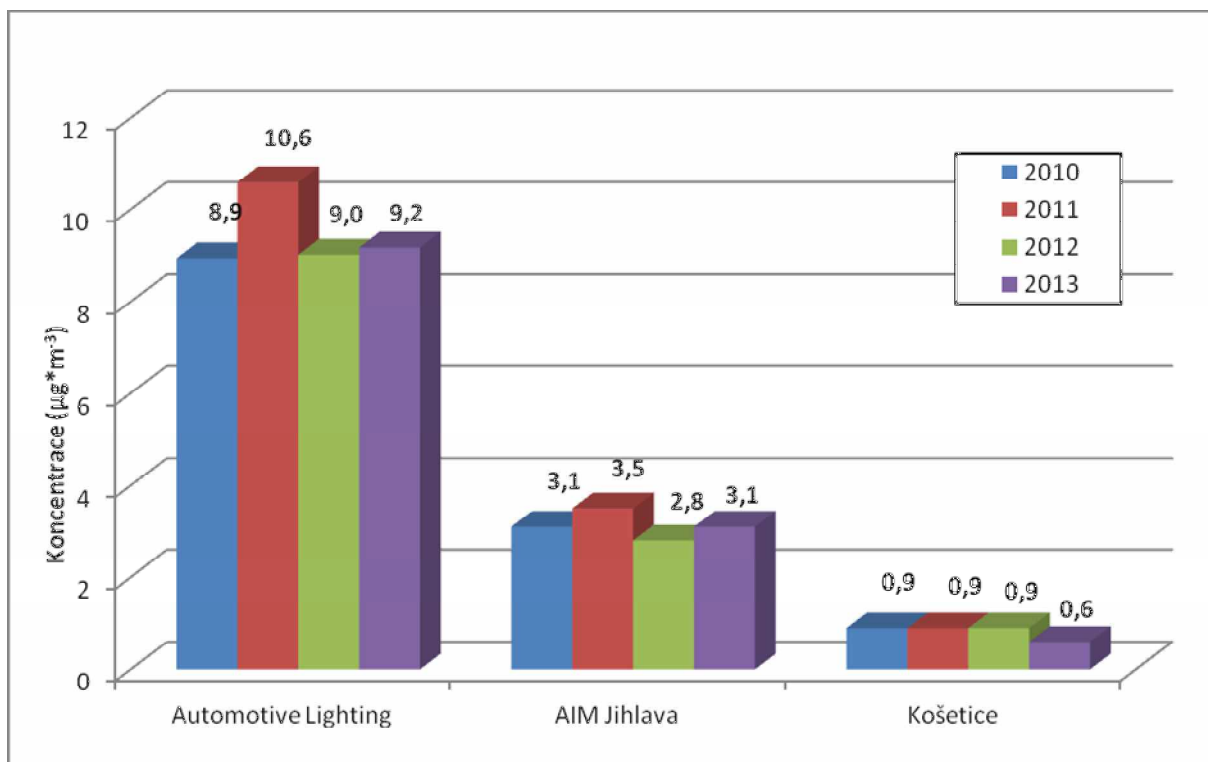
zdroje se tak stávají nejožehavějším problémem z hlediska zlepšování kvality ovzduší. Zvláště velké, velké a střední zdroje jsou kontrolovány a nuceny snižovat emise díky novým BAT technologiím. Opatření v dopravě jsou realizována sice pomaleji, avšak zejména co se vymísťování dopravy z obydlených oblastí (obchvaty měst), či zvyšování plynulosti dopravy, jde o významné zlepšení kvality ovzduší. V případě malých zdrojů – 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

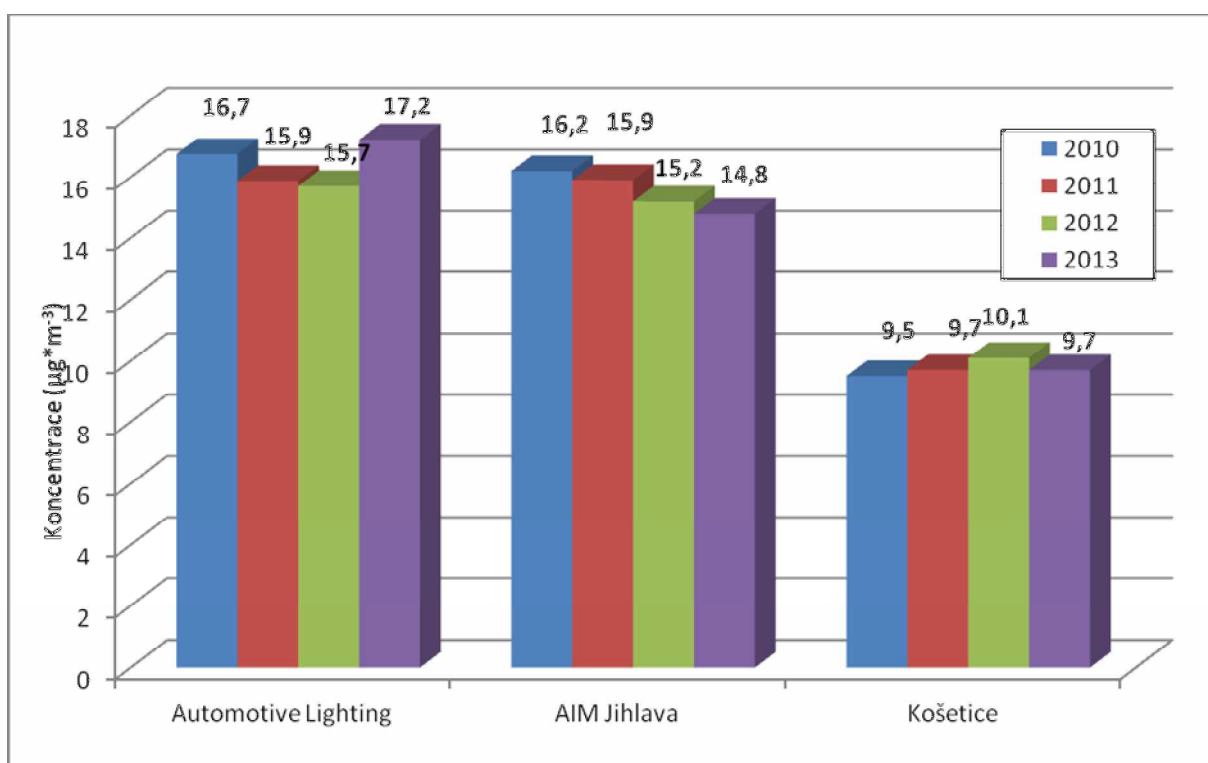
3.2.1 Průměrné roční koncentrace

Na následujících Obr. 31, Obr. 32 a Obr. 33 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. 11), konkrétně pak NO. Proto je nejvýraznější rozdíl v naměřených koncentracích mezi jednotlivými lokalitami právě v případě NO (Obr. 31). Vliv dopravy se pak projevuje rovněž v koncentracích NO_x (Obr. 33), 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. 34). Obrázek dokladuje, že lokalitu Automotive Lighting lze považovat za dopravní, AIM Jihlava a Košetice jsou lokality pozadové, přičemž AIM Jihlava je více ovlivněna dopravou.

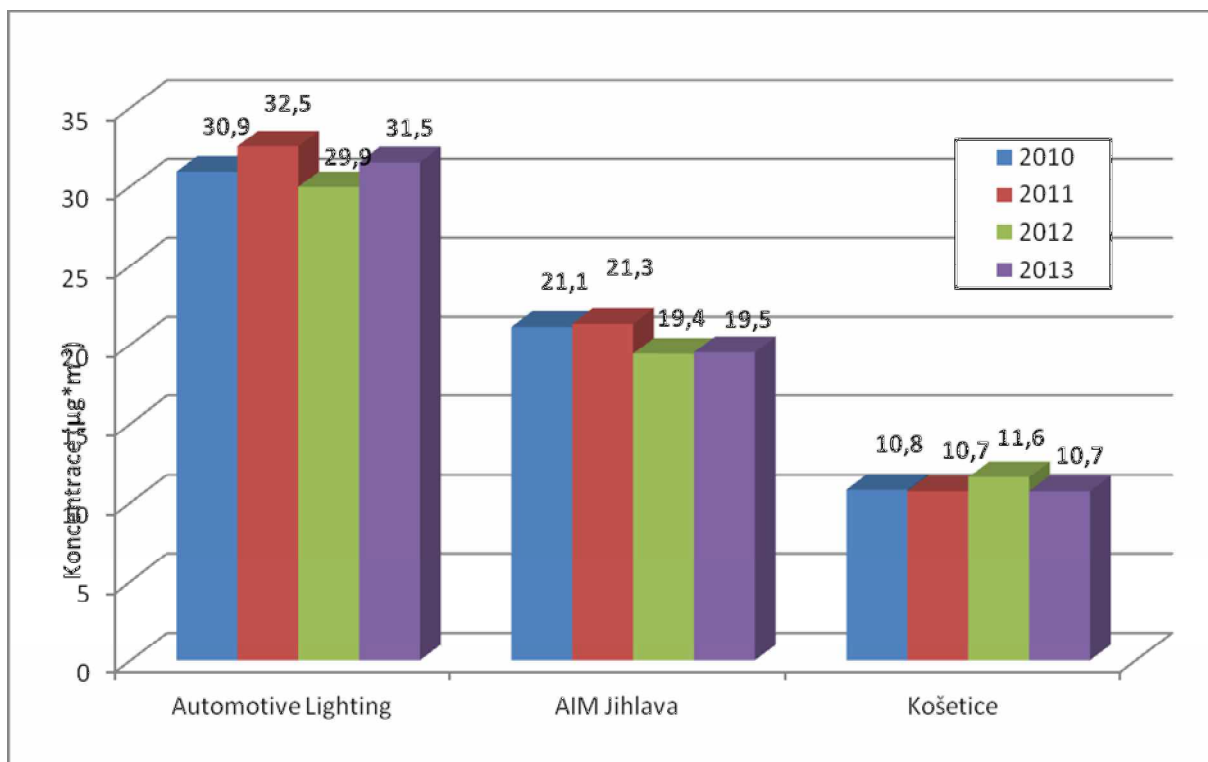
Koncentrace NO₂ pak charakterizují oblast z hlediska spalovacích procesů. NO₂ vzniká při jakémkoli hoření (oxidaci), kde je přítomný vzduch (zastoupení dusíku ve vzduchu činí zhruba 78%, při oxidaci – reakci s kyslíkem – vzniká NO a dále NO₂). Z hlediska koncentrací NO₂ je patrné, že lokality Automotive 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.



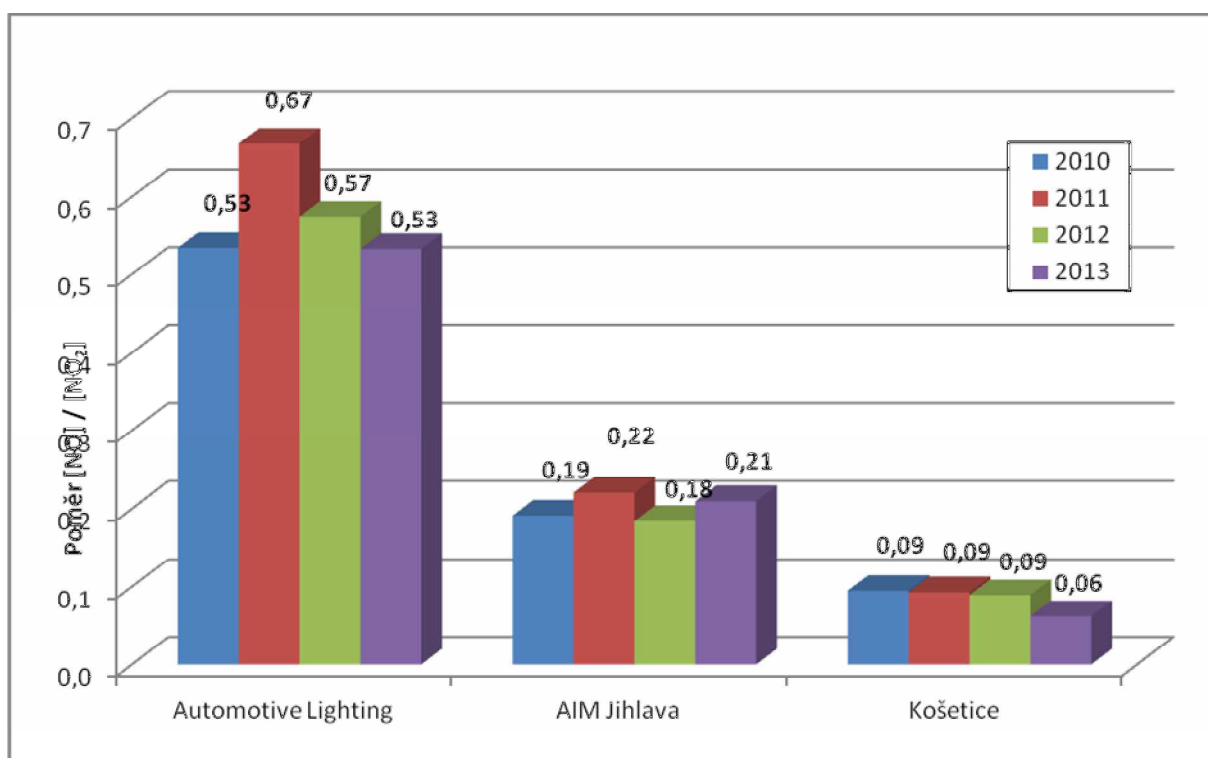
Obr. 31 - Průměrné roční koncentrace NO v letech 2010 - 2013



Obr. 32 - Průměrné roční koncentrace NO₂ v letech 2010 - 2013



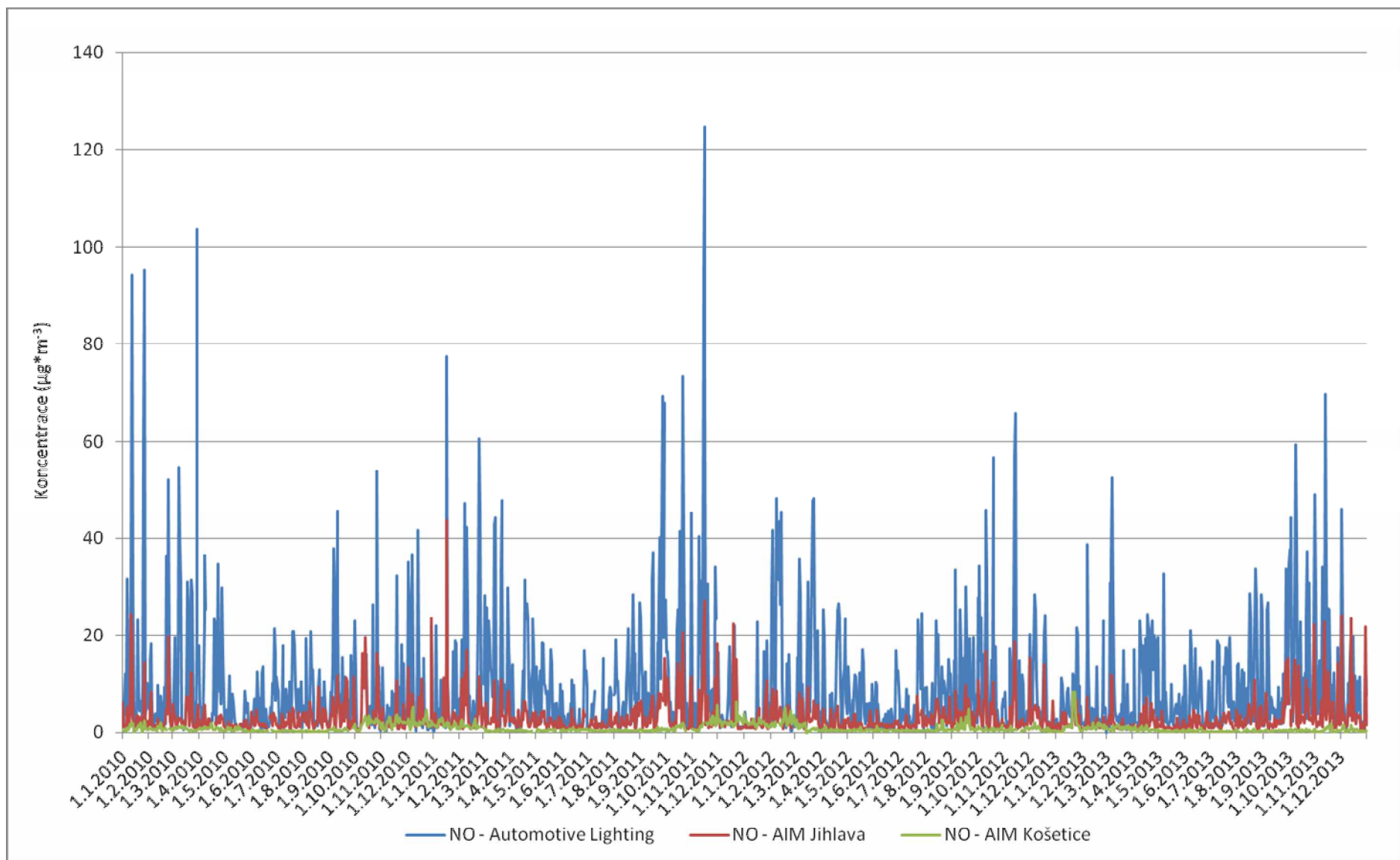
Obr. 33 - Průměrné roční koncentrace NOx v letech 2010 - 2013



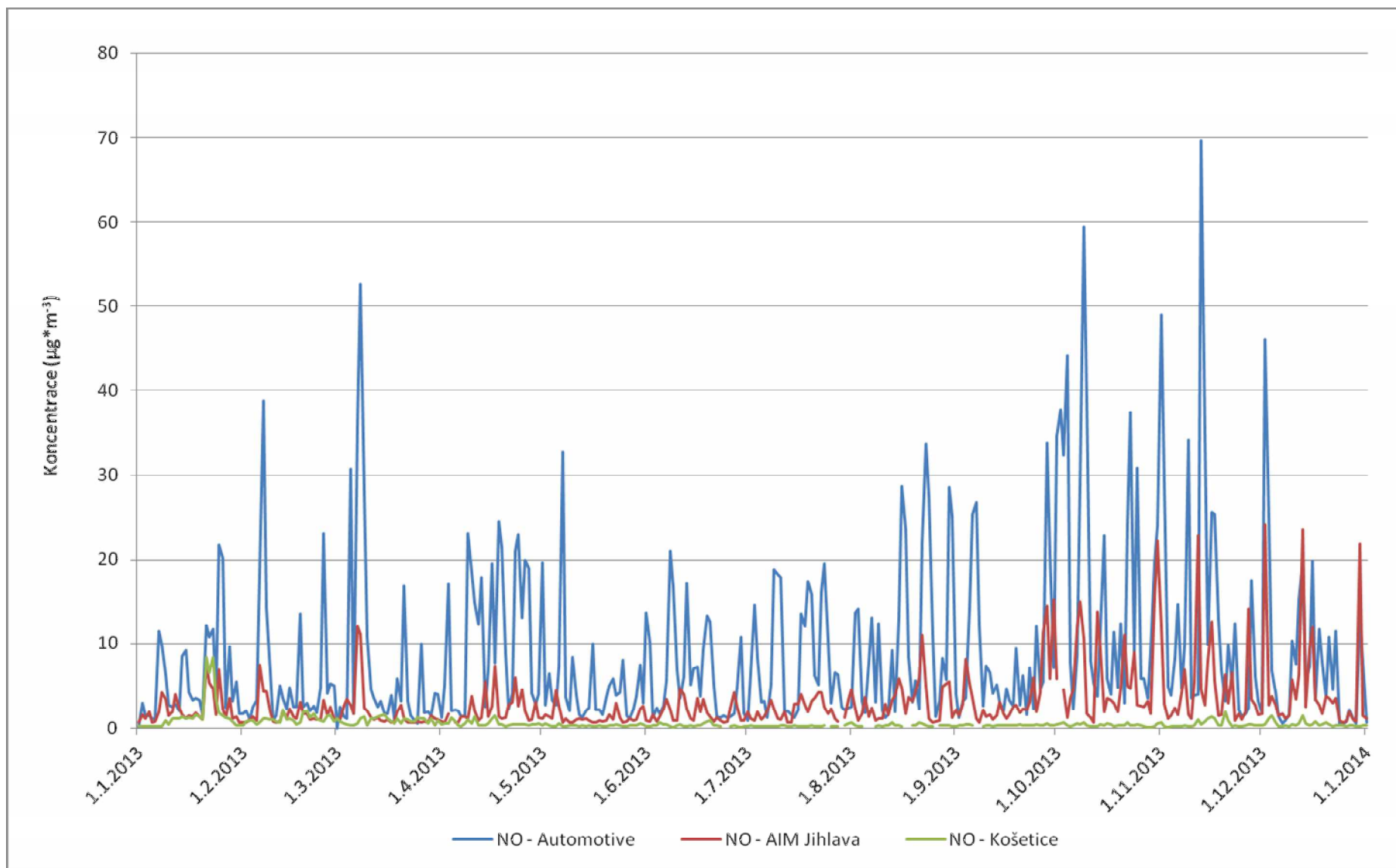
Obr. 34 - Poměr koncentrací NO / NO₂ v letech 2010 - 2013

3.2.2 Průměrné 24 hodinové koncentrace oxidů dusíku

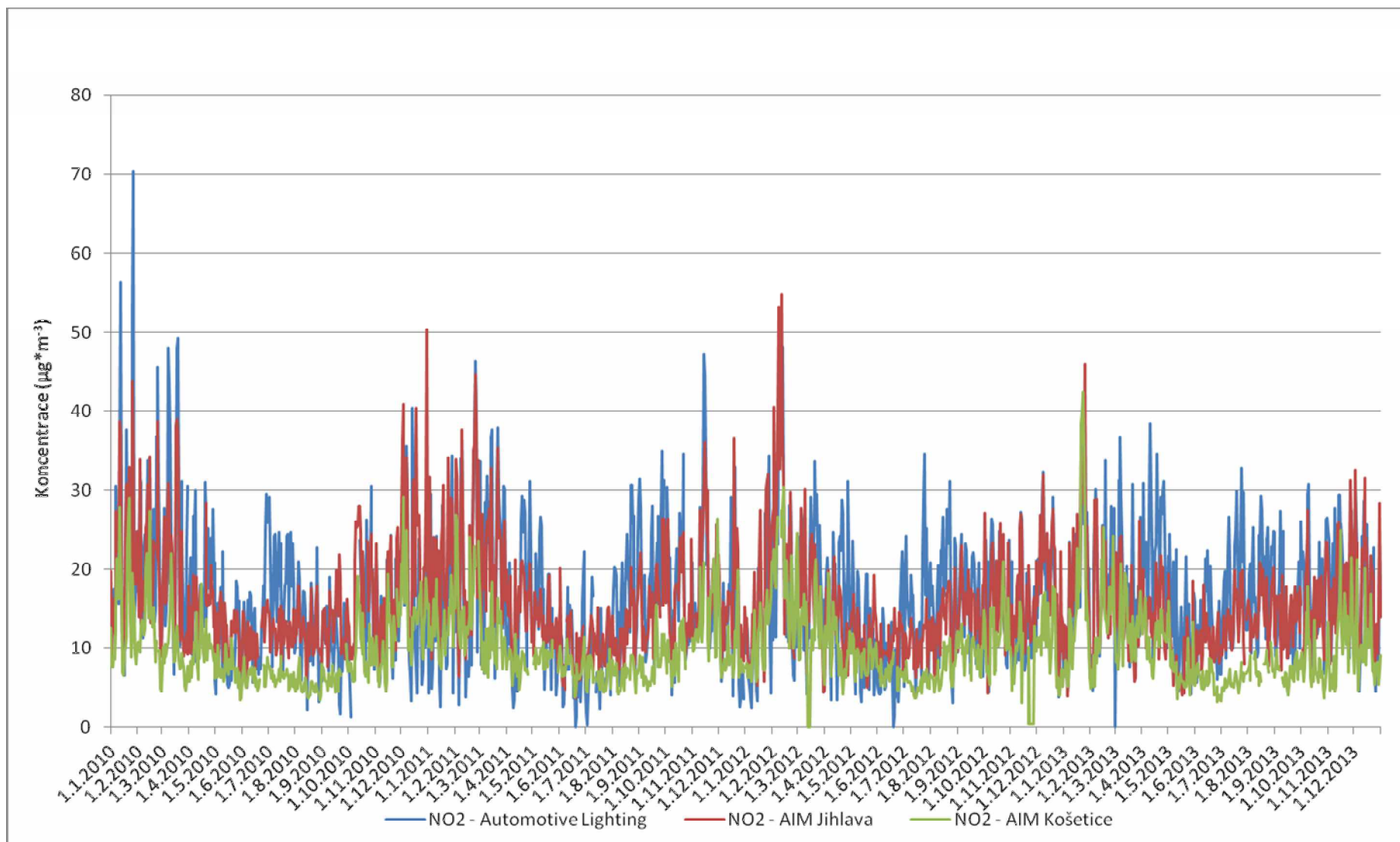
Průměrné 24hodinové koncentrace nemají v legislativě ukotven imisní limit, slouží spíš pro charakterizaci trendů. Z grafu na Obr. 35 jsou patrné píky vysokých koncentrací NO odpovídající vyššímu zatížení ze strany dopravy v lokalitě Automotive Lighting – jednak mohlo docházet k déletrvajícím prouděním od dálnice D1, nebo v areálu průmyslové zóny docházelo k většímu pohybu logistiky. V případě NO₂ na Obr. 37 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. 39 patrné charakteristické píky NO.



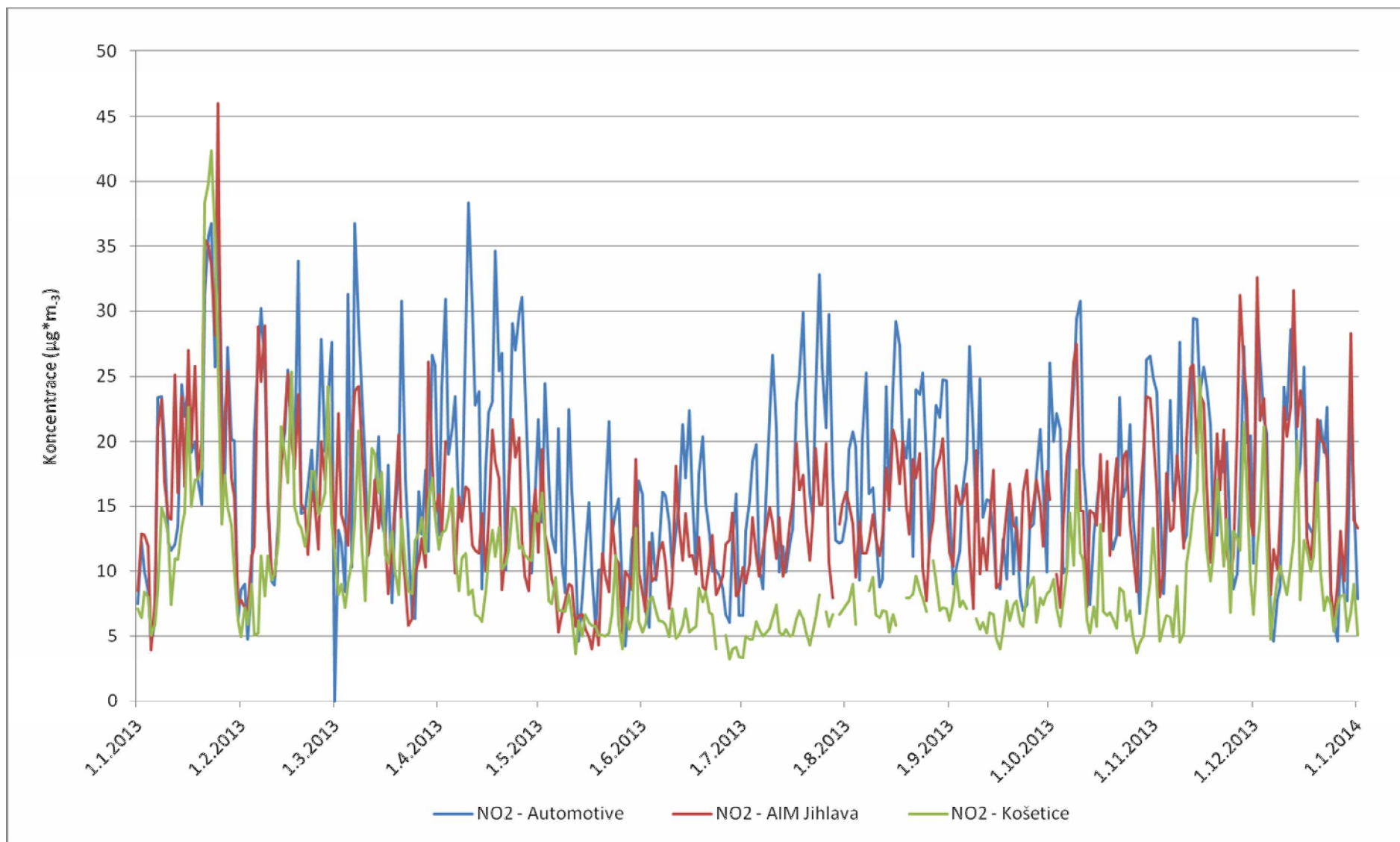
Obr. 35 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2010 – 2013



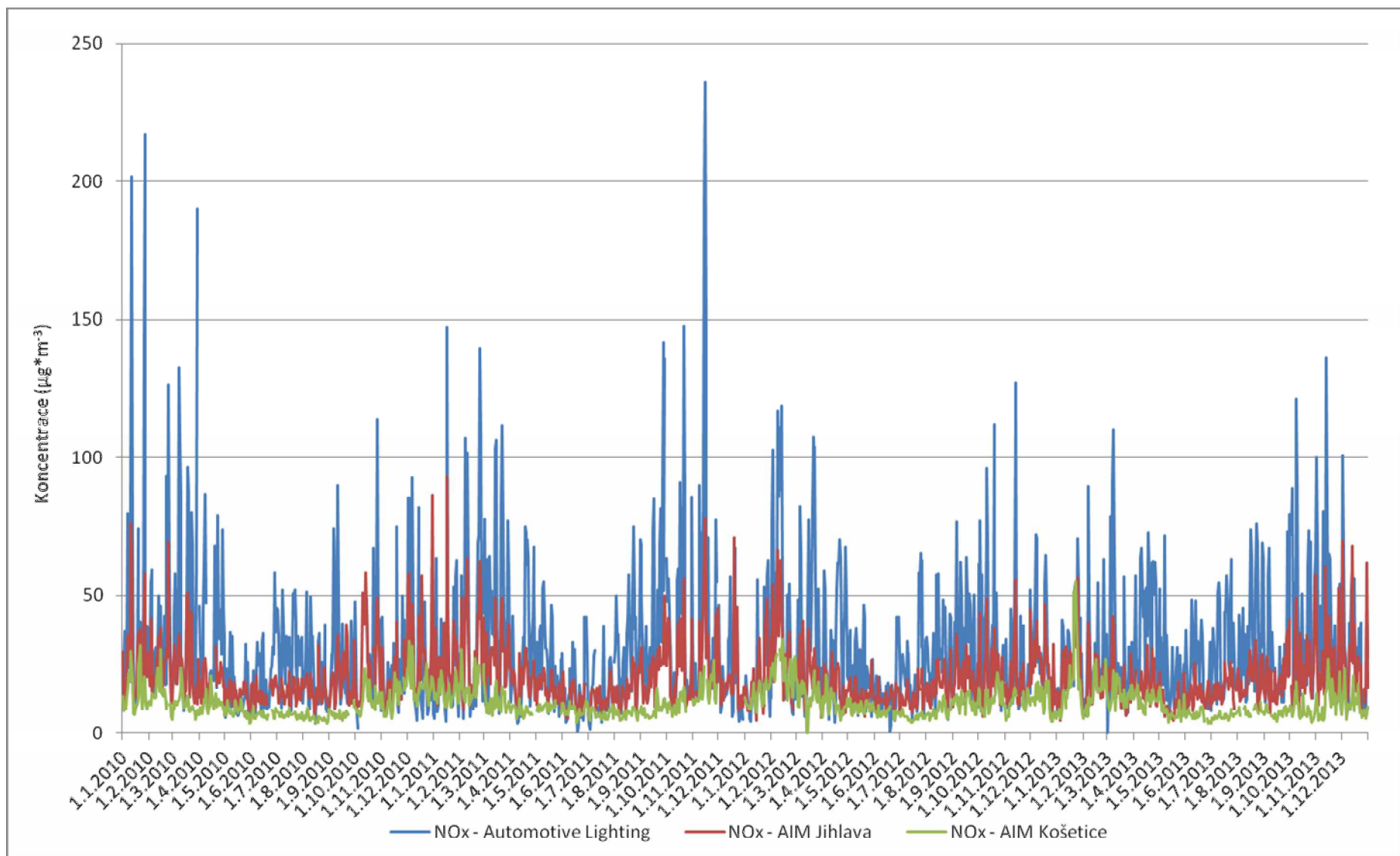
Obr. 36 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NO naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2012



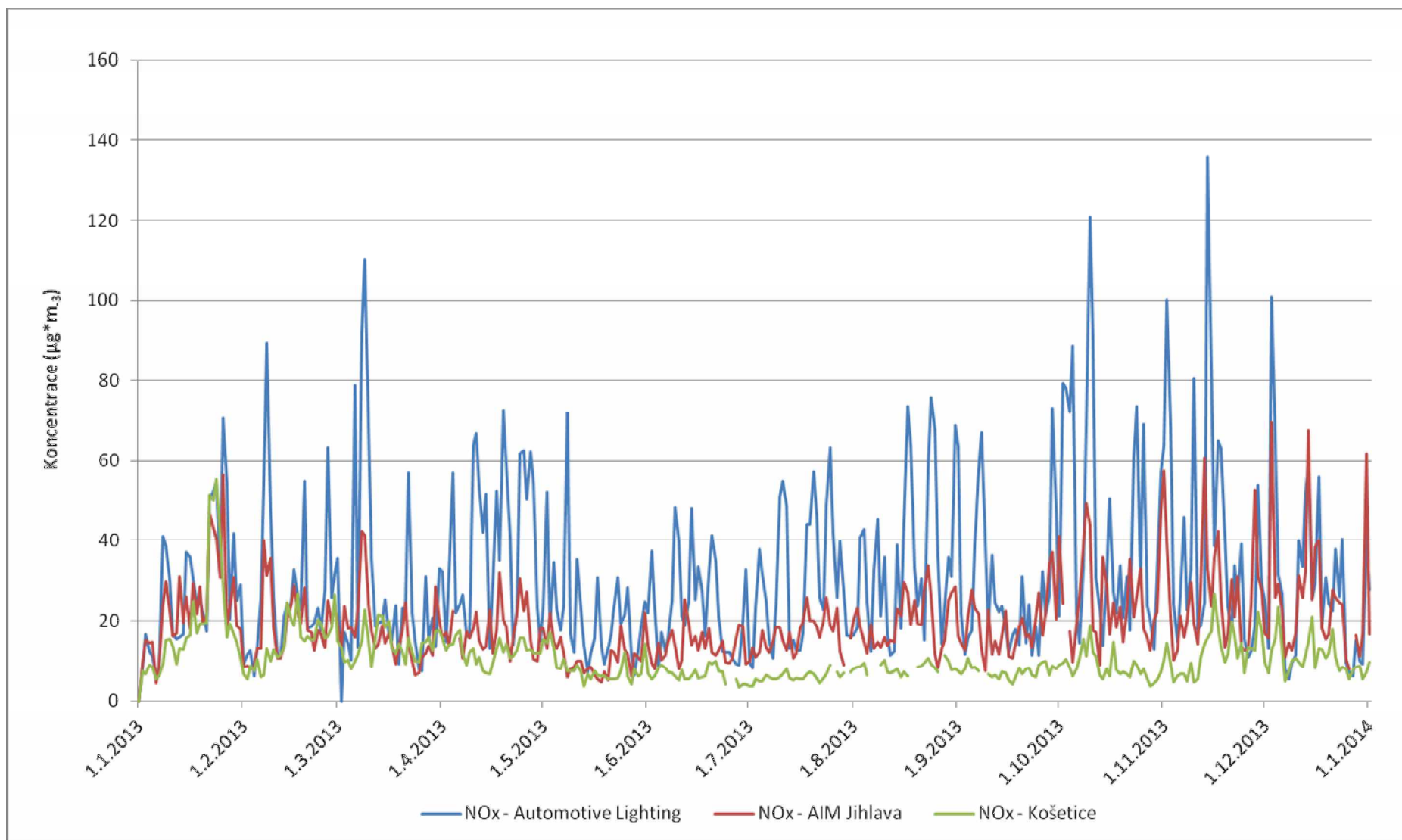
Obr. 37 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO₂, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2010 - 2013



Obr. 38 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NO₂ naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2013



Obr. 39 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NOx, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2010 – 2013

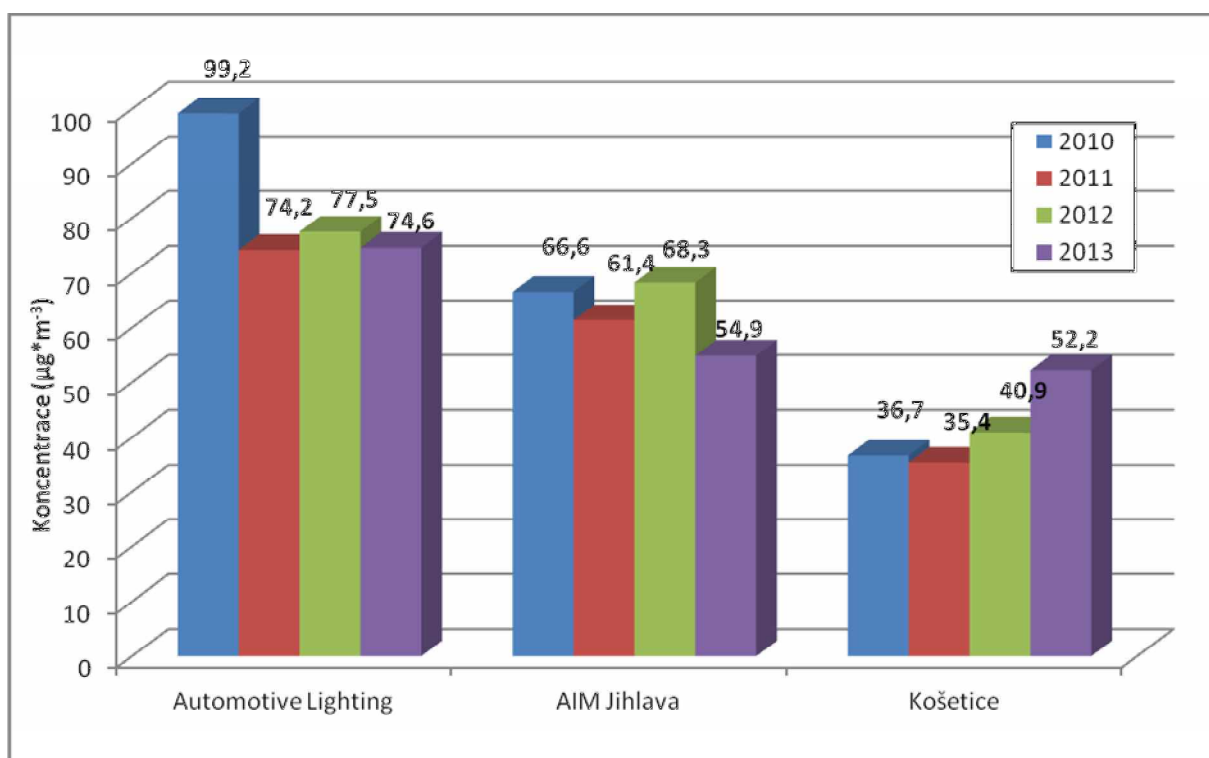


Obr. 40 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NOx naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2013

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.

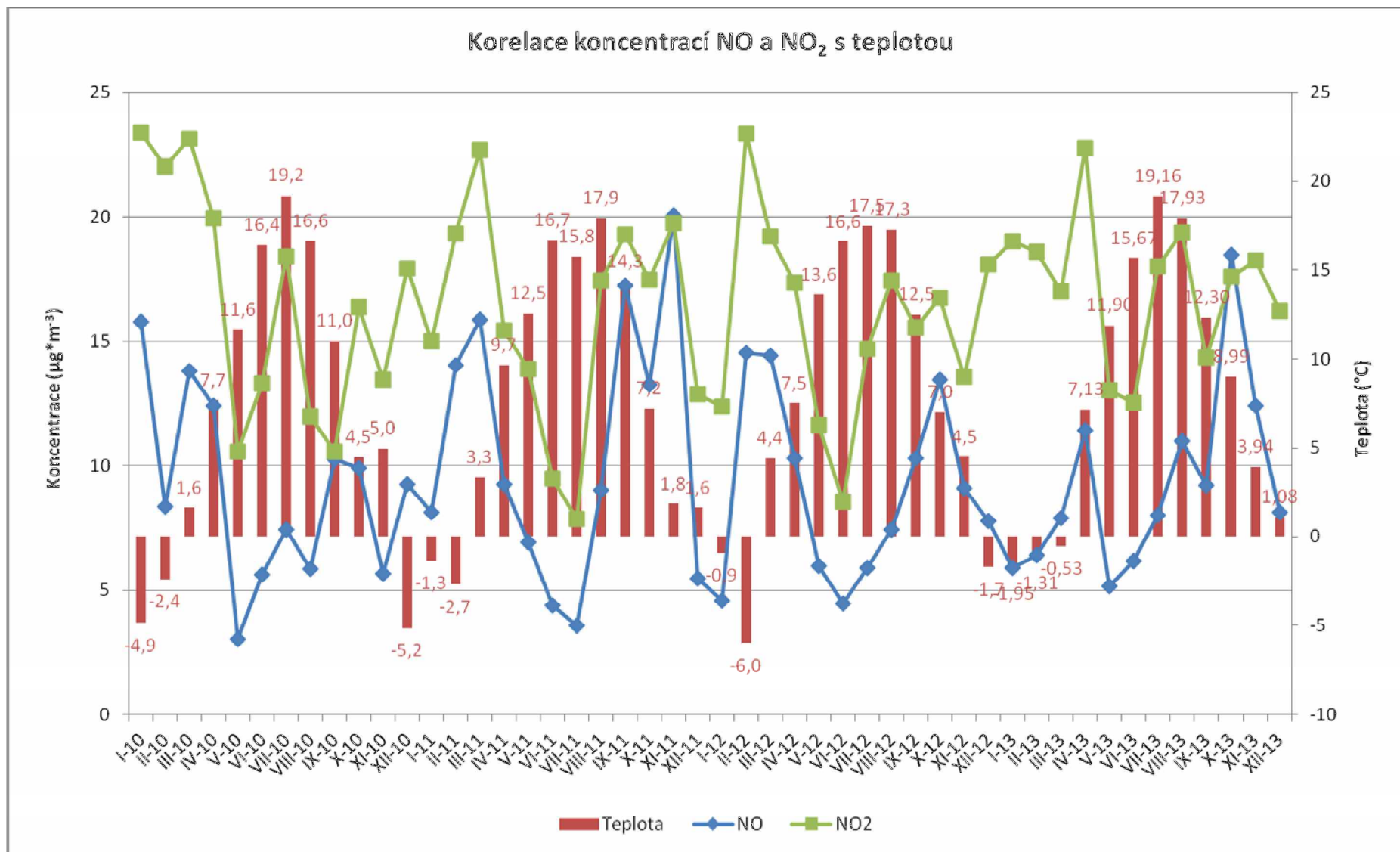
Vyšší koncentrace jsou pravidelně měřeny v lokalitě Automotive Lighting, naopak nízké jsou v Košetících. V roce 2013 jsou v Košetících zvýšené koncentrace pravděpodobně z důvodu výstavby meteorologického stožáru v těsné blízkosti observatoře.



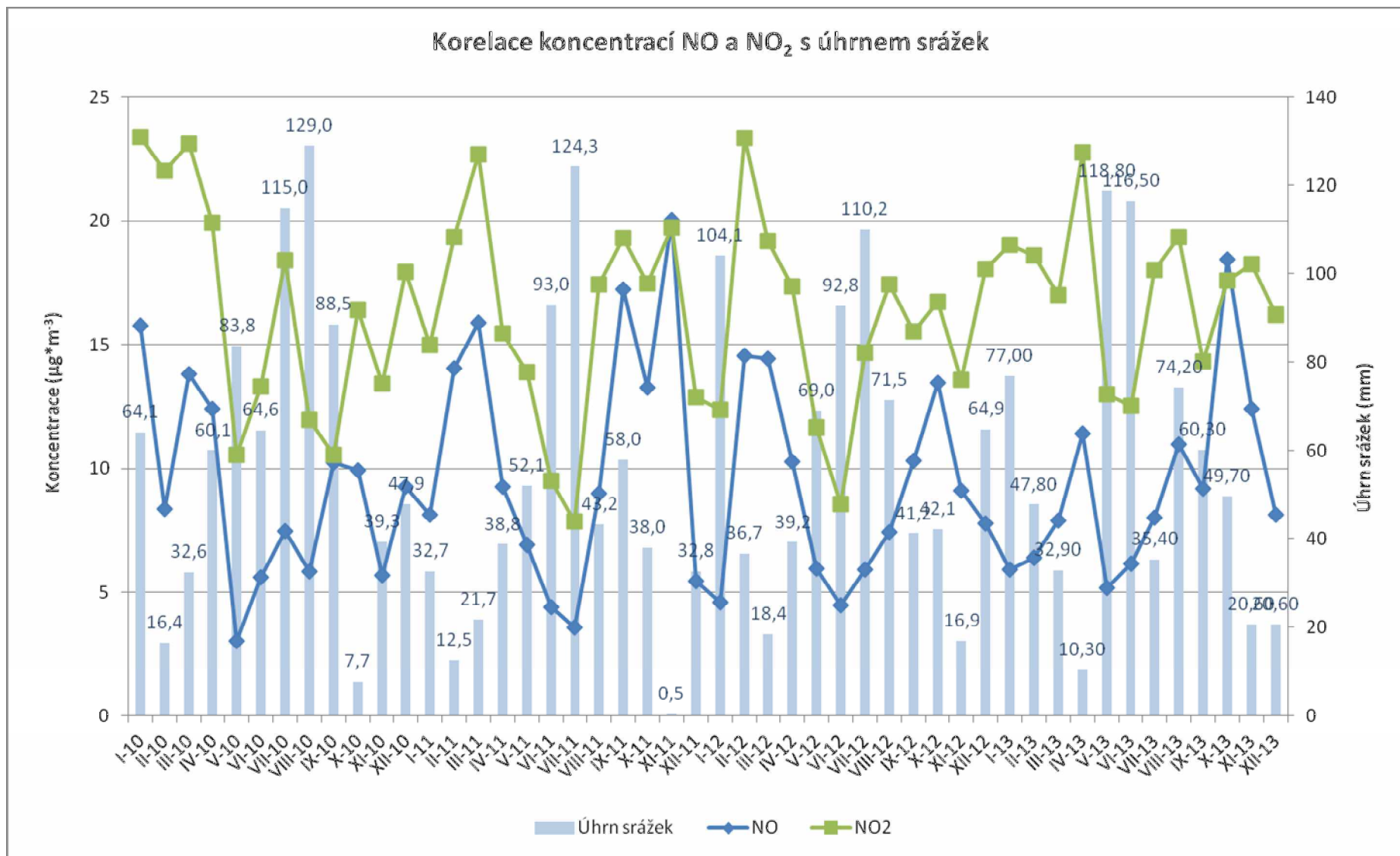
Obr. 41 - 19. nejvyšší 1h koncentrace NO₂, 2010 - 2013

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. 42 a Obr. 43 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. 42 - Korelace koncentrací NO a NO₂ s teplotou



Obr. 43 - 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 i 2011 je počet překročení nižší, oproti roku 2012 mírně vyšší – svůj vliv měly meteorologické podmínky, ale projevit se mohly i stavební úpravy v blízkosti měření. 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 - 2013 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).

Velmi důležitým faktorem jsou pak rozptylové podmínky v chladné části roku. Velmi dobře je to patrné z konce roku 2011 a začátku roku 2012 – zatímco v listopadu byly dlouhé epizody s inverzním charakterem počasí, v prosinci se inverze téměř nevyskytovaly, atmosféra byla dobře provětrávána a rovněž přibývalo srážek. To se odrazilo jak v koncentracích PM , tak v počtech překročení PM_{10} – v listopadu jich bylo 13, v prosinci žádné. Obdobně v lednu a únoru roku 2012, kdy v únoru bylo na všech lokalitách zaznamenáno takřka dvojnásobný počet překročení oproti lednu. Rok 2013 byl podstatně vyrovnanější, přestože k více překročením došlo v lednu a únoru, nedošlo k nějakým dlouhodobým extrémním epizodám.

Vliv dopravy se projevil rovněž v koncentracích NO , které byly v průměru 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,“ 2012. [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