

Vývoj koncentrací prachových částic v ovzduší ve Zlíně v letech 2010-2012

Tereza Koudelková

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza KOUDELKOVÁ**
Osobní číslo: **T09721**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Vývoj koncentrací prachových částic v ovzduší ve Zlíně v letech 2010–2012**

Zásady pro vypracování:

1. Provést literární rešerši týkající se prachových částic v zevním ovzduší (definice PM10, PM2,5, PM1, zdroje prachových částic, metody stanovení, zdravotní rizika vyplývající z expozice).
2. Popsat systém měření PM10 ve Zlíně (charakteristika jednotlivých stanic měření).
3. Provedení sběru hodnot koncentrací PM10 z vybraných lokalit s použitím informačních zdrojů (ČHMÚ, odbor životního prostředí krajského úřadu apod.) za období 2010–2012.
4. Vyhodnocení sebraných údajů o koncentracích prachových částic a celkové zhodnocení situace v trendech prachových částic ve Zlíně.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Jiří Kurfürst: **Kompendium ochrany kvality ovzduší. Chrudim Ekomonitor, 2008**

2. **Web stránky ČHMÚ – část ochrany ovzduší**

<http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer>

3. **Odbory životního prostředí Krajského úřadu Zlínského kraje a Magistrátu města Zlína**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2012

Ve Zlíně dne 13. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Tereza Koudelková

Obor: CHTM - IOŽP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18. 5. 2012

Koudelková Tereza.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací;

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na vývoj koncentrací prachových částic PM_{10} a těžkých kovů navázaných na těchto částicích ve Zlíně v časovém období od ledna roku 2010 do dubna roku 2012. V první části práce jsou definovány vlastnosti prachových částic a těžkých kovů v ovzduší s vlivem těchto škodlivin na lidské zdraví, dále také popis systému jejich měření ve Zlíně. V druhé části jsou vyhodnoceny sesbírané hodnoty PM_{10} a vybraných těžkých kovů (kadmium, arsen, olovo a nikl) navázaných na frakci PM_{10} a výsledky jsou zpracovány do grafů pro lepší přehlednost.

Klíčová slova: prachové částice, PM_{10} , těžké kovy, imisní limity, kvalita ovzduší

ABSTRACT

This thesis is focused on the development of concentrations of particulate matter PM_{10} and heavy metal linked to these particles in Zlin in the period from January 2010 to April 2012. In the first part of thesis are defined properties of dust particles and heavy metals in the air with the impact of these pollutants on human health, as well as a description of their measurement in Zlin. The second part of thesis analyzes the collected values for PM_{10} and selected heavy metals (cadmium, arsenic, lead and nickel) linked to the PM_{10} fraction and the results are presented in graphs for better clarity.

Keywords: dust particles, PM_{10} , heavy metals, air pollution levels, air quality

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce paní Ing. Marii Dvořáčkové, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, čas a pozornost, kterou mi věnovala při vypracování této práce. Rovněž bych také poděkovala panu Mgr. Robertu Skeřilovi, Ph.D., za ochotu při poskytnutí dat z ČHMÚ. Mé velké poděkování patří také panu Ing. Bohumilu Drápalovi za zpřístupnění návštěvy monitorovací stanice lokality Zlín, dále také Odboru životního prostředí a zemědělství, Magistrátu města Zlína. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu při vypracování bakalářské práce a celém studiu.

Motto:

„Bez čistého ovzduší nelze žít kvalitní život“

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	5
1 PRACHOVÉ ČÁSTICE	6
1.1 ROZDĚLENÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC	6
1.2 ZDROJE EMISÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC.....	7
1.2.1 Přírodní zdroje	7
1.2.2 Antropogenní zdroje.....	7
1.3 ZDRAVOTNÍ RIZIKA	7
2 TĚŽKÉ KOVY V OVZDUŠÍ	9
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA	9
2.2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH TĚŽKÝCH KOVŮ	9
2.2.1 Kadmium (Cd)	9
2.2.2 Arsen (As)	9
2.2.3 Olovo (Pb).....	10
2.2.4 Nikl (Ni).....	10
3 METODY STANOVENÍ PM₁₀ A TĚŽKÝCH KOVŮ	12
3.1 AUTOMATIZOVANÉ METODY STANOVENÍ PM ₁₀	12
3.1.1 RADIO – Radiometrie – absorpce beta záření.....	12
3.2 MANUÁLNÍ METODY STANOVENÍ PM ₁₀	12
3.2.1 GRV – Gravimetrie	12
3.3 STANOVENÍ TĚŽKÝCH KOVŮ V PM ₁₀	12
3.3.1 ICP – MS – Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou.....	13
4 LIMITNÍ HODNOTY A INDEX KVALITY OVZDUŠÍ	14
4.1 IMISNÍ LIMITY PRO PM ₁₀ A TĚŽKÉ KOVY V OVZDUŠÍ.....	14
4.2 INDEX KVALITY OVZDUŠÍ U PM ₁₀	15
5 SYSTÉM MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ VE ZLÍNĚ	16
5.1 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ MĚSTA ZLÍNA	16
5.2 CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH STANIC.....	17
5.2.1 Lokalita Zlín (ZZLN).....	17
5.2.2 Lokalita Zlín - Svit (1229)	18
5.2.3 Lokalita Zlín - Malenovice (1419).....	18
5.2.4 Lokalita Zlín - Štípa	19
6 SBĚR HODNOT	20
6.1 POUŽITÁ DATA	20
6.2 METODY ZPRACOVÁNÍ	20
6.3 VÝSLEDKY ANALÝZY ZA SLEDOVANÉ OBDOBÍ 2010-2012	21
6.3.1 Měsíční, maximální měsíční a roční průměrné koncentrace PM ₁₀	21
6.4 PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE PM ₁₀ V ROČNÍCH OBDOBÍCH.....	24
6.5 VLIV TEPLOT NA PM ₁₀	25
6.6 IMISE TĚŽKÝCH KOVŮ V PM ₁₀	27
ZÁVĚR	30
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	31

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	36
SEZNAM TABULEK.....	37
SEZNAM PŘÍLOH.....	38

ÚVOD

Prachové částice v ovzduší jsou dlouhodobě sledovanými škodlivinami, které se na území České republiky měří již dlouhou řadu let. Škodlivé působení na organismus člověka je způsobeno při vdechování těchto částic do plic. Rozhodujícím kritériem pro průnik a ukládání do dýchacího ústrojí je jejich velikost, a také jaká zdraví škodlivá látka je na těchto částicích navázána. Větší částice se usazují v dolních částech dýchacího traktu, zatímco menší částice se ukládají až do plicních sklípků. Na prachové částice se váží, vedle dalších znečišťujících látek a příměsí, hlavně těžké kovy. Dostávají se do ovzduší z množství zdrojů. Účinky na zdraví jsou karcinogenní, způsobují reprodukční poruchy, změny vývojového a imunitního systému a endokrinní narušení, které se projevují na lokální, regionální i globální úrovni. V krajních případech může vést až k narušení biologické diverzity [1, 2].

Město Zlín je z hlediska hodnoty kvality ovzduší ve srovnání s jinými částmi České republiky jako vyhovující, vyskytuje se zde i několik stanovišť, která patří do kategorie kritických. Nejhorší situace je v centru města v okolí větších křižovatek a bývalého svitovského areálu, oproti klidnějším lokalitám, které se zde nacházejí [3].

Cílem této práce je vyhodnotit koncentrace PM_{10} a těžkých kovů navázaných na této frakci na stanicích imisního monitoringu ve Zlíně, srovnat je se stávajícími imisními limity v ČR, na základě těchto údajů vyhodnotit imisní situaci ve městě.

1 PRACHOVÉ ČÁSTICE

Prachové částice se v atmosféře vyskytují v různých podobách a velikostech, ovlivňují klima, počasí, viditelnost a atmosférickou chemii, stejně jako lidské zdraví. Mezi tyto částice se řadí saze, pyl, mořská sůl, minerální prach, krystalky mořské soli, azbestová vlákna, popílek a mnoho dalších typů částic. Z hlediska velikostí se rozlišují na částice PM_x (Particulate Matter), které mají aerodynamický průměr menší, než $x \mu m$ [4, 5].

1.1 Rozdělení prachových částic

Podle obsahu škodlivých látek obsažených v prachových částicích můžeme prachové částice dle Kurfürsta, J, rozdělit do několika kategorií:

- prachové částice, jež obsahují toxické látky (např. těžké kovy, perzistentní organické látky, biologicky aktivní toxické látky);
- prachové částice, jež neobsahují toxické látky:
 - prachové částice, které působí účinkem fibrogenním (např. azbestový prach, černouhelný prach, grafit, mastek, slída, keramické jíly, živec, kaolin, šamot, prachy v metalurgickém průmyslu);
 - prachové částice bez účinku fibrogenního s výrazným dráždivým účinkem (např. bavlna, len, konopí, juta, srst, peří, čedičová skleněná vlákna, uhličitany alkálií, pálené vápno);
 - prachové částice bez fibrogenního a dráždivého účinku (hnědouhelný prach, jiné než výše jmenované průmyslové a neprůmyslové prachy) [6].

Podle velikosti se prachové částice běžně dělí na hrubé částice $PM_{10-2,5}$ (o aerodynamickém průměru $2,5 - 10 \mu m$), k jejichž hlavním zdrojům se řadí prach z vozovek, oděry pneumatik a spalovací procesy s emisemi částeček sazí a paliva. Tyto částice zůstávají v ovzduší celkově kratší dobu a jejich výskyt je redukován na blízké okolí od zdroje. Dále se dělí na jemnou (respirabilní) frakci $PM_{2,5-0,1}$ ($0,1 - 2,5 \mu m$), která vzniká z důvodu chemických reakcí, nukleací, kondenzací plyných emisí na povrch vzniklých částic nebo také koagulací nejjemnějších částic spalováním pohonných hmot a v poslední řadě se dělí na ultrajemnou frakci ($<0,1 \mu m$), která vzniká nukleací plyných škodlivin ze spalovacích procesů. V neposlední řadě se zájem klade i na submikronovou frakci, která se značí PM_1 [6, 7].

1.2 Zdroje emisí prachových částic

Prachové částice v atmosféře můžeme klasifikovat podle jejich vzniku a vstupu do atmosféry. Zdroje emisí těchto částic mohou být přirozeného i antropogenního původu [1].

1.2.1 Přirozené zdroje

Hlavním přirozeným zdrojem emisí prachových částic jsou výbuchy sopek, lesní požáry a prach unášený větrem. Jsou to částice o velikosti přibližně 10 μm . Patří zde i tzv. bioaerosol, který zahrnuje organismy, jako jsou viry, bakterie, houby a také jejich části a živočišné a rostlinné produkty, mezi které se řadí spory a pyl [4, 5].

1.2.2 Antropogenní zdroje

Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje prachových částic se řadí spalovací procesy, hlavně v automobilových motorech a elektrárnách a další vysokoteplotní procesy, mezi které patří tavení rud a kovů nebo svařování. Těmito procesy jsou produkovány částice o velikosti přibližně kolem 20 nm. Prachové částice mohou vznikat i odnosem těchto částic větrem ze stavebních ploch. Dalším antropogenním zdrojem mohou být zemědělské operace, nezpevněné cesty či těžební činnost.

Prachové částice se mohou vytvářet v atmosféře i chemickou reakcí plyných složek (např. oxidu siřičitého s amoniakem), při které vznikají částice o velikosti průměrně kolem 300 nm [5].

1.3 Zdravotní rizika

Rozhodujícím kritériem pro průnik a ukládání v dýchacím ústrojí je velikost částic. Větší částice se zachytávají v horních částech dýchacího traktu. Částice PM_{10} o velikosti aerodynamického průměru do 10 μm se hromadí do dolních cest dýchacích. Jak ukazují poslední výzkumy, zájem je kladen na jemnější částice $\text{PM}_{2,5}$, jenž vnikají až do plicních sklípků a submikronové PM_1 [2].

Krátkodobě zvýšené denní koncentrace prachových částic PM_{10} přispívají k celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na nemoci srdce a cév, zvýšení kojenecké úmrtnosti, výskytu kašle a ztíženého dýchání – především u astmatiků, z toho plyne zvýšená spotřeba léků na rozšíření dýchacích cest a změny funkcí plic při spirometrických vyšetření [1, 2].

Dlouhodobě zvýšené koncentrace částic snižují funkci plic u dětí i dospělých, vedou k výskytu příznaků chronického zánětu průdušek, zkrácení délky života zejména z příčiny vyšší úmrtnosti na nemoci srdce a cév a pravděpodobně i na rakovinu plic. Zvýšení úmrtnosti se vztahuje především na starší a nemocné osoby. Některé studie WHO (Světové zdravotnické organizace) docházejí k závěru, že dlouhodobá expozice těmito částicemi vede ke snížení věku dožití o 1 až 2 roky [1, 2].

2 TĚŽKÉ KOVY V OVZDUŠÍ

Na prachové částice se vedle dalších znečišťujících látek a příměsí váží také těžké kovy [1].

2.1 Obecná charakteristika

Mezi kovy patří asi osmdesát prvků periodické soustavy, přibližně třicet z nich je stanoveno jako kovy toxické, popřípadě těžké. Pojmy jako stopové kovy, těžké kovy a toxické kovy se často zaměňují. Stopové kovy se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích v organismu, anebo životním prostředí. Těžké kovy, případně metaloidy jsou stabilní se specifickou hmotností větší než 4500 kg/m^3 . Kovy, které při daných koncentracích působí škodlivě na člověka a ostatní biotické složky ekosystémů se nazývají toxické kovy [8, 9].

2.2 Charakteristika vybraných těžkých kovů

2.2.1 Kadmium (Cd)

Kadmium je stříbrný, měkký, kujný a tažný kov s nízkou teplotou tání. Do ovzduší se dostává při jeho těžbě, zpracování a výrobě nebo také spalováním fosilních paliv a komunálního a nemocničního odpadu. Z přirozených zdrojů jsou velmi významné sopečné výbuchy. Emise do ovzduší způsobené člověkem jsou zhruba 8x vyšší než emise přirozené. Kadmium se může vázat na prachové, půdní částice, nejsilněji však na popílek a jílové částice. Tímto způsobem se kadmium může snadno šířit na velké vzdálenosti. Kadmium je velmi toxický prvek, který výrazně poškozuje ledviny. Dle klasifikace EPA (US Environmental Protection Agency) je karcinogenní, způsobující rakovinu plic a prostaty a teratogenní (poškozuje plod). Z dalších účinků je významné především poškození jater, kostí, plic a gastrointestinálního traktu. Při chronických expozicích může způsobovat i poškození srdce a imunitního systému [10].

2.2.2 Arsen (As)

Arsen je polokov vyskytující se ve třech alotropických modifikacích, a to žluté, černé a šedé. Do ovzduší se dostává prakticky pouze lidskou činností např. spalováním fosilních paliv a dřeva konzervovaného přípravky, jež obsahují arsen. Arsen je silně akumulován v sedimentech a může se hromadit i v potravním řetězci. Toxické působení arsenu je zá-

važné, lze ho proto označit jako látku velmi nebezpečnou zejména pro zdraví člověka, ale i pro řadu organismů [11].

Kovový arsen není jedovatý, v organismu se však metabolizuje na toxické látky. Všechny ostatní látky obsahující arsen jsou jedovaté. Sloučeniny As^{3+} jsou asi pětkrát až dvacetkrát toxičtější než As^{5+} . Arsen je karcinogen, způsobuje rakovinu plic a kůže a zvyšuje pravděpodobnost nádoru jater, (poškození jater může mít za následek až cirhózu), ledvin a močového měchýře. Chronická orální expozice je charakteristická především změnami na pokožce, může dojít k vypadávání vlasů a nehtů. Často je provázána i úbytkem váhy a anemie [11].

2.2.3 Olovo (Pb)

Olovo je lesklý měkký stříbrošedý kov s velkou odolností proti korozi. Do ovzduší se dostává přirozenými nebo antropogenními emisemi. Mezi přirozené emise patří prach, kouř a aerosol, mořská voda a může se také uvolňovat při lesních požárech. Antropogenní emise olova jsou významnější a přibližně 17,5x vyšší než přirozené. Význačným antropogenním zdrojem jsou spalovací procesy (spalování odpadu a olovnatého benzínu), k lokálnímu znečištění dochází i při těžbě a zpracování olova. V současné době dochází ke snižování množství olova vstupujícího do atmosféry, zvláště z důvodu náhrady olovnatého benzínu bezolovnatým [12].

Olovo je velmi toxický kov. Může se vyskytovat ve všech složkách životního prostředí, akumulovat v biomase organismu a vyznačuje se vysokým bioakumulačním koeficientem. Olovo zasluhuje skutečně mimořádnou pozornost a monitoring emisí. Dle klasifikace EPA je olovo označováno jako pravděpodobný lidský karcinogen plic a ledvin. Expozice olovem způsobuje poškození orgánů, jako jsou ledviny a játra, dále působí negativně na nervový systém, červené krvinky, cévy a svalstvo. Při koncentraci olova v krvi v rozsahu 0,5-3 mg/l nastává akutní poškození nervového systému. Velké expozice způsobují oslepnutí, poškození mozku, křeče a mohou vést i ke smrti. Negativně také účinkuje do vývoje plodu [12].

2.2.4 Nikl (Ni)

Nikl je bílý, feromagnetický, kujný a tažný kov. Je dobrý vodič tepla a elektřiny. Mezi přirozené zdroje niklu v atmosféře patří aerosoly z mořské hladiny, půdní prachy a sopečný popel. Nikl se uvolňuje i při lesních požárech. Část atmosférického niklu pochází z meteo-

ritického prachu, jelikož meteority obsahují 5 – 50 % niklu. Antropogenním zdrojem niklu je těžba a zpracování, dále spalování fosilních paliv a odpadu. Nikl je nebezpečný převážně pro vodní organismy, je také podezřelý karcinogen, který způsobuje rakovinu plic, nosní přepážky a ve vzácnějších případech i hltanu. Následkem akutní otravy je poškození zažívacího traktu, cév, ledvin, srdce a centrální nervové soustavy. Dlouhodobá expozice vysokých dávek niklu způsobuje snížení váhy, poškození srdce a jater a záněty kůže. Velmi toxický tetrakarbonyl niklu se vyskytuje v cigaretovém kouři, a proto jsou ohroženou skupinou kuřáci [13].

3 METODY STANOVENÍ PM_{10} A TĚŽKÝCH KOVŮ

Automatizovaný imisní monitoring (AIM) je součástí systému sledování kvality ovzduší na území České republiky. Tento systém zahrnuje stanice, které pracují v reálném čase. Manuální imisní monitoring (MIM) slouží pro doplnění a zahuštění měřicí sítě na území celé republiky. Využívá se na složky, které nejsou měřitelné automatickými analyzátory v on-line režimu. Jedná se především o těžké kovy, které jsou obsaženy v prachových částicích [14].

3.1 Automatizované metody stanovení PM_{10}

3.1.1 RADIO – Radiometrie – absorpce beta záření

Radiometrická metoda stanovení koncentrací prachových částic pracuje na principu absorpce beta záření vybraných slabých radioizotopů (např. ^{14}C , apod.), ve vzorku, který je zachycen na filtračním materiálu. Údaj o koncentraci je prokázán z rozdílu absorpce beta záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem, který je úměrný hmotnosti zachycených prachových částic [15].

3.2 Manuální metody stanovení PM_{10}

3.2.1 GRV – Gravimetrie

Vzorek je odebírán spojitou filtrací venkovního ovzduší přes vybraný filtrační materiál. Filtrační materiál může být:

- membránový nitrocelulózový (střední velikost pórů – 0,58 mm)
- teflonový (střední velikost pórů – 2 mm)
- ze skleněných vláken (účinnost zachytu > 99,5 %)

Gravimetrické stanovení hmotnostní koncentrace vychází z rozdílu hmotnosti filtru po zachycení vzorku prachových částic a čistého filtru před expozicí [15].

3.3 Stanovení těžkých kovů v PM_{10}

Stanovení koncentrace vybraných výše uvedených těžkých kovů v prašném aerosolu se provádí různými metodami např. - AAS – atomová absorpční spektrometrie, XRF – Rentgenová fluorescence, ICP-MS hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou,

ICP-AES atomová emisní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou, AFS nízkoteplotní plynová atomová fluorescenční spektrometrie (Hg), PLRG - polarografie

3.3.1 ICP – MS – Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou

Analýza odebraných vzorků je provedena gravimetrickou metodou, která je popsána výše. Následně je vzorek mineralizován a poté je provedena následná analýza ICP – MS, což je analytická spektrální technika, která stanovuje obsah stopových množství jednotlivých anorganických prvků v analyzovaném vzorku. Tato metoda je kombinovaná s indukčně vázanou plasmou, která je zdrojem kladně nabitých částic (např. Pb^{2+}) a hmotnostní spektrometrií, jež tyto částice odhaluje [16].

4 LIMITNÍ HODNOTY A INDEX KVALITY OVZDUŠÍ

4.1 Imisní limity pro PM_{10} a těžké kovy v ovzduší

Nařízení vlády 42/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 597/2006 Sb., O sledování a vyhodnocování kvality ovzduší jsou stanoveny pro ochranu zdraví imisní limity pro ochranu zdraví a přípustné četnosti jejich překročení, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle, kterých je třeba postupně dosáhnout [17].

PM_{10} jsou dle tohoto nařízení vlády č. 42/2011 Sb., O sledování a vyhodnocování kvality ovzduší definovány jako „částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 mm odlučovací účinnost 50 %.“ [17].

Pro PM_{10} a vybrané těžké kovy za sledované období jsou uvedeny tyto údaje v následujících tabulkách spolu s mezními limitami.

Tab. 1. Imisní limity pro ochranu zdraví u PM_{10} a olova [18]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu (LV) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Maximální tolerovaný počet překročení za kalendářní rok
PM_{10}	24 hodin	50	35
	kalendářní rok	40	-
Olovo (Pb)	kalendářní rok	0,5	-

Tab. 2. Mezní limity pro posuzování PM_{10} [18]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Horní mez pro posuzování/maximální tolerovaný počet překročení za kalendářní rok [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	Dolní mez pro posuzování/maximální tolerovaný počet překročení za kalendářní rok [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
PM_{10}	24 hodin	20/7	30/7
	kalendářní rok	40	-

Tab. 3. Cílový imisní limit a dlouhodobé imisní cíle pro ochranu zdraví [18]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota cílového imisního limitu (TV) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Kadmium (Cd)	kalendářní rok	0,005
Arsen (As)	kalendářní rok	0,006
Nikl (Ni)	kalendářní rok	0,02

4.2 Index kvality ovzduší u PM_{10}

Výpočet pro index kvality ovzduší se počítá na základě vyhodnocení jednohodinových koncentrací oxidu siřičitého (SO_2), ozonu (O_3), prachových částic (PM_{10}) a osmihodinových klouzavých koncentrací oxidu uhelnatého (CO) a zohledňuje se také vliv imisí na lidské zdraví. Pro prachové částice PM_{10} jsou použity hodinové koncentrace, jelikož lépe popisují aktuální stav. Index kvality ovzduší je rozdělen do šesti barevně rozlišených skupin od velmi dobré po velmi špatnou a ke každé skupině jsou přiděleny hodinové průměry ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), které jsou uvedeny v tabulce. [19]

Tab. 4. Index kvality ovzduší pro PM_{10} [19]

Index	Kvalita ovzduší	PM_{10} - hodinový průměr [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]
1	velmi dobrá	0 - 20
2	dobrá	> 20 - 40
3	uspokojivá	> 40 - 70
4	vyhovující	> 70 - 90
5	špatná	> 90 - 180
6	velmi špatná	> 180

5 SYSTÉM MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ VE ZLÍNĚ

Kvalita ovzduší ve Zlíně je monitorována automatizovaným imisním monitoringem (AIM) od roku 1992. V současné době existují ve městě čtyři monitorovací stanice, které jsou umístěny na Jižních svazích (Zlín), bývalé hlavní bráně Svitů, v Malenovicích na kině Květen a meteorologická stanice, která se nachází na budově Základní školy ve Štípě [20].

Monitoring PM₁₀ se začal měřit ve městě Zlíně od 31. srpna 2004 [21].

5.1 Charakteristika území města Zlína

Město Zlín má rozlohu 102 km². Počet obyvatel Statutárního města Zlína činil k 1. 1. 2009 76 917 obyvatel. Hustota zalidnění byla 754 obyvatel na km² a průměrný věk na obyvatele 41,76 roku. Jako nejnižší bod ve Zlíně je označován průtok řeky Dřevnice v Malenovicích v nadmořské výšce 190 m, naopak nejvyšší nadmořskou výšku lze naměřit na kopci Tlustá hora, a to 458 m n. m. Maximální absolutní naměřená teplota byla zaznamenána v roce 2008 a činila 36,8°C, minima bylo dosaženo v roce 1985, a to dokonce -22,9°C [21].

Zlín je statutární moderní město, rozprostírající se mezi dvěma pásky, a to Vizovické vrchoviny, ležící geomorfologicky v oblasti Karpatské soustavy. Mezi význačné prvky reliéfu města jsou sníženiny typu kotlin a brázd v údolí řeky Dřevnice, rozdělují město na pravobřežní a levobřežní část. Co se týče dopravy, ve městě Zlíně existuje silnice I/49 I. třídy vedoucí z Otrokovic přes Zlín, Vizovice, Valašskou Polanku, Horní Lideč a na Slovensko, kde se napojuje na slovenskou dálnici D1. Délka této silnice je 44,225 km. Tato silnice je tedy významným dopravním tahem, který v době dopravní špičky velmi významně znečišťuje ovzduší z motorů aut [21].

Ze zdrojů znečišťujících ovzduší za rok 2010 byla jednoznačně největším znečišťovatelem na území města, teplárna společnosti Alpiq Generation (CZ) s.r.o. – teplárna Zlín ležící nedaleko areálu města Zlína. Také vyšší hodnoty tuhých znečišťujících látek byly zjištěny na společnosti ZPS – Slévárna, a.s. a Zlínské cihelny, s.r.o., dále také spalovna nebezpečného odpadu společnosti SITA – EMSEKO, a.s.

Mezi další zdroje znečištění v silných průmyslových odvětvích města Zlína se řadí plastický průmysl, obuvnický průmysl, chemický průmysl a polygrafie. [22].

5.2 Charakteristika jednotlivých stanic



Obr. 1. Rozmístění lokalit monitorovacích stanic ve Zlíně

5.2.1 Lokalita Zlín (ZZLN)

Stanice je umístěna na pozemku zlínských vodáren v místní části Jižní svahy v nadmořské výšce 258 m pod vilovou čtvrtí v klidné oblasti. Podle klasifikace EoI (Klasifikace stanic vycházející z Rozhodnutí Rady 97/101/EC o výměně informací a kritérií pro Evropskou síť kvality ovzduší) je charakterizován typ této stanice jako pozad'ová, typ zóny předměstská a charakteristika zóny obytná a přírodní. Stanice sbírá reprezentativní vzorek oblastního měřítká v rozsahu od 4 do 50 km. Cílem měřicích programů je stanovení reprezentativní koncentrace pro osídlené části území. Automatizovaný měřicí program je v provozu trvale od 1. 1. 2004, měření těžkých kovů od 23. 9. 2004 metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou a měření polycyklických aromatických uhlovodíků od 1. 1. 2005. Stanice vznikla 21. 8. 2003, vlastníkem lokality je Český hydrometeorologický ústav. Vzorky koncentrací těžkých kovů jsou odebírány v dvoudenních intervalech v každém měsíci, oproti prachovým částicím, které se zde odebírají denně [23].



*Obr. 2. Monitorovací stanice ovzduší
na stanici Zlín (Jižní svahy)*

5.2.2 Lokalita Zlín - Svit (1229)

Stanice je umístěna v nadmořské výšce 224 m ve vrátnici Svitů v průmyslové lokalitě s nasáváním ve výšce 8 m na střeše vrátnice. Dle klasifikace EoI jde o stanici dopravní, městskou, obchodní a obytnou. Stanice sbírá reprezentativní vzorek ve středním měřítku (100 – 500 m). Cílem měření je stanovení reprezentativní koncentrace pro osídlené části území. Kombinovaný měřicí program je v provozu trvale od 1. 1. 1995. Vlastníkem lokality je město Zlín [24].

5.2.3 Lokalita Zlín - Malenovice (1419)

Tato monitorovací stanice je umístěna v nadmořské výšce 230 m. Je umístěna na budově kina Květen ve středu sídlištní zástavby s nasáváním, které je umístěno ve výšce 4 m na jižní straně budovy. Dle klasifikace EoI je stanice charakterizovaná jako pozad'ová. Stanice přestala poskytovat data ČHMÚ ke dni 31. prosince 2002. Koncentrace PM_{10} se na stanici začala měřit 20. 1. 2011. Vlastníkem lokality je město Zlín [25].

5.2.4 Lokalita Zlín - Štípa

Meteorologická stanice je umístěna v meteobudce v nadmořské výšce 270 metrů na budově Základní školy ve Štípě. Stanice vznikla 1. září roku 2006 a měření částic PM_{10} bylo ukončeno 9. února 2011. Vlastníkem lokality je město Zlín [26].

6 SBĚR HODNOT

6.1 Použitá data

Data pro tuto bakalářskou práci pochází ze stanic Zlín, Zlín – Svit, Zlín – Malenovice a Zlín – Štípa. Denně jsou data z těchto stanic dostupná na webových stránkách <http://zlin.eu/monitoring>, ale slouží pouze pro informaci. Také na bývalé svitovské bráně, kde se nachází lokalita Zlín – Svit je nainstalována informativní tabule, na které jsou zobrazovány hodnoty koncentrací škodlivin (PM_{10} , SO_2 , NO_2 a O_3) v daném okamžiku, dále také čas a venkovní teplota vzduchu. Data ze stanice Zlín (roční průměrné koncentrace a měsíční průměrné koncentrace PM_{10} a těžkých kovů) jsou k dispozici na webových stránkách ČHMÚ http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html ve formě tabelárních ročenek, a to konkrétně do roku 2010.

6.2 Metody zpracování

Výsledky analýzy jsou pro lepší přehled zpracovány do grafů, kde jsou výše uvedené stanice barevně odlišeny. Zelenou barvou je znázorněna stanice Zlín, červenou Zlín – Svit, žlutou Zlín – Štípa a modrou Zlín – Malenovice.

Verifikovaná data koncentrací PM_{10} a vybraných těžkých kovů (Cd, As, Pb a Ni) ze stanice Zlín z období od ledna roku 2010 do dubna roku 2012 byly získány přímo od pana Mgr. Skeřila Ph.D., který je správcem této lokality, která patří pod ČHMÚ.

Denní průměrná data koncentrací PM_{10} z lokalit Zlín – Svit, Zlín – Malenovice a Zlín – Štípa jsou zpracovány z publikace Monitoring ovzduší, která vychází každý rok a je v majetku Magistrátu města Zlína, konkrétně Odboru životního prostředí a zemědělství. Na stanici Zlín – Štípa bylo ukončeno měření PM_{10} 8. února 2011 a na stanici Zlín – Malenovice se začalo měření PM_{10} 20. ledna roku 2011. Data za rok 2012 z těchto třech stanic ještě neprošla verifikací, tudíž nejsou vhodné pro další studie, či jiná zpracování.

Pro měsíční a roční koncentrace PM_{10} a těžkých kovů zobrazených na Obr. 3 byla data aritmeticky zprůměrována funkcí PRŮMĚR v programu Microsoft Excel 2007 z průměrných denních hodnot koncentrací. Tyto průměrné denní koncentrace PM_{10} za jednotlivé měsíce z let 2010-2012 jsou uvedeny v příloze na konci bakalářské práce na Obr. 11 – 23. Maximální průměrné měsíční hodnoty byly zjištěny funkcí MAX v témže programu.

Průměrné koncentrace PM_{10} v ročních obdobích (jaro, léto, podzim, zima) byly učeny vždy třemi měsíci, konkrétně např.: jaro – březen, duben, květen atd.

Při vlivu teplot na PM_{10} a také na těžkých kovech byly zapotřebí data teplot ze všech stanic, které byly získány souběžně s daty koncentrací hodnot PM_{10} a těžkých kovů. Hodnoty v grafech jsou vynášeny inverzně, jelikož se snižujícími se teplotami vzduchu rostou hodnoty těchto škodlivin.

Imise těžkých kovů v PM_{10} byla vyhodnocena pouze ze stanice Zlín, jelikož na ostatních stanicích ve Zlíně se tyto významné škodliviny neměří. Vzorke koncentrací těžkých kovů jsou odebírány v dvoudenních intervalech v každém měsíci, oproti prachovým částicím, které se zde odebírají denně.

6.3 Výsledky analýzy za sledované období 2010-2012

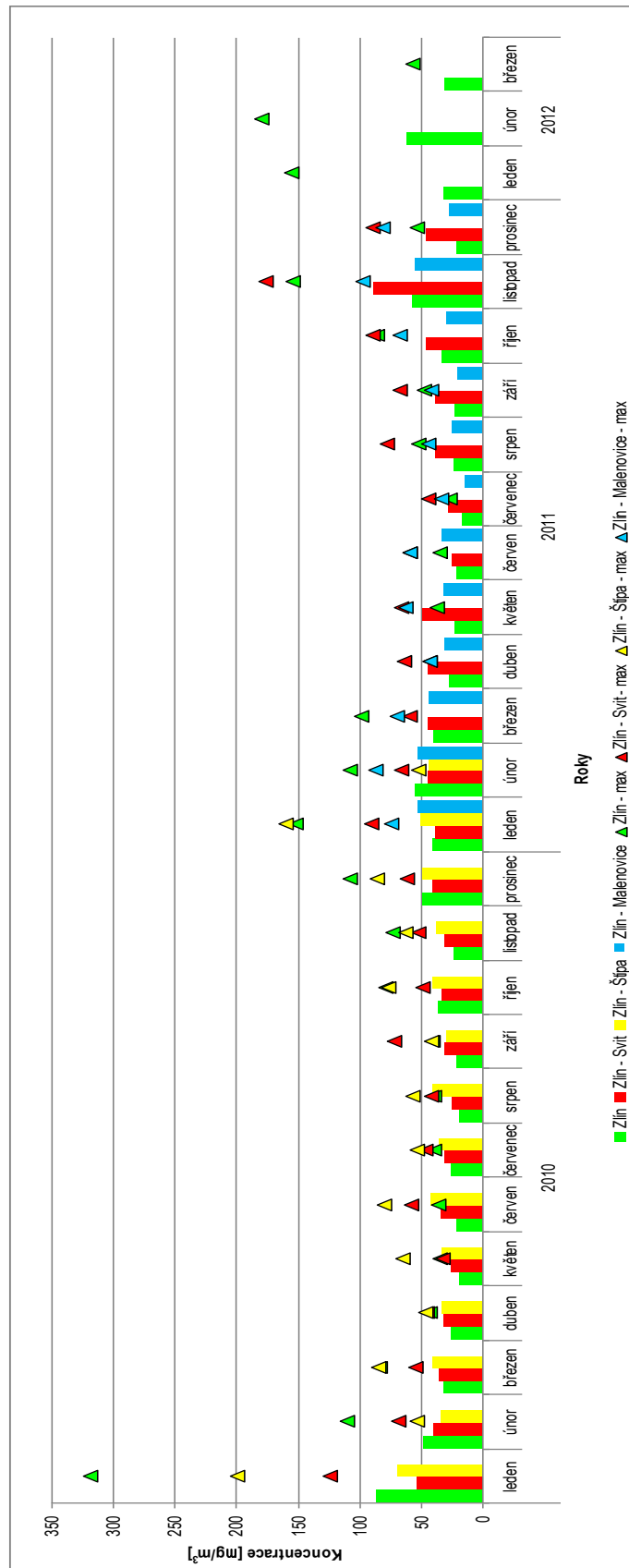
6.3.1 Měsíční, maximální měsíční a roční průměrné koncentrace PM_{10}

Na Obr. 3 je graf měsíčních průměrných koncentrací s maximy (nejvyššími) hodnotami, které byly naměřeny na stanicích ve Zlíně ve sledovaném období let 2010 až 2012 za jednotlivé měsíce. Maximální měsíční hodnota, jak zobrazuje graf je vidět v lednu roku 2010, kdy byla naměřena hodnota na stanici Zlín $319 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a to se stalo konkrétně 24. ledna 2010. V témže měsíci a dokonce ve stejný den se projevila nejvyšší hodnota koncentrací těchto částic také na stanici Zlín – Štípa za celé sledované období, která činila $199,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na monitorovací stanici Zlín – Svit byla nejvyšší naměřená hodnota koncentrací PM_{10} $176,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 25. listopadu roku 2011, v tomtéž měsíci byla naměřena maximální hodnota na stanici Zlín – Malenovice, přesněji 24. listopadu 2011, která dosáhla $97,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

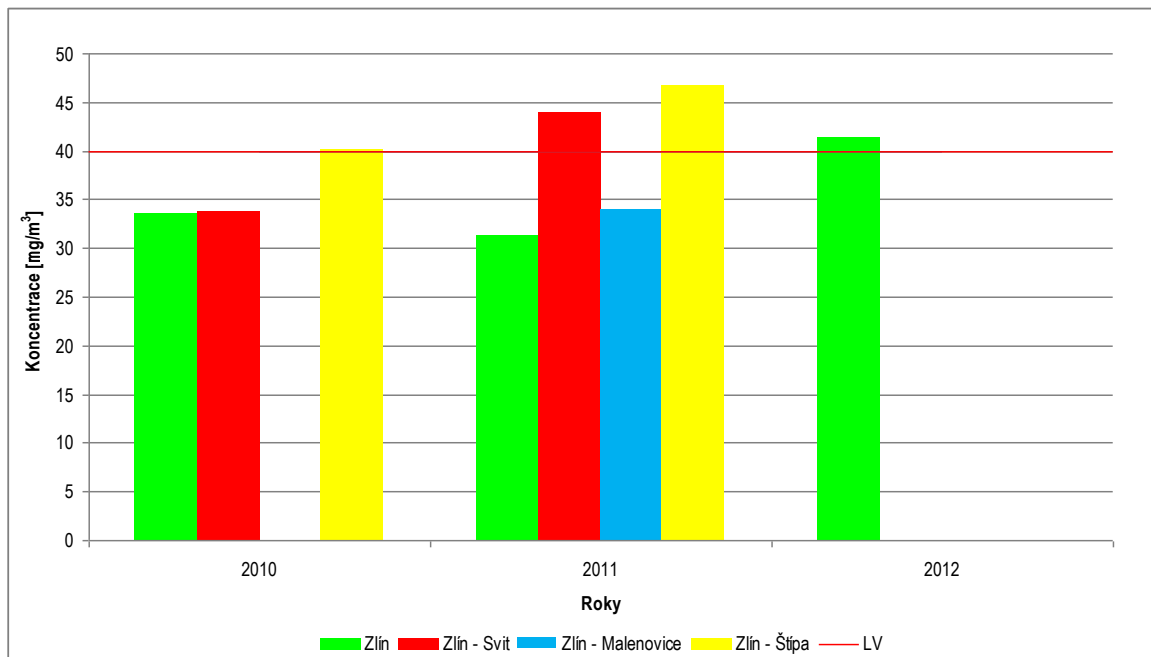
Nejvyšší měsíční průměrné koncentrace prachových částic byly dosahovány převážně v zimních a podzimních měsících a to opět nejvíce v lednu roku 2010 na stanici Zlín, kdy byla průměrná hodnota $85,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, která se projevila nejvýše dosaženým maximem popsaným výše. Na stanici Zlín – Štípa byla nejvyšší průměrná koncentrace PM_{10} také v lednu roku 2010, což opět souvisí se zmíněným naměřeným maximem na této stanici a tato hodnota činila $67,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nejvyšší hodnoty koncentrací prachových částic na stanici Zlín – Svit byly naměřeny v listopadu 2011, a to $88,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a na stanici Zlín – Malenovice byla tato hodnota $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nejnižší měsíční průměrné koncentrace PM_{10} byly dosahovány zejména v letních měsících a také z kraje podzimu. V červenci roku 2011 na stanici Zlín byla naměřena hodnota, která dosáhla $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a také na stanici Zlín – Malenovice byla tento měsíc naměřena nejnižší hodnota, která činila $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na stanici Zlín – Štípa byla nejnižší průměrná koncentrace naměřena v září roku 2010, která dosáhla hodnoty $29,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na monitorovací stanici Zlín – Svit nejnižší průměrná hodnota činila $23,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v srpnu roku 2010.

Na Obr. 4 je zobrazen graf průměrných ročních koncentrací PM_{10} v ovzduší, jež byly naměřeny za sledované období 2010-2012. Roční imisní limit pro prachové částice PM_{10} je v České republice vymezen na $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a v grafu je vyznačen červenou čarou, která je popsána v legendě jako LV (Limit Value). Tato hodnota byla překročena v roce 2011 a 2012. Na stanici Zlín – Svit činila překročená hodnota $43,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a na stanici Zlín – Štípa byla překročená hodnota $46,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a to v obou případech v roce 2011. Na stanici Zlín – Štípa byla za rok 2010 průměrná koncentrace rovných $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, která přímo odpovídá imisnímu limitu. Nejnižší roční průměrná hodnota činila $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanici Zlín v roce 2011.



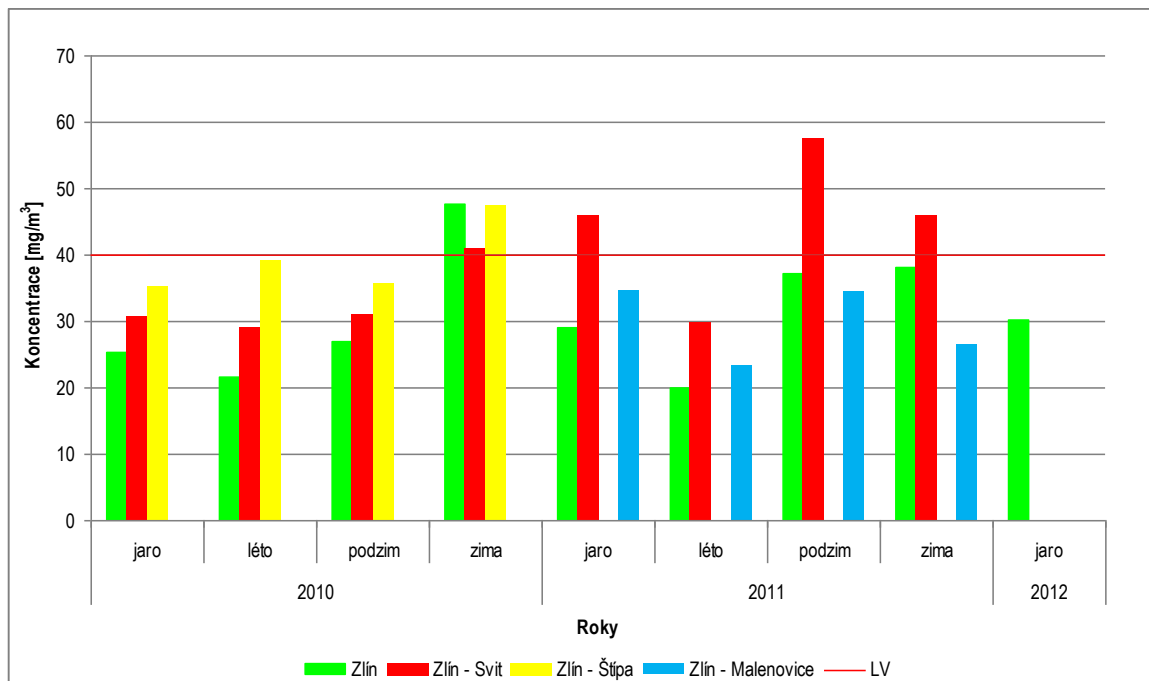
Obr. 3. Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ v ovzduší města Zlína v letech 2010-2012



Obr. 4. Průměrné roční koncentrace PM₁₀ v závislosti na imisním limitu v ovzduší města Zlína za sledované období let 2010-2012

6.4 Průměrné koncentrace PM₁₀ v ročních obdobích

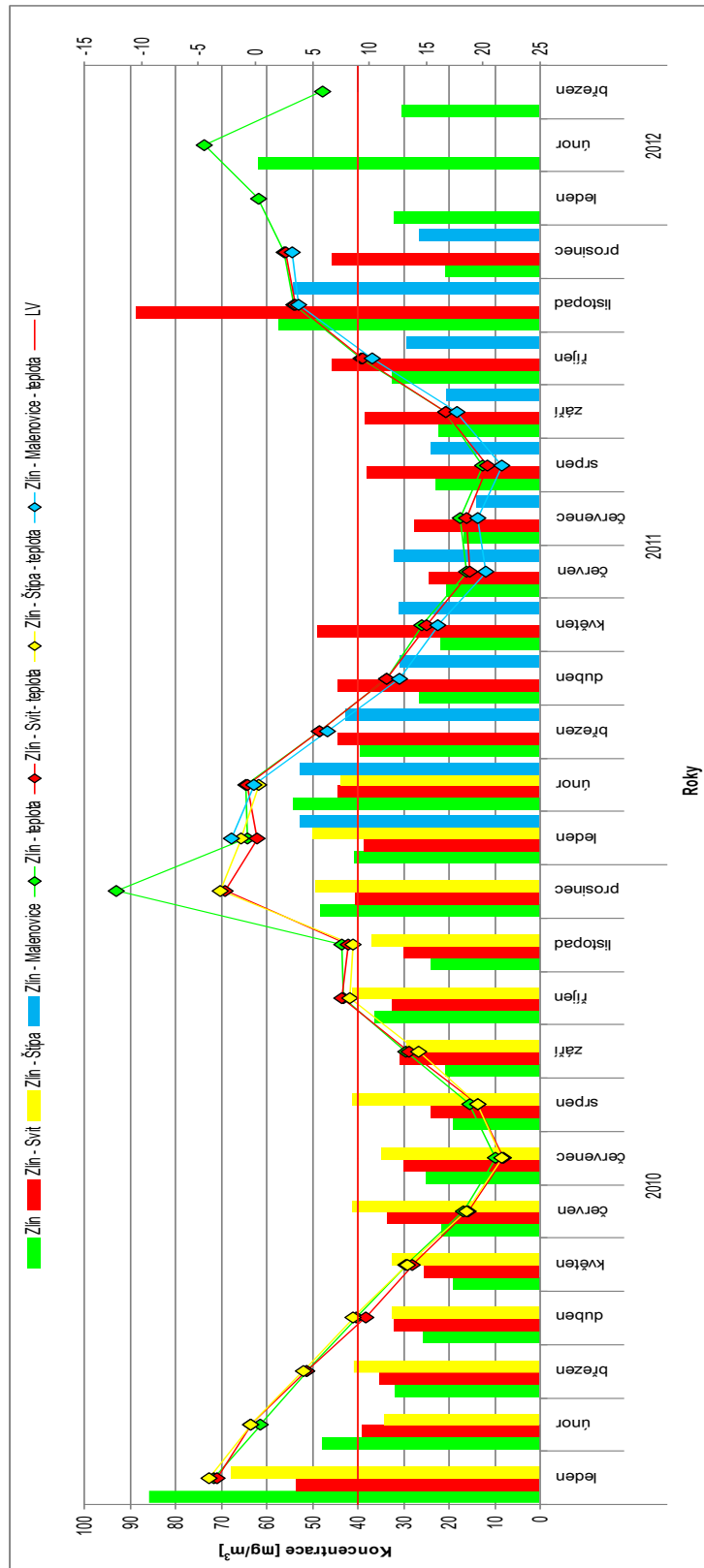
Graf na Obr. 5 prezentuje situaci, která je popsána již výše, avšak v chodu koncentrace PM₁₀ v jednotlivých ročních obdobích na stanicích ve sledovaných letech 2010 až 2012. Na stanici Zlín – Štípa se vysoké hodnoty koncentrací promítají ve všech obdobích roku 2010, na stanici Zlín byla nejvyšší hodnota v zimě roku 2010, na stanici Zlín – Malenovice jsou vysoké hodnoty na jaře a na podzim roku 2011. Na monitorovací stanici Zlín – Svit byly během sledovaných let vysoké výkyvy hodnot za léta 2010 a 2011, přičemž nejvyšší hodnota byla na podzim roku 2011. Nejnižší úroveň koncentrace lze pozorovat v létě roku 2011 na lokalitách Zlín, Zlín – Malenovice a Zlín – Svit.



Obr. 5. Průměrné koncentrace PM_{10} v ovzduší města Zlína v ročních obdobích ze sledovaných let 2010-2012

6.5 Vliv teplot na PM_{10}

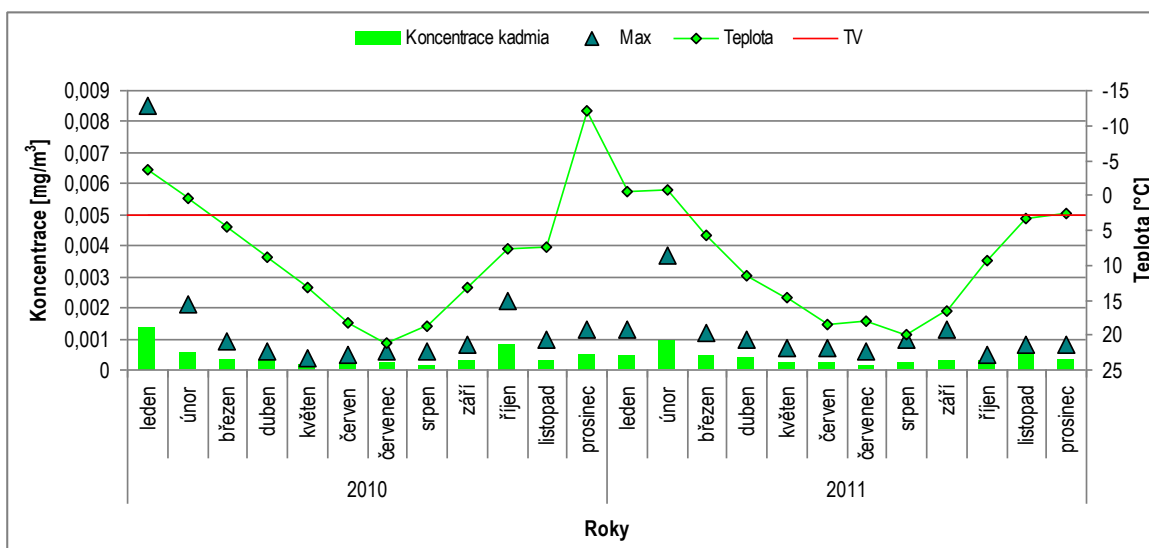
Z grafu na Obr. 6 je patrný společný průběh průměrných měsíčních koncentrací s inverzně vynesnými průměrnými měsíčními teplotami a v závislosti na imisním limitu (LV). V některých hodnotách se sice koncentrace na jednotlivých lokalitách liší, avšak ovlivnění teplotou je patrné. Z uvedeného grafu je vidět, že nejhorší imisní situace nastala v listopadu 2011 na stanici Zlín – Svit, což ovšem nesouvisí s teplotou, ale tato největší koncentrace je dána maximem, které nastalo a je popsáno již výše. To samé platí i pro leden roku 2010, jelikož tento měsíc byla na území Zlína inverze, která odpovídá tomuto výkyvu hodnot koncentrací.



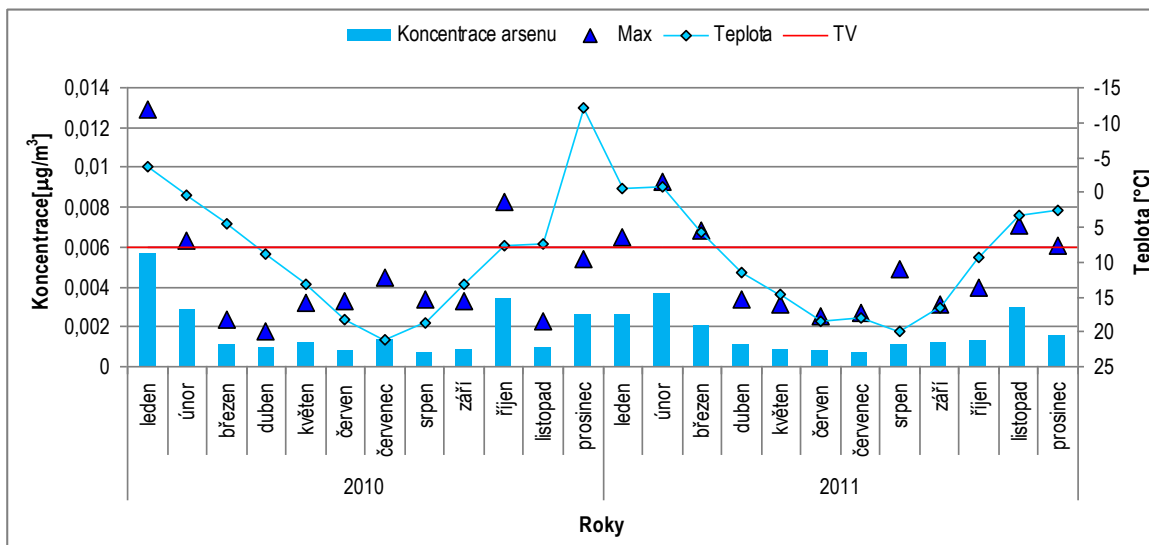
Obr. 6. Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ v závislosti na teplotě a imisním limitu v ovzduší města Zlína v letech 2010-2012

6.6 Imise těžkých kovů v PM₁₀

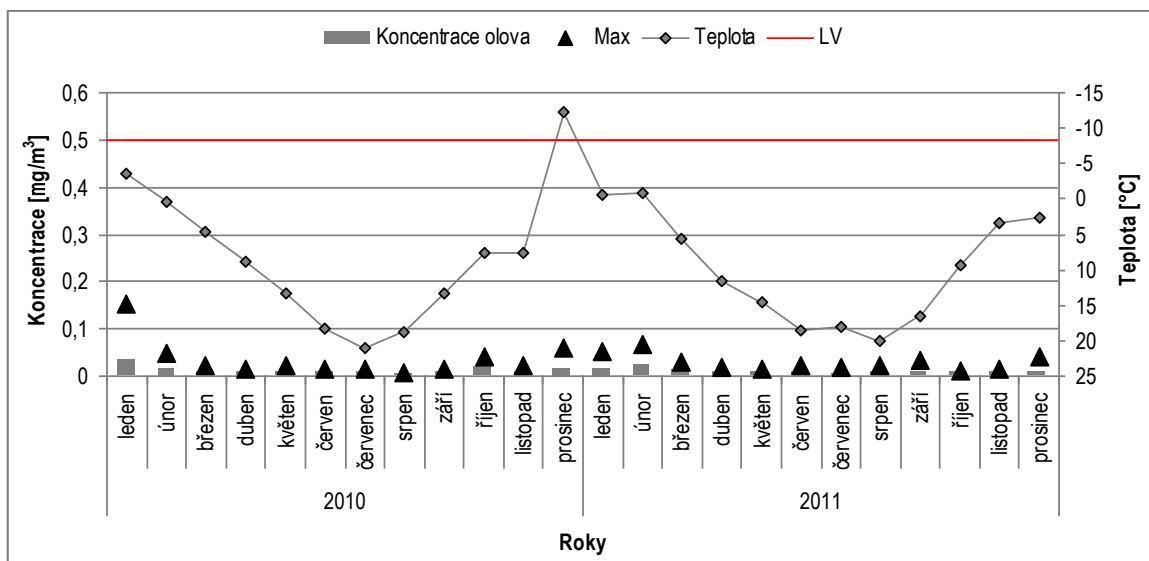
Kromě koncentrací prachových částic byly také vyhodnoceny data hodnot koncentrací těžkých kovů v PM₁₀ v letech 2010-2011 ze stanice Zlín, která jako jediná ve Zlíně měří tyto škodliviny. Na Obr. 7, 8, 9, a 10 je znázorněn vliv teplot na průměrných a maximálních dosažených měsíčních koncentracích kadmia, olova, niklu a arsenu. Z obrázků je patrné, že limitní hodnoty nebyly překročeny, jen při maximálních koncentrací u kadmia, jehož cílový imisní limit (TV) činí za kalendářní rok 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ byl překročen jednou a to v lednu roku 2010, při maximální měsíční naměřené hodnotě 0,0085 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. U arsenu na obrázku č. 8 byla hodnota imisního limitu (LV) překročena osmkrát za sledované období, přičemž nejvyšší maximální hodnota činila 0,0129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v lednu roku 2010. U olova a niklu nebyly překročeny imisní limity ani při maximálních naměřených hodnotách za žádný měsíc ve sledovaném období od roku 2010 až 2011.



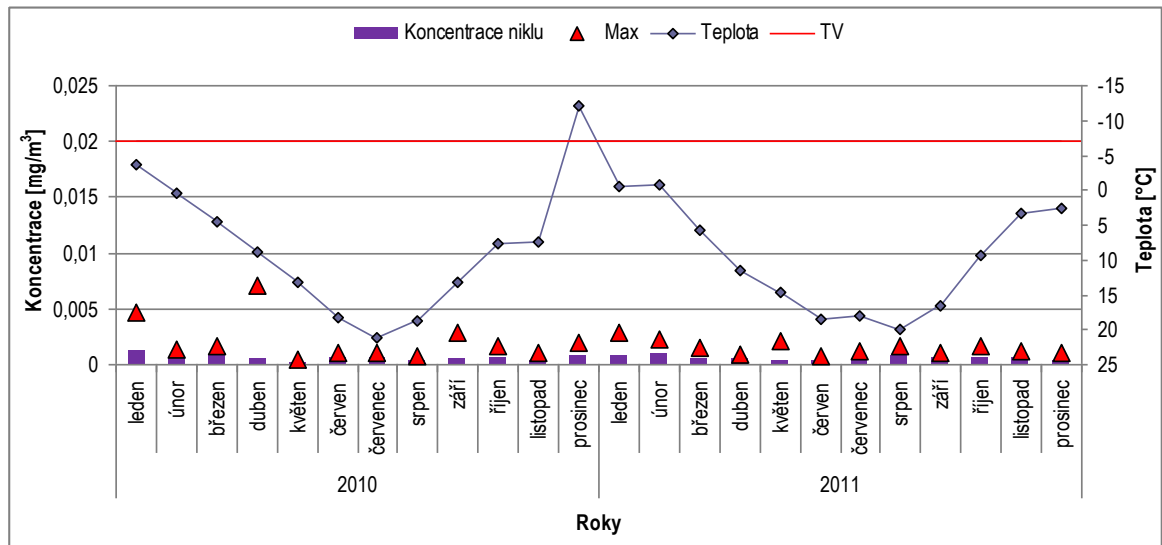
Obr. 7. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací kadmia v závislosti na teplotě z let 2010-2011



Obr. 8. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací arsenu v závislosti na teplotě z let 2010-2011



Obr. 9. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací kadmia v závislosti na teplotě z let 2010-2011



Obr. 105. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací kadmia v závislosti na teplotě z let 2010-2011

ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na vyhodnocení vývoje znečištění prachovými částicemi ve Zlíně z období let od ledna roku 2010 až do dubna roku 2012 z imisních dat z odboru životního prostředí a zemědělství Magistrátu města Zlína a dat ČHMÚ. Tato data pocházejí ze čtyřech stanic automatizovaného imisního monitoringu, a to z lokality Zlín – Svit, Zlín – Štípa a Zlín – Malenovice a pozad'ové stanice Zlín. Koncentrace PM_{10} za celé období 2010-2012 byly sledovány na pozad'ové stanici Zlín, na stanici Zlín – Svit do ledna roku 2012, Zlín Malenovice od ledna roku 2011 do ledna roku 2012 a na stanici Zlín Štípa od ledna roku 2010 do ledna roku 2011.

Výsledky jsou pro lepší přehled zpracovány do grafů. Hodnoceny byly měsíční a roční průměrné koncentrace, včetně vlivů teploty na frakce PM_{10} a těžkých kovů navázaných na této frakci na stanicích imisního monitoringu ve Zlíně, srovnat je se stávajícími imisními limity v ČR a na základě těchto údajů vyhodnotit imisní situaci ve městě. Výsledky ukazují na vyšší hodnoty koncentrací prachových částic a těžkých kovů v PM_{10} města Zlína v zimních měsících, což je dáno především teplotou, povětrnostní situací, smogovou situací, inverzí, topnou sezónou (Alpiq Generation, s.r.o – teplárna Zlín), spalováním fosilních paliv a dalších vlivů.

Při srovnání úrovně znečištění jednotlivých lokalit se monitorovací stanice Zlín – Svit jeví jako výrazně zatíženější ve srovnání s ostatními stanicemi, což je dáno jejím umístěním v bývalém svitovském areálu u hlavní křižovatky významného dopravního tahu – silnice I/49.

Z hlediska zdravotních účinků lze říci, že leden roku 2010 byl nejhorším měsícem, kdy byly naměřeny nejvyšší koncentrace částic PM_{10} a také těžkých kovů navázaných na této frakci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Fiala, J. et al. *Integrované hodnocení a řízení kvality ovzduší v návaznosti na dceřiné směrnice týkající se TK, PAHs, PM₁₀ a benzenu*. Projekt VaV/740/3/02. ČHMÚ, Praha. [online]. 2003, [cit. 2012-03-20].
Dostupné z: <http://old.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_3_02/dp1dod.pdf>
- [2] KOTLÍK, B.; KAZMAROVÁ, H. *Hodnocení zdravotních rizik ze znečištění ovzduší v ČR za období 2006 - 2009*. Ochrana ovzduší: Dvuměsíčník České asociace pro prevenci znečišťování ovzduší (CA-IUAPPA). Praha: Občanské sdružení Ochrana kvality ovzduší, roč. 23, s. 19-20. ISSN 1211-0337
- [3] KRATINA, Pavel. *Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana: zdravé město Zlín*. Zlín: Úřad města Zlína, 2000, s. 19
- [4] CURTIUS, Joachim. *Nucleation of atmospheric aerosol particles*. [online]. 2006, s. 1 [cit. 2012-03-20].
Dostupné z: <<http://www.evk2cnr.org/it/evk2ftp/Nucleazione.pdf>>
- [5] *Integrovaný registr znečištění. Polétavý prach (PM₁₀)*. [online]. [cit. 2011-01-12]
Dostupné z: <<http://www.irz.cz/node/85>>
- [6] KURFÜRST, Jiří. *Kompendium ochrany kvality ovzduší*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2008, 18-395 s. ISBN 978-80-86832-38-8
- [7] MAZNOVÁ, J.; HŮNOVÁ, I.; VLČEK, O.; HNILICOVÁ, H. Zlepšení metod hodnocení znečištění ovzduší částicemi PM₁₀ na území České republiky. *Ochrana ovzduší* 21 (41), No. 2, 3-9.
- [8] KAFKA, Z.; PUNČOCHÁŘOVÁ J. Toxické kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, 2002, č. 96, s. 611 [cit. 2012-03-20]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2002_07_05.pdf>
- [9] Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) ze dne 14. února 2002. *Sbírka zákonů České republiky*. 2002. Částka 38. s. 1786-1840
- [10] *Integrovaný registr znečištění. Kadmium a sloučeniny (jako Cd)*. [online]. [cit. 2011-04-20] Dostupné z: <<http://www.irz.cz/node/63>>

- [11] *Integrovaný registr znečištění. Arzen a sloučeniny (jako As)*. [online]. [cit. 2011-04-20] Dostupné z: <<http://www.irz.cz/node/13>>
- [12] *Integrovaný registr znečištění. Olovo a sloučeniny (jako Pb)*. [online]. [cit. 2011-04-20] Dostupné z: <<http://www.irz.cz/node/74>>
- [13] *Integrovaný registr znečištění. Nikl a sloučeniny (jako Ni)*. [online]. [cit. 2011-04-20] Dostupné na: <<http://www.irz.cz/node/72>>
- [14] *Meteorologické zprávy. Ochrana čistoty ovzduší – nový obor v hydrometeorologickém ústavu*. [online]. [cit. 2011-04-20]
Dostupné z: <<http://old.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526san.html>>
- [15] *Zlínský kraj. Integrovaný krajský program ke zlepšení kvality Zlínského kraje*. In: [online]. [cit. 2012-03-20].
Dostupný z: <http://www.eazk.cz/ksei/pdf/ksei_pse.pdf>
- [16] MIHALJEVIČ, M.; STRNAD, L.; ŠEBEK O. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, 2004, č. 98, s. 123 [cit. 2012-03-20]. ISSN 0009-2770.
Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf>
- [17] Česká republika. Nařízení vlády č. 42 Sb. ze dne 2. února 2011, kterým se mění nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší., In. *Sbírka zákonů České republiky*. 2011. Částka 15. s. 400.
- [18] Český hydrometeorologický ústav. *Přehled imisních limitů a mezí tolerance, horních a dolních mezí pro posuzování, cílových imisních limitů a dlouhodobých imisních cílů dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb., ve znění podějších předpisů, pro rok 2010*. [online]. [cit. 2011-04-20]
Dostupné z:
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2010_enh/cze/pdf/limity.pdf>
- [19] Český hydrometeorologický ústav. *Informace o kvalitě ovzduší v ČR. Informace o úrovni znečištění ovzduší ve smyslu zákona o ochraně ovzduší. Aktuální přehled dat z automatizovaných stanic (neverifikovaná data)* [online]. [cit. 2011-04-20]
Dostupný z:
<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/actual_hour_data_CZ.html>

- [20] *Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana 2010*. Odbor životního prostředí a zemědělství Magistrátu města Zlína, [online]. 2010 [cit. 2012-03-20] Dostupné z: http://www.zlin.eu/upload.cs/0/0f8d2cb4_1_zivotni_prostredi.pdf>
- [21] *Zlín. Výroční zpráva 2009*. Magistrát města Zlína, [online]. 2009 [cit. 2012-03-20]. Dostupný z: http://www.zlin.eu/upload.cs/6/64e03ac4_6_vyrocní_zprava_2009.pdf>
- [22] *Strategie rozvoje Statutárního města Zlína do roku 2020 – Zlín 2020 (analytická část - verze 0.2). T 04 – Fyzické prostředí města*. Ústav regionálního rozvoje, veřejné správy a práva, Fakulta managementu a ekonomiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z: http://www.zlin.eu/upload.cs/7/7e4493f4_5_strategie_zlin_2020_to4.pdf>
- [23] Český hydrometeorologický ústav. Informace o kvalitě ovzduší v ČR. Seznam lokalit, kde se měří znečištění ovzduší. Zlíně. [online]. [cit. 2012-03-20]. Dostupné z : http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_ZZLN_CZ.html>
- [24] Český hydrometeorologický ústav. Informace o kvalitě ovzduší v ČR. Seznam lokalit, kde se měří znečištění ovzduší. Zlíně. [online]. [cit. 2012-03-20]. http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_ZZLT_CZ.html>
- [25] Český hydrometeorologický ústav. Informace o kvalitě ovzduší v ČR. Seznam lokalit, kde se měří znečištění ovzduší. Zlíně. [online]. [cit. 2012-03-20]. http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_ZZLM_CZ.html>
- [26] Základní škola Zlín, Nová cesta 268, Štípa. <http://www.zsstipa.cz/meteostanice/meteostanice.htm>> [online]. [cit. 2012-03-20].
- [27] *IN – POČASÍ. Zlín – Štípa*. [online]. [cit. 2012-03-20]. <http://www.in-pocasi.cz/meteostanice/stanice.php?stanice=zlin>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PM _x	(Particulate Matter) Prachové částice
ČR	Česká republika
μm	Mikrometr
nm	Nanometr
WHO	(World Health Organisation) Světová zdravotnická organizace
kg/m ³	Kilogram na metr krychlový
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí
Cd	Kadmium
As	Arsen
Pb	Olovo
Ni	Nikl
mg/l	Miligram na litr
%	Procenta
AIM	Automatizovaný imisní monitoring
MIM	Manuální (ruční) imisní monitoring
EoI	Klasifikace stanic vycházející z rozhodnutí rady 97/101/ec o výměně informací a kritérií pro evropskou síť kvality ovzduší)
RADIO	Radiometrie
GRV	Gravimetrie
mm	Milimetr
¹⁴ C	Radioaktivní izotop uhlíku
AAS	Atomová absorpční spektrometrie
XRF	Rentgenová fluorescence
ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou
ICP-AES	Atomová emisní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou

AFS	Nízkoteplotní plynová atomová fluorescenční spektrometrie
Hg	Rtuť
PLRG	Polarografie
Sb.	Sbírka
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogram na metr krychlový
SO_2	Oxid siřičitý
O_3	Ozon
CO	Oxid uhelnatý
Pb^{2+}	Olovnatý kation
km^2	Čtvereční kilometr
m n. m	Metr nad mořem
$^{\circ}\text{C}$	Celsiův stupeň
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
TV	(Target Value) Cílový imisní limit
LV	(Limit Value) Imisní limit

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 11. Rozmístění lokalit monitorovacích stanic ve Zlíně</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 12. Monitorovací stanice ovzduší na stanici Zlín (Jižní svahy)</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 13. Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v ovzduší města Zlína v letech 2010-2012</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 14. Průměrné roční koncentrace PM_{10} v závislosti na imisním limitu v ovzduší města Zlína za sledované období let 2010-2012</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 15. Průměrné koncentrace PM_{10} v ovzduší města Zlína v ročních obdobích ze sledovaných let 2010-2012</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 16. Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v závislosti na teplotě a imisním limitu v ovzduší města Zlína v letech 2010-2012</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 17. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací kadmia v závislosti na teplotě z let 2010-2011</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 18. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací arsenu v závislosti na teplotě z let 2010-2011</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 19. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací kadmia v závislosti na teplotě z let 2010-2011</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 206. Vliv průměrných a maximálních hodnot měsíčních koncentrací kadmia v závislosti na teplotě z let 2010-2011</i>	<i>29</i>

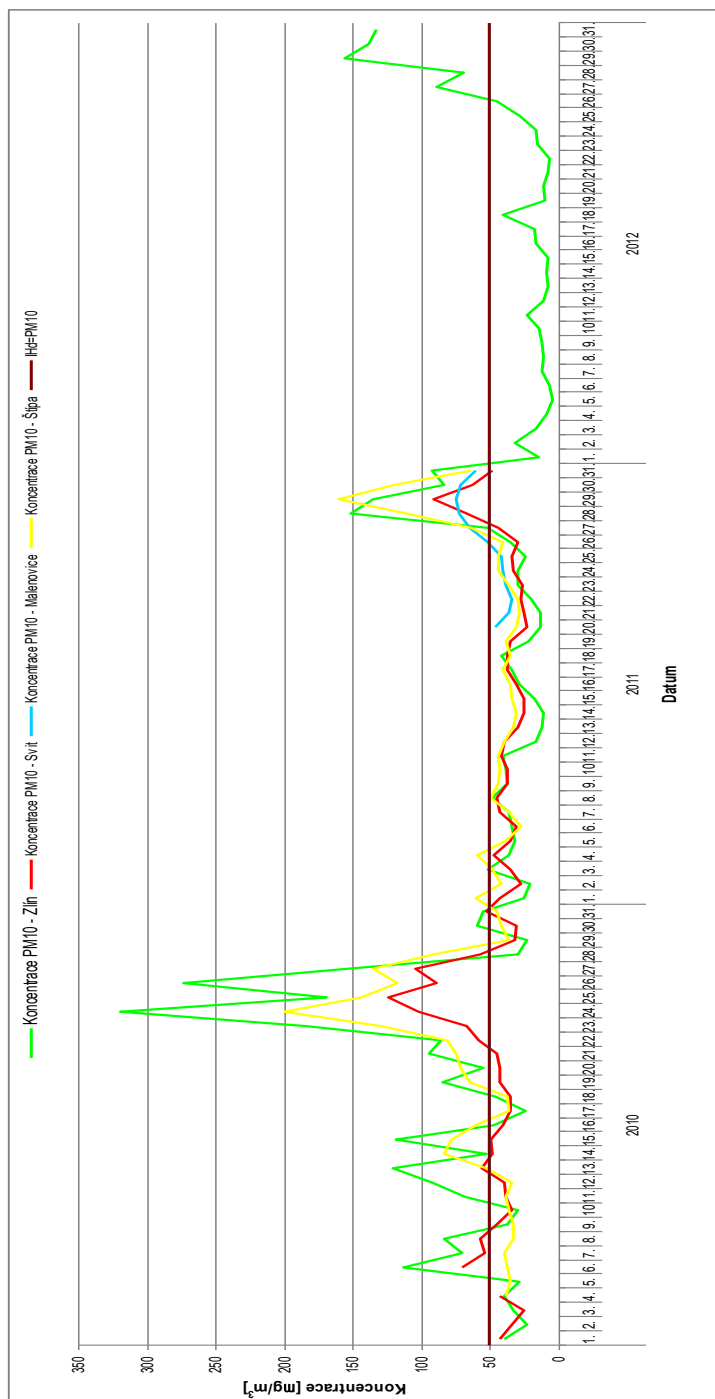
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 7. Imisní limity pro ochranu zdraví u PM_{10} a olova.....</i>	14
<i>Tab. 8. Mezní limity pro posuzování PM_{10}</i>	14
<i>Tab. 9. Cílový imisní limit a dlouhodobé imisní cíle pro ochranu zdraví.....</i>	15
<i>Tab. 10. Index kvality ovzduší pro PM_{10}</i>	15

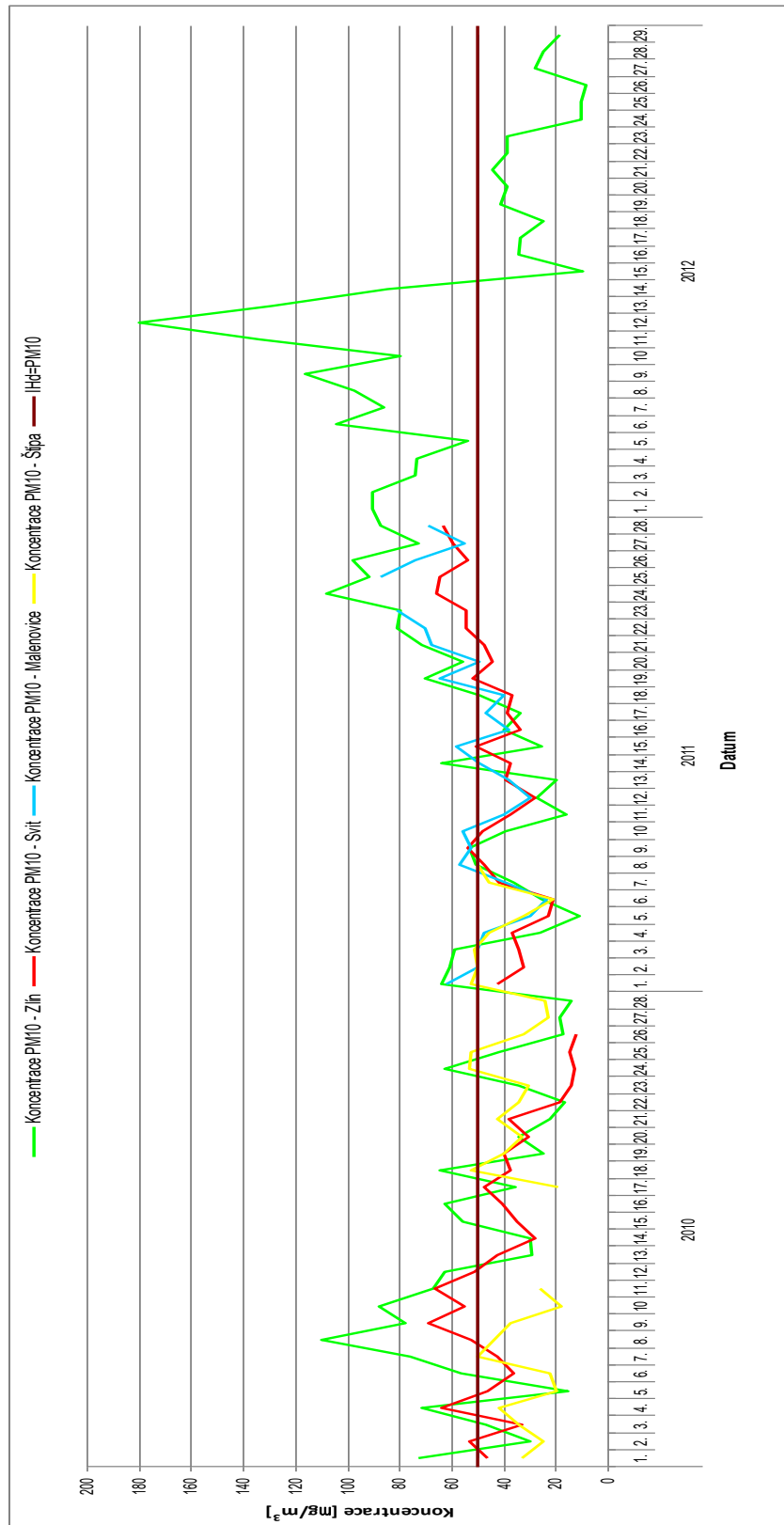
SEZNAM PŘÍLOH

P I Průměrné denní hodnoty PM_{10} v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012

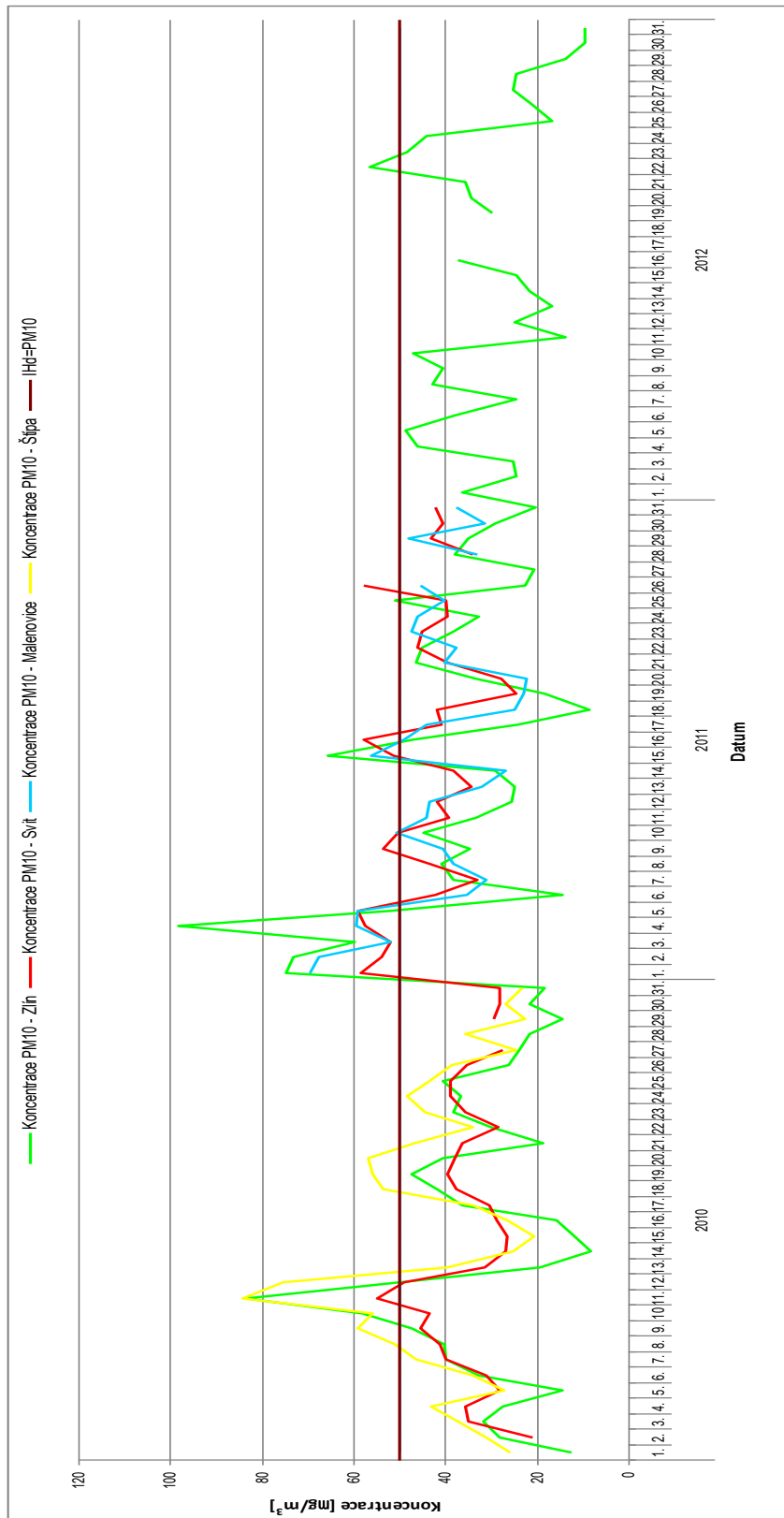
PŘÍLOHA P I: PRŮMĚRNÉ DENNÍ HODNOTY PM₁₀ V OVZDUŠÍ VE ZLÍNĚ V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH ZA OBDOBÍ 2010-2012



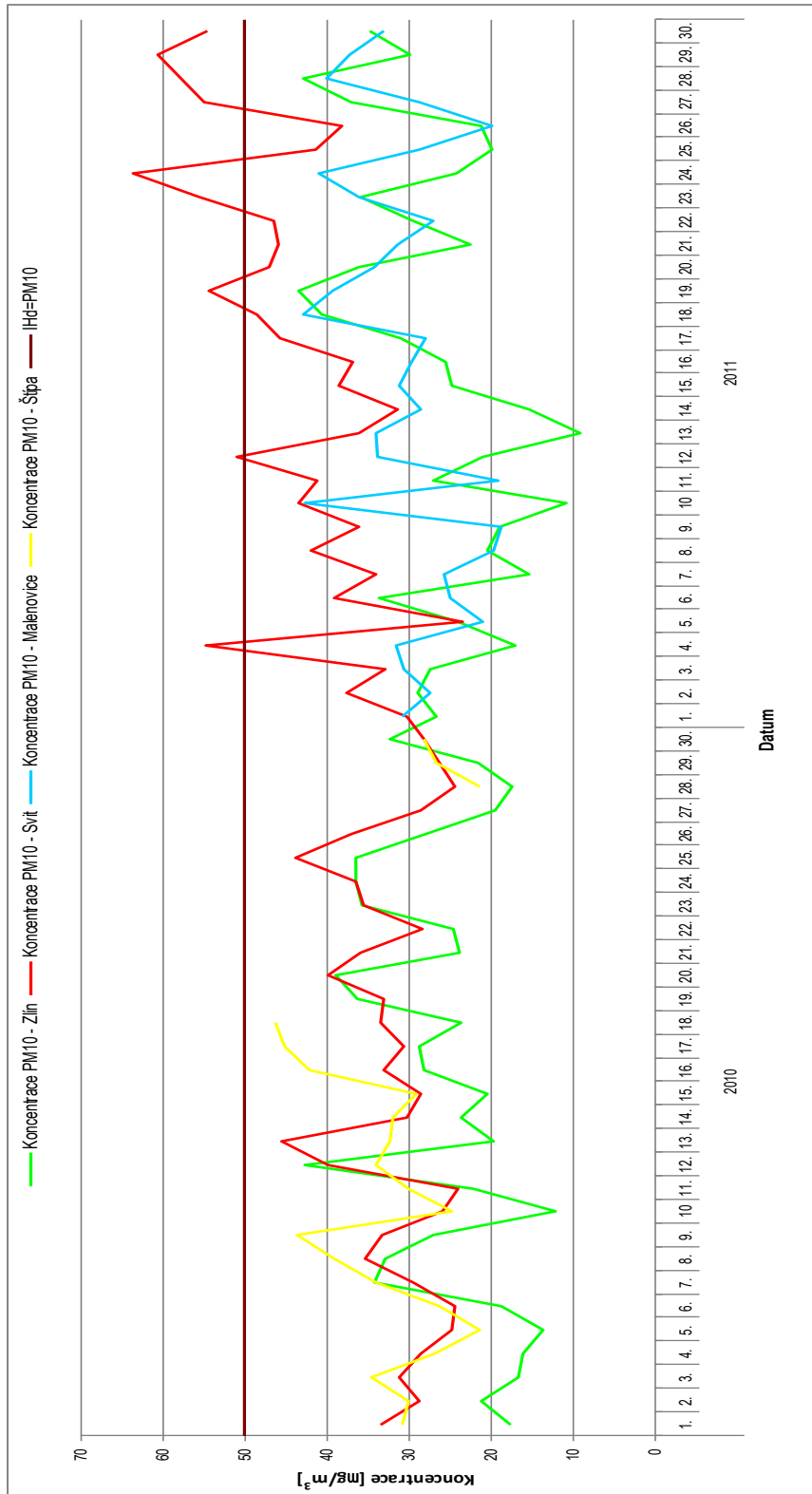
Lednové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



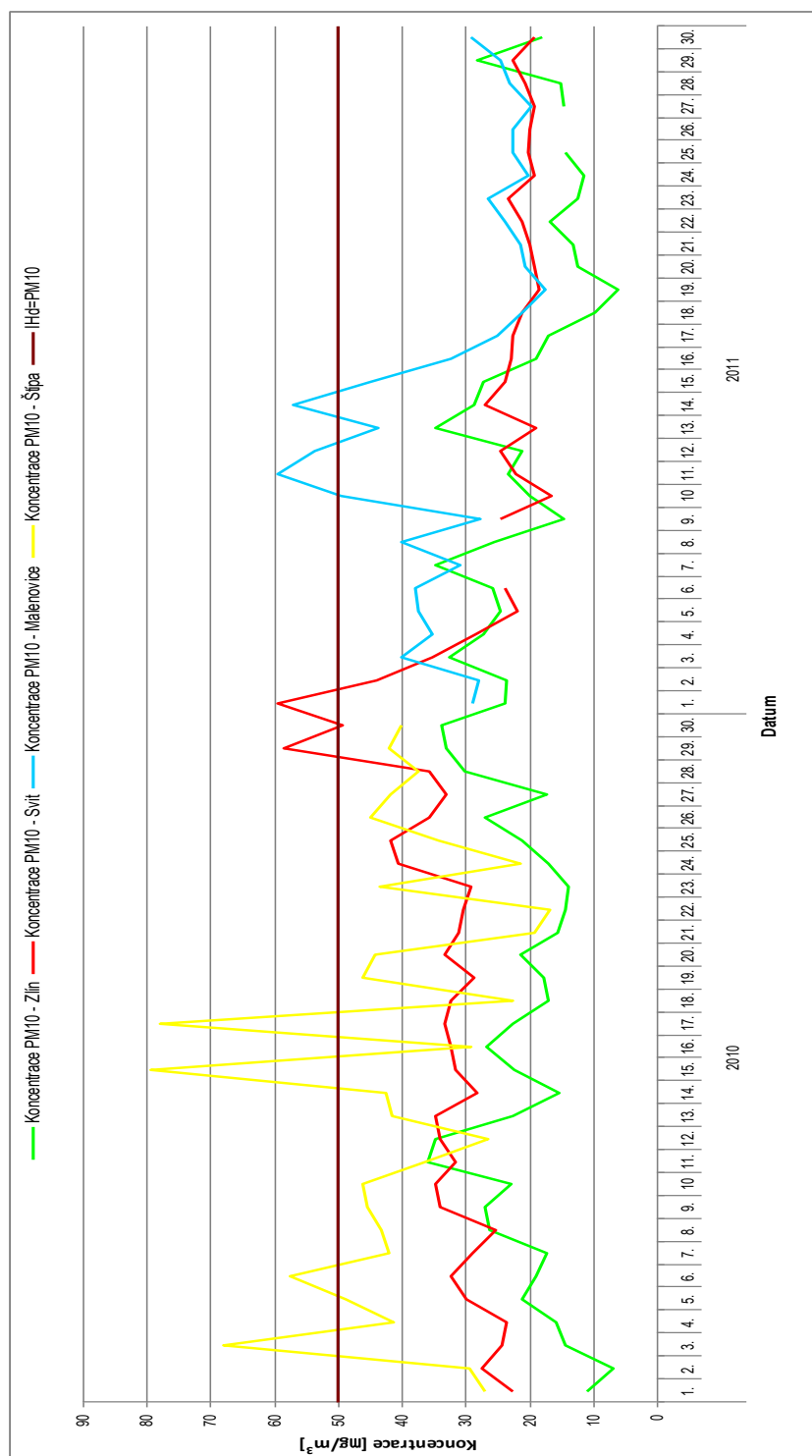
Únorové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



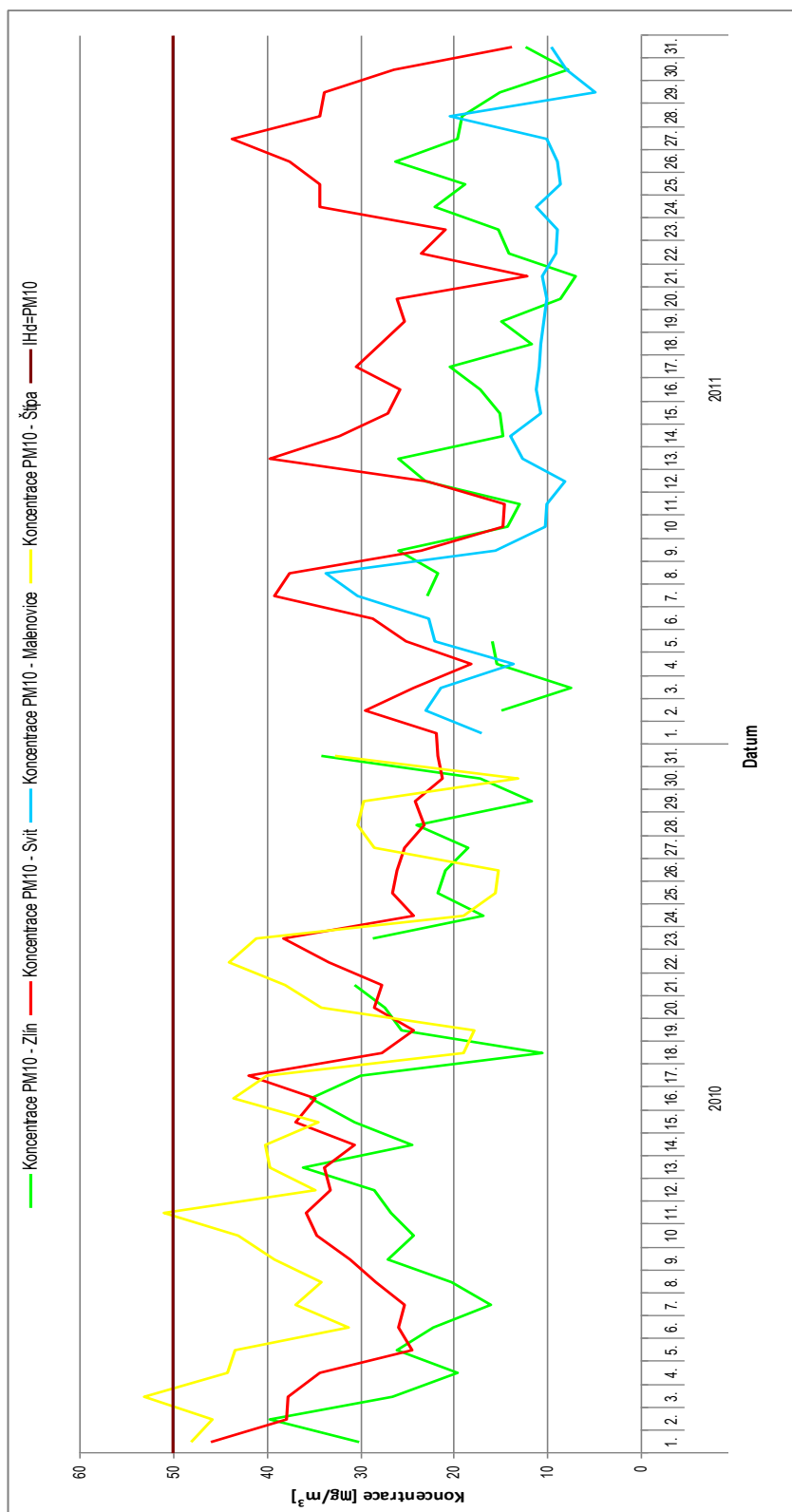
Březnové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



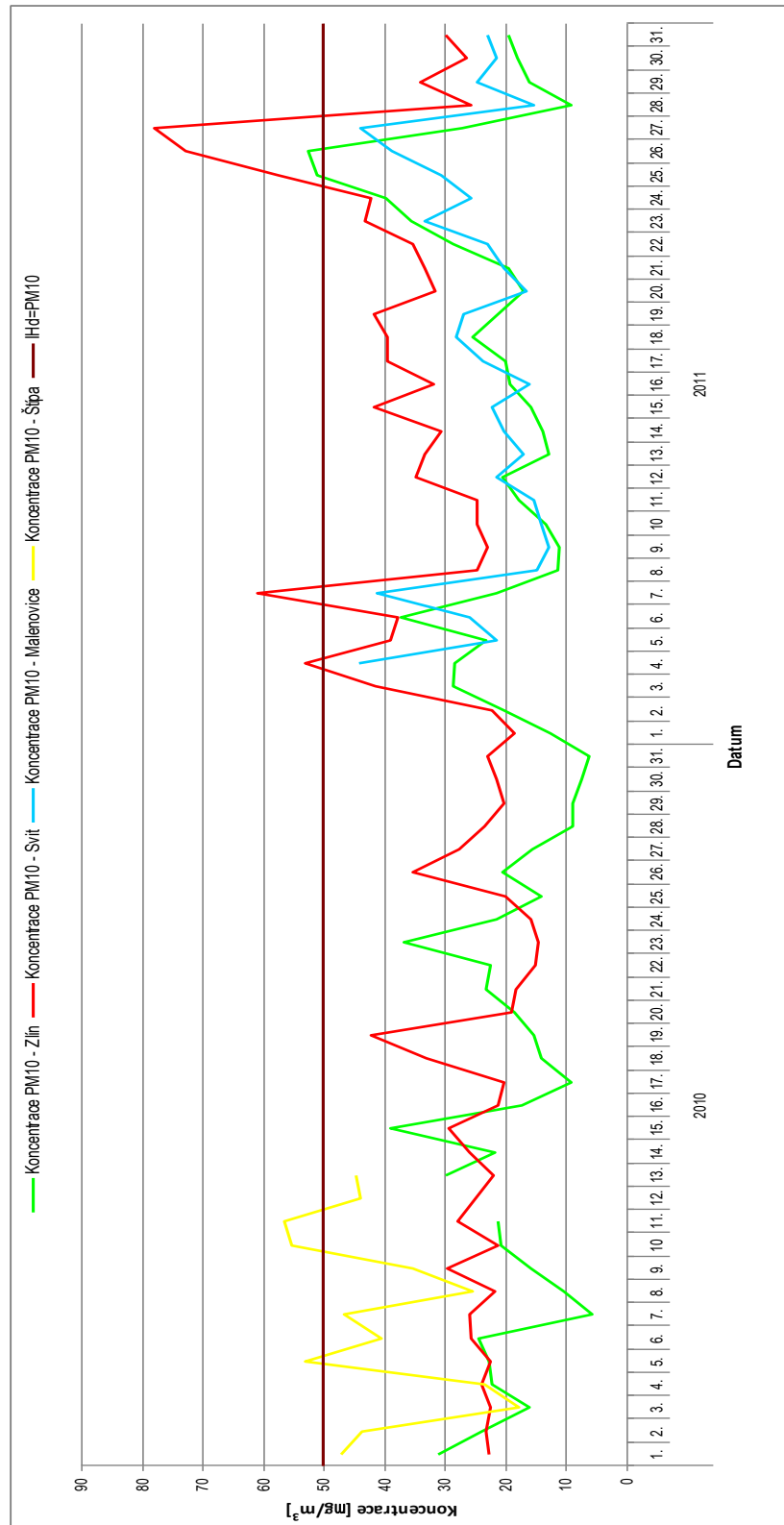
Dubnové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



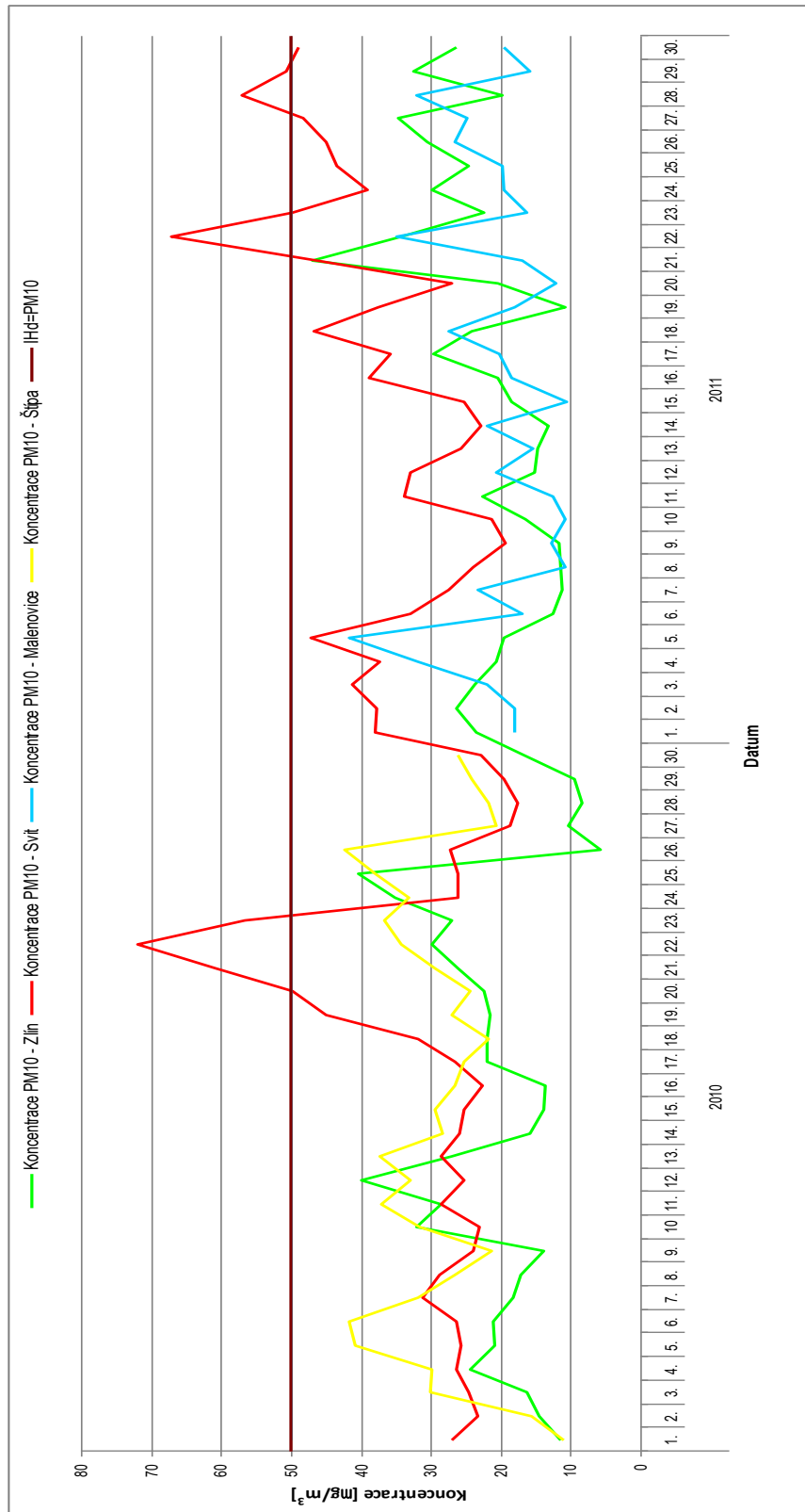
Černové průměrné denní hodnoty PM_{10} v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



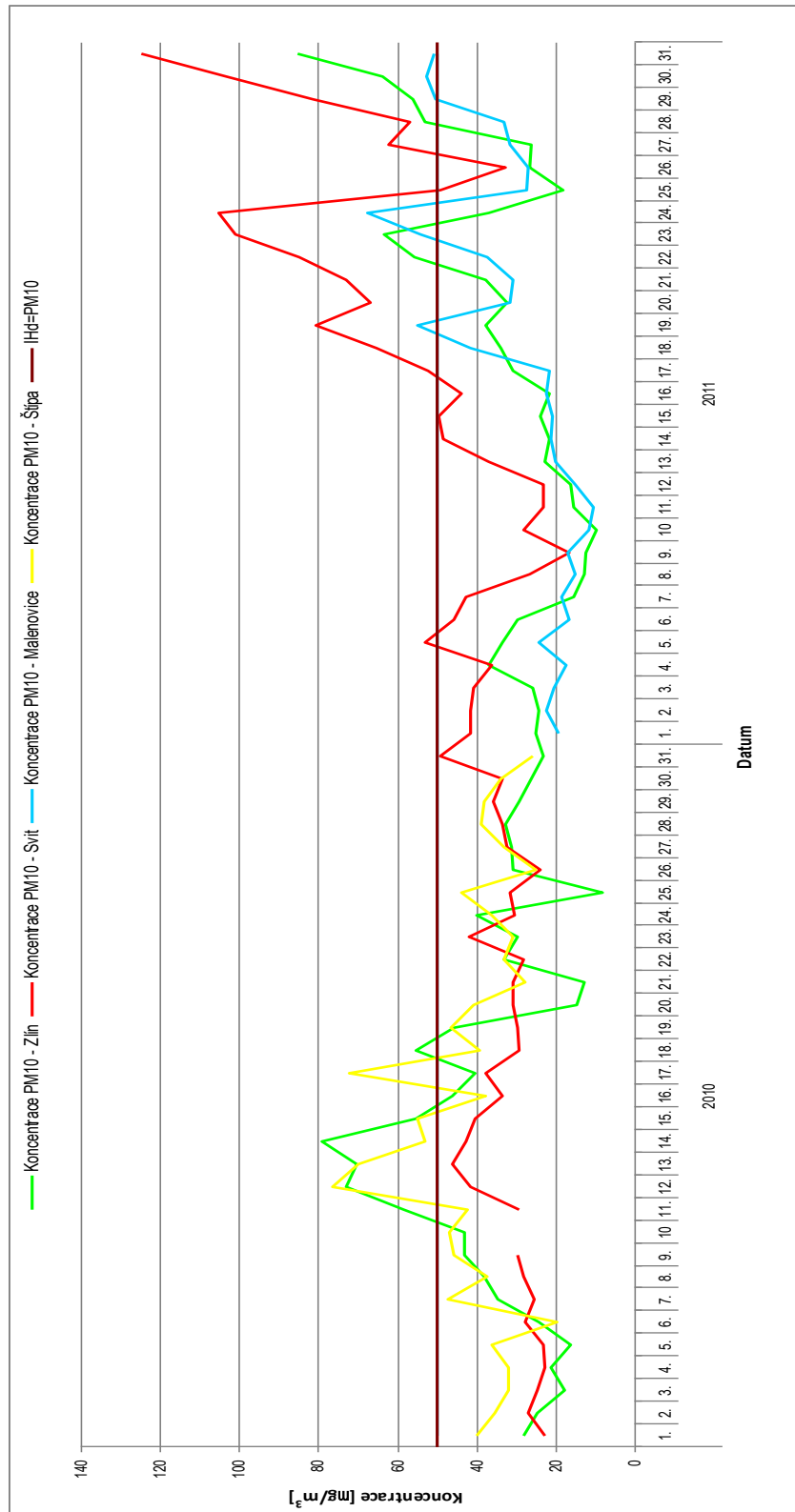
Červencové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



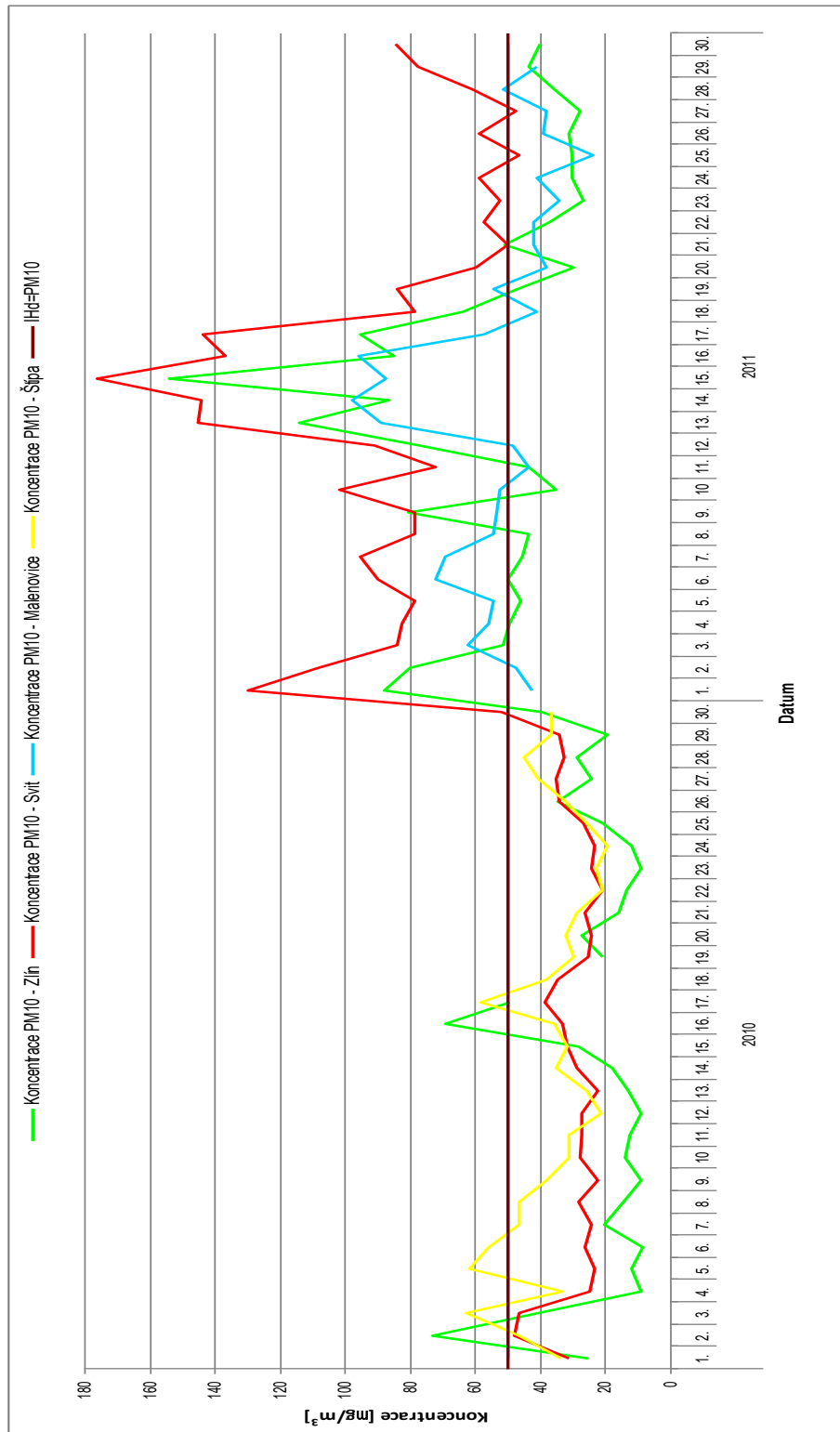
Srpnové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



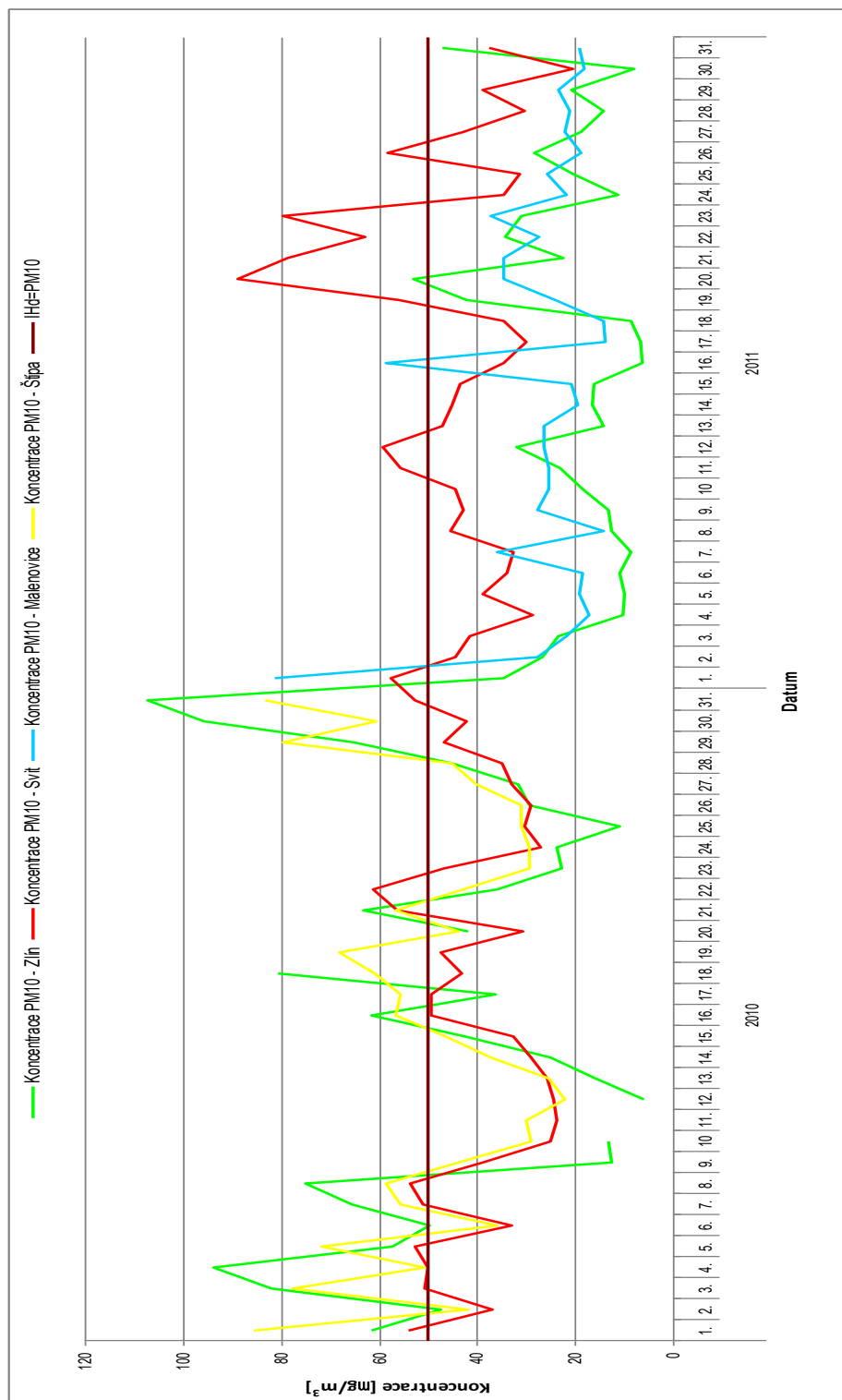
Záříjové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



Říjnové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



Listopadové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012



Prosincové průměrné denní hodnoty PM₁₀ v ovzduší ve Zlíně ze sledovaných let 2010-2012

EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sigla (místo uložení diplomové práce)	Ústřední knihovna UTB ve Zlíně
Název diplomové práce	Vývoj koncentrací prachových částic v ovzduší ve Zlíně v letech 2010-2012
Autor diplomové práce	Tereza Koudelková
Vedoucí diplomové práce	Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín
Fakulta (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín
Katedra (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
Rok obhájení BP	2012
Počet stran	56
Počet svazků	3
Vybavení (obrázky, tabulky...)	10 obrázků, 4 tabulky a příloha s 12 obrázky
Klíčová slova	prachové částice, PM ₁₀ , těžké kovy, imisní limity, kvalita ovzduší