

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

VYHODNOCENÍ IMISNÍ SITUACE VE VYBRANÝCH
MĚSTECH VE STŘEDOČESKÉM KRAJI

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Zdeňka Wittlingerová, CSc.

Diplomant: Kateřina Vrbová

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kateřina Vrbová

Regionální environmentální správa

Název práce

Vyhodnocení imisní situace ve vybraných městech ve Středočeském kraji

Název anglicky

Evaluation of the imission situation in selected cities of the Central Region

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnocení trendů vybraných kontaminantů v ovzduší ve zvolených městech Středočeského kraje za období 5 let (2009 – 2013) ve vztahu ke zdrojům znečištění.

Metodika

Imisní situace bude vyhodnocena ve vybraných městech Středočeského kraje (dle podkladů z ČHMÚ). Budou hodnoceny roční průměry kontaminantů (SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, Pb, Cd, As, Ni, BaP) za 5 leté období, s výjimkou SO₂, kde jsou data k dispozici do roku 2012. Dále budou porovnány trendy kontaminantů vybraných měst včetně měsíčních průměrů. Trendy imisí vybraných kontaminantů ve vztahu k vyprodukovaným emisím budou za pětileté období znázorněny pomocí lineární regrese. Dále bude zpracováno překročení imisních limitů pro ochranu zdraví (formou mapového vyhodnocení).

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

imise, trendy kontaminantů, zdroje znečištění

Doporučené zdroje informací

BOLLEN J.a BRINK C., 2014: Air pollution policy in Europe: Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. *Energy Economics* 46: 202-215.

Braniš M. a Hůnová I. (eds.): *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Karolinum, Praha, 180 – 197. ISBN 978-80-246-1598-1.

CENIA, Česká informační agentura životního prostředí, 2014: *Zpráva o životním prostředí České republiky 2013*. CENIA, Praha, 218 s.

ISKO, 2015: *Databáze Informačního systému kvality ovzduší*.

Kurfürst J. (ed.): *Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor*, Chrudim, 267-309. ISBN 978-80-86832-38-8.

Tabelární ročenky ČHMÚ.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

prof. Ing. Zdeňka Wittlingerová, CSc.

Elektronicky schváleno dne 8. 4. 2015

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 4. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Zdeňky Wittlingerové, CSc., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze

.....

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Zdeňce Wittlingerové, CSc. za vedení mé práce, její cenné rady a připomínky, které mi velmi pomohly při zpracování daného tématu.

Abstrakt

Hlavním cílem diplomové práce bylo vyhodnocení imisní situace ve vybraných městech Středočeského kraje (Kladno, Mladá Boleslav, Příbram, Beroun a Brandýs nad Labem) v letech 2009 – 2013 ve vztahu ke zdrojům znečišťování v jednotlivých městech. K vyhodnocení byly použity roční průměry imisí SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, As, Ni, Cd, CO, BaP, O₃ a roční produkce emisí ze stacionárních zdrojů ve vybraných městech. Vztah závislosti mezi zdroji znečišťování a koncentracemi imisí byl analyzován pomocí lineární regrese. Charakteristika měst byla zaměřena na přehledu kontaminantů, které se v daném městě měří a na problematiku znečištění ovzduší. Dále byla pro roky 2009 a 2013 provedena analýza a porovnání měsíčních průměrů imisí. Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví byly v přílohách znázorněny prostřednictvím mapových výstupů. Znečištění ovzduší je následkem antropogenní činnosti, ale i přírodních procesů. Je také příčinou řady onemocnění, úmrtí a může způsobit škody na vegetaci. Pro omezování znečištění ovzduší existuje řada legislativních předpisů a monitoring je realizován prostřednictvím měření koncentrací jednotlivých kontaminantů.

Klíčová slova: imise, trendy kontaminantů, zdroje znečišťování ovzduší

Abstract

Main aim of the thesis was evaluation of immission situation in selected cities of the Central Bohemian Region (Kladno, Mladá Boleslav, Příbram, Beroun and Brandýs nad Labem) in the period 2009 - 2013 in relation to the air pollution sources. For the evaluation were used annual averages immissions of SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, As, Ni, Cd, CO, BaP, O₃ and annual production of emissions from stationary sources in the selected cities. Relationship of dependency between pollution sources and concentrations of immissions was expressed using linear regression. Characteristic of the cities was focused on a summary of contaminants that are measured in the selected cities and on the issue of the air pollution. Further monthly averages of contaminants were analyzed and compared for the years 2009 and 2013. Exceeding the limit values for the protection of human health was shown through the map outputs. Air pollution is a consequence of anthropogenic activities but natural processes as well. It's also the cause of many diseases, death and it can cause damage of vegetation. There are a number of legislative provisions for the reduction of air pollution and monitoring is realized through the measurement concentrations of the contaminants.

Keywords: immissions, trends of contaminants, air pollution sources

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Cíle práce	13
3. Literární rešerše.....	14
3.1 Emise, emisní limit a emisní strop	14
3.2 Imise a imisní limity.....	14
3.3 Smog.....	15
3.4 Legislativa a ochrana ovzduší	16
3.4.1 Mezinárodní prameny	16
3.4.2 Právní předpisy EU	17
3.4.3 Národní předpisy.....	17
3.5 Znečišťující látky a jejich zdroje	18
3.6 Nejvýznamnější znečišťující látky	21
3.6.1 Oxid siřičitý (SO ₂)	21
3.6.2 Oxidy dusíku (NO _x)	22
3.6.3 Ozon (O ₃)	22
3.6.4 Amoniak (NH ₃)	23
3.6.5 Oxid uhelnatý (CO).....	23
3.6.6 Oxid uhličitý (CO ₂).....	24
3.6.7 Polétavý prach.....	24
3.6.8 Těkavé organické sloučeniny (VOC).....	25
3.6.9 Perzistentní organické polutanty (POPs)	26
3.6.10 Těžké kovy	27
3.7 Dopady znečišťování.....	30
3.8 Monitoring a registry znečišťování životního prostředí	31
3.8.1 Integrovaný registr znečišťování životního prostředí (IRZ)	32
3.8.2 Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO)	32

3.8.3	Informační systém kvality ovzduší (ISKO)	32
3.8.4	Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO).....	33
3.9	Situace v Evropě.....	34
4.	Metodika	37
4.1	Emise ze stacionárních zdrojů ve vybraných městech	37
4.2	Vyhodnocení imisní situace	37
4.3	Mapové zpracování	38
4.4	Zájmové území	39
5.	Výsledky	43
5.1	Emise z REZZO 1 - 3	43
5.2	Vyhodnocení trendů vybraných kontaminantů	48
5.3	Překročení imisních limitů	57
5.4	Měsíční průměry imisí.....	58
6.	Diskuze.....	67
7.	Závěr	70
8.	Přehled literatury a použitých zdrojů	72
9.	Přílohy.....	79

Seznam zkratk

AIM - Automatizovaný imisní monitoring

As - arsen

BaP - benzo(a)pyren

BAT - nejlepší dostupné techniky

Be - beryllium

Cd - kadmium

CENIA - Česká informační agentura životního prostředí

Cl - chlor

Co - kobalt

CO - oxid uhelnatý

CO₂ - oxid uhličitý

Cr - chrom

Cu - měď

ČEZ - České energetické závody

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

ČSÚ - Český statistický úřad

EEA – Evropská agentura pro životní prostředí

E-PRTR - Evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek

F - fluor

GIS - Geografický informační systém

Hg - rtuť

IRZ - Integrovaný registr znečišťování

ISKO - Informační systém kvality ovzduší

Mn – mangan

MŽP - Ministerstvo životního prostředí

N₂ - dusík

N₂O - oxid dusný

NH₃ - amoniak

Ni - nikl

NO - oxid dusnatý

NO₂ - oxid dusičitý

NO_x - oxidy dusíku

O₂ - kyslík

O₃ - ozon

ORP - obec s rozšířenou působností

OZKO - oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší

PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky

Pb - olovo

PCB - polychlorované bifenyly

PCCD - polychlorované dibenzo-p-dioxiny

PCDF - polychlorované dibenzofurany

PM_{2,5} - frakce polétavého prachu s velikostí částic menší než 2,5 μm

PM₁₀ - frakce polétavého prachu s velikostí částic menší než 10 μm

REZZO - Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší

Se - selen

S-JTSK - souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

SO₂ - oxid siřičitý

SPŽP ČR - Státní politika životního prostředí

SW - software

SZÚ - Státní zdravotní ústav

Tl - thalium

V – vanad

VFU - veterinární a farmaceutická univerzita

VOC - těkavé organické sloučeniny

Zn – zinek

1. Úvod

K rozvoji společnosti patří i rozvoj vědy a techniky, která vedla k rozvoji infrastruktury, a tím i dopravy. Nejvýznamnější zdroje znečišťování životního prostředí jsou přírodního, ale i antropogenního původu. Dle CENIA, 2014 mezi antropogenní zdroje patří např. energetika a výroba tepla, průmyslová energetika, vytápění domácností, doprava, zemědělství či odpady.

Imise mají vliv na vybrané složky životního prostředí jako je ovzduší, voda, půda, ale i živé organismy. Mají schopnost rozšiřovat se i mimo místa jejich původního zdroje, chemicky se transformovat a kumulovat se ve složkách prostředí.

Do ovzduší se dostávají znečišťující látky zejména prostřednictvím antropogenní činnosti. Znečištěné ovzduší těmito látkami má negativní vliv nejen na životní prostředí, ale i na lidské zdraví. Nejedná se pouze o látky v ovzduší, které mohou vniknout přímo do lidského organismu, ale také o látky, které se dostávají do půdy a tím i do potravního řetězce. Dopad na lidské zdraví může být různého rozsahu od dýchacích potíží, rakoviny, až po úmrtí jedinců.

Pro zpracování imisní situace v určitých lokalitách se využívají data z měřicích stanic Českého hydrometeorologického ústavu, které zaznamenávají koncentrace hlavních kontaminantů. Mezi nejvýznamnější sledované látky patří oxid siřičitý, oxidy dusíku, PM_{10} , oxid uhelnatý, benzo(a)pyren, přízemní ozon a těžké kovy (ČHMÚ, 2015).

V současné době patří znečišťování ovzduší k nejvýznamnějším problémům týkající se ochrany zdraví člověka před nepříznivými vlivy znečištění prostředí. Je tedy v zájmu společnosti učinit taková politická opatření, která by chránila složky životního prostředí. Dlouhodobým trendem je snaha snižovat emise znečišťujících látek a zlepšit tak kvalitu ovzduší, ale i přes to dochází k překračování imisních limitů.

2. Cíle práce

Cílem práce je vyhodnocení trendů vybraných kontaminantů v ovzduší ve zvolených městech Středočeského kraje za období 5 let (2009 – 2013) ve vztahu ke zdrojům znečišťování. Dále charakteristika vybraných území a mapové zpracování imisní situace.

3. Literární rešerše

3.1 Emise, emisní limit a emisní strop

Emise je znečišťující látka nebo látky vypouštěné ze zdroje do životního prostředí. Její množství se vyjadřuje jako hmotnostní tok znečišťující látky za jednotku času u zdroje znečišťování. Emisním limitem je nejvýše přípustné množství znečišťující látky nebo skupiny znečišťujících látek vnášené do ovzduší ze stacionárního zdroje (§ 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění a CENIA, 2007).

Škodliviny vypouštěné ze zdroje jsou stále předmětem studia kvality ovzduší. Emisní zdroje lze podle původu rozdělit na přirozené a antropogenní. Koncentrace emisí jsou mnohem vyšší v oblastech se zvýšenou lidskou činností než v oblastech odlehlých přičemž významnou aktivitou, při které dochází ke vnášení znečišťujících látek do ovzduší, jsou spalovací procesy. Hlavními zdroji jsou tepelné elektrárny využívající k produkci energie uhlí, ropu či mazut. Dalším zdrojem podílejícím se na řadě emisních látek je automobilová doprava a problém jejího nárůstu (Braniš, 2009).

Emisní strop je nejvyšší celkové množství znečišťující látky, které může být vypouštěno ze všech zdrojů znečišťování ovzduší na daném území za rok. Lze ho definovat jako limitní množství emisí pro daný cílový rok, nebo jako procento emisí v cílovém roce vůči roku referenčnímu. Národní a krajské emisní stropy jsou v ČR vyhlášeny pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, těžké organické látky a amoniak (Bízek, 2009).

3.2 Imise a imisní limity

Imise se stává emise po přenosu, rozptýlení a po fyzikálně chemických reakcích, kterých se v atmosféře účastní. Jedná se o znečišťující příměsi v atmosféře, které přecházejí na příjemce nebo jsou s ním v kontaktu (např. organismus, stavební materiál, půda apod.) V širším smyslu jsou za imise považovány hluk, radioaktivita a člověkem způsobené změny teploty (Braniš, 2009).

Imise zahrnuje množství znečišťující látky či skupiny látek v ovzduší přecházející na příjemce (lidi, vegetace, organismy, materiály). Vyjadřuje se jako

hmotnost znečišťující látky v jednom metru krychlovém vzduchu. Imisní situace je horší v zimě během topné sezony (CENIA, 2007).

Všechny imisní limity a cílové imisní limity jsou vyhlášeny pro ochranu lidského zdraví a pro některé znečišťující látky pro ochranu ekosystémů a vegetace. Imisní limity pro ochranu zdraví jsou plošně závazné a limity pro ochranu vegetace jsou závazné jen na vymezených územích. Cílové imisní limity musí být dodrženy pouze v těch případech, kdy je to možné bez vynaložení nadměrných nákladů, na rozdíl od plošně závazných limitů (Bízek, 2009).

Imisní limity pro ochranu lidského zdraví jsou vyhlášeny pro suspendované částice velikostní frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$, oxid siřičitý, oxid dusičitý, oxid uhelnatý, olovo, arsen, nikl, kadmium a benzen. Dlouhodobý imisní cíl je vyhlášen pro ozon. Imisní limity pro ochranu ekosystému a vegetace jsou vyhlášeny pro oxid siřičitý, oxidy dusíku a ozon (Příloha č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb.)

3.3 Smog

Hovorka, 2009 definuje smog jako viditelné znečištění atmosféry převážně v městských oblastech způsobené zejména lidskou činností. V atmosféře se tedy vyskytují nepřírodní látky, které působí negativně na lidské zdraví.

Dle § 10 č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění je smogová situace stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění oxidem siřičitým, oxidem dusičitým, částicemi PM_{10} nebo troposférickým ozonem překročí některou z prahových hodnot.

Redukční smog získal svůj název pro své redukční vlastnosti a objevuje se v zimě. Na konci 19. století vznikala kombinací některých meteorologických jevů (mlha, teplotní inverze) s emisí aerosolu, oxidu uhelnatého (při nedokonalém spalování) a oxidu siřičitého (oxidací síry obsažené v uhlí). Naopak fotochemický smog se objevuje v létě a vzniká za přítomnosti slunečního záření, zejména UV složky. Primárními látkami jsou zejména oxid dusnatý, nemetalické uhlovodíky, oxid uhelnatý a jemný aerosol (Braniš, 2009).

Při zimním smogu jsou nejvýznamnějšími polutanty oxid siřičitý, suspendované částice PM_{10} a oxid dusičitý. Při zvýšených koncentracích těchto látek za působení nízkých teplot, vysoké vlhkosti vzduchu, bezvětří či větru s malou

rychlostí vzniká tzv. zimní smogová situace. Hlavním polutantem letního smogu je přízemní ozon (Šimková a kol, 2008).

3.4 Legislativa a ochrana ovzduší

3.4.1 Mezinárodní prameny

V 70. letech 20. století došlo globálně k největšímu rozmachu vytváření právních norem týkajících se ochrany životního prostředí. Mezi nejvýznamnější mezinárodní právní prameny patří Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států, která byla sjednána v roce 1979 v Ženevě a zavazuje smluvní strany k omezování a prevenci znečišťování ovzduší, výzkumné činnosti a monitoringu emisí a koncentrací znečišťujících látek. Tato Úmluva je doplněna o osm protokolů, které mají za cíl snížení různých kontaminantů. Česká republika je smluvní stranou všech osmi protokolů k úmluvě (Bělohlávek, 2011).

Dalším mezinárodním pramenem je Vídeňská úmluva na ochranu ozonové vrstvy z roku 1985, jejíž součástí je Montrealský protokol (1987), který zavazuje smluvní strany k podmínkám nakládání a snížení freonů a halonů s cílem chránit lidské zdraví a životní prostředí proti nepříznivým vlivům ve vztahu k ozonové vrstvě. Cílem Protokolu je vzájemná spolupráce při výzkumech a výměně informací, realizace opatření na vyloučení výroby a spotřeby téměř 100 regulovaných látek, které ozonovou vrstvu poškozují. Česká republika plní hlavní požadavek omezení spotřeby regulovaných látek bez problémů (Hlaváček, 2011).

Třetím právním pramenem, který podepsala i ČR je Rámcová úmluva OSN o změně klimatu z roku 1992 a následný Kjótský protokol (1997). Cílem Úmluvy je vytvořit předpoklady pro stabilizaci koncentrací skleníkových plynů v atmosféře, řešení negativních dopadů změny klimatu a zajištění finanční a technologické podpory rozvojovým zemím (Bělohlávek, 2011).

V roce 1999 byl podepsán tzv. Gothenburgský protokol, jehož cílem je snížit acidifikaci, eutrofizaci a škody způsobené troposférickým ozonem, dále snížení emisí oxidu siřičitého, oxidů dusíku, těkavých organických sloučenin a amoniaku. Oproti stavu z roku 1990 musí dojít ke snížení emisí oxidu siřičitého aspoň o 63 %, emisí oxidů dusíku o 41 %, emisí těkavých organických sloučenin o 40 % a emisí amoniaku o 17 % (Fenger, 2009).

3.4.2 Právní předpisy EU

Právní akty Evropské unie týkající se ochrany ovzduší zavazují členské státy k plnění určitých cílů. Směrnice č. 2001/81/ES o národních emisních stropích pro některé znečišťující látky stanovuje emisní stropy pro oxid siřičitý (SO₂), nemetanové těkavé organické sloučeniny (NMVOC), oxidy dusíku (NO_x) a amoniak (NH₃). Imisní limity upravuje Směrnice č. 2004/107/ES o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíku ve vnějším ovzduší a Směrnice č. 2008/50/ES, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Jedním z cílů SPŽP ČR 2012 - 2020 je zlepšení kvality ovzduší v oblastech, kde jsou překračovány imisní limity a udržení kvality v místech, kde imisní limity překračovány nejsou (CENIA, 2014).

Směrnice č. 2010/75/EU, o průmyslových emisích má za cíl omezit vypouštění znečišťujících látek do ovzduší, vodstva a půdy, omezit produkci odpadů z průmyslových a zemědělských zařízení a dosáhnout tak vysoké úrovně ochrany životního prostředí a zdraví. Dále zvyšuje důraz na aplikaci nejlepších dostupných technik a zpřesňuje kontrolu zařízení.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1005/2009, o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, zakazuje výrobu nejnebezpečnějších látek a jejich uvádění na trh. Stanovuje pravidla pro používání těchto látek a podmínky pro jejich vývoz nebo dovoz.

Dalším významným nařízením z hlediska ochrany ozonové vrstvy je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006, o některých fluorovaných skleníkových plynech.

3.4.3 Národní předpisy

Na výše uvedená nařízení navazuje Zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu a o fluorovaných skleníkových plynech, v platném znění, který vstoupil v účinnost 1. září 2012.

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci byl novelizován mnoha předpisy. Jeho cílem je dosáhnout vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku, zřizuje integrovaný registr znečišťování životního prostředí, stanovuje působnost orgánů veřejné správy při povolování provozu zařízení, pro jejichž provoz jsou stanoveny podmínky, které podléhají pravidelné kontrole a přezkumu, upravuje

system výměny informací o nejlepších dostupných technikách a stanoví sankce za jejich porušení (Maršák, 2006).

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění je zaměřen na ochranu kvality vnějšího ovzduší v troposféře, ochranu klimatického systému a uvádí stacionární zdroje znečišťování. Stanovuje imisní limity, horní a dolní meze pro posuzování úrovně znečištění k ochraně ekosystémů a vegetace pro přízemní ozon, oxid siřičitý a oxidy dusíku.

Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích upravuje imisní monitoring (podmínky a způsob posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění).

Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší stanovuje obecné a specifické emisní limity.

Zákon č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, v platném znění upravuje podmínky pro získávání povolenek. Navyšuje podíl povolenek prodávaných prostřednictvím aukcí. Bezplatné povolenky jsou přiděleny rozhodnutím MŽP.

Koncepční nástroj Národní program snižování emisí ČR má za cíl snížit celkovou úroveň znečištění a znečišťování ovzduší, snížit zátěž životního prostředí látkami poškozujícími ekosystémy a vegetaci s ohledem na podporu nových environmentálně šetrných technologií. Dále zajistit předpoklady pro regeneraci postižených složek životního prostředí a pro snižování rizik pro lidské zdraví. Konkrétně se jedná o plnění stanovených hodnot národních emisních stropů pro oxid siřičitý, oxidy dusíku, těkavé organické látky a amoniak, přispívat ke snížení úrovně znečištění ovzduší PM₁₀ a benzo(a)pyrenem pod platné imisní limity (MŽP, 2007).

3.5 Znečišťující látky a jejich zdroje

Ke znečišťování ovzduší dochází především v místech nejhustšího osídlení. Největšími zdroji znečišťování jsou energetický průmysl (spalování fosilních paliv, ropy a zemního plynu), metalurgický a chemický průmysl, průmysl stavebních hmot, doprava, domácí topeniště, neupravený zemský povrch (např. prašnost ze skládek,

těžba surovin povrchoým způsobem), vulkanická činnost a vichřice, které se řadí do přírodních zdrojů znečišťování (Jeníček a Foltýn, 2010).

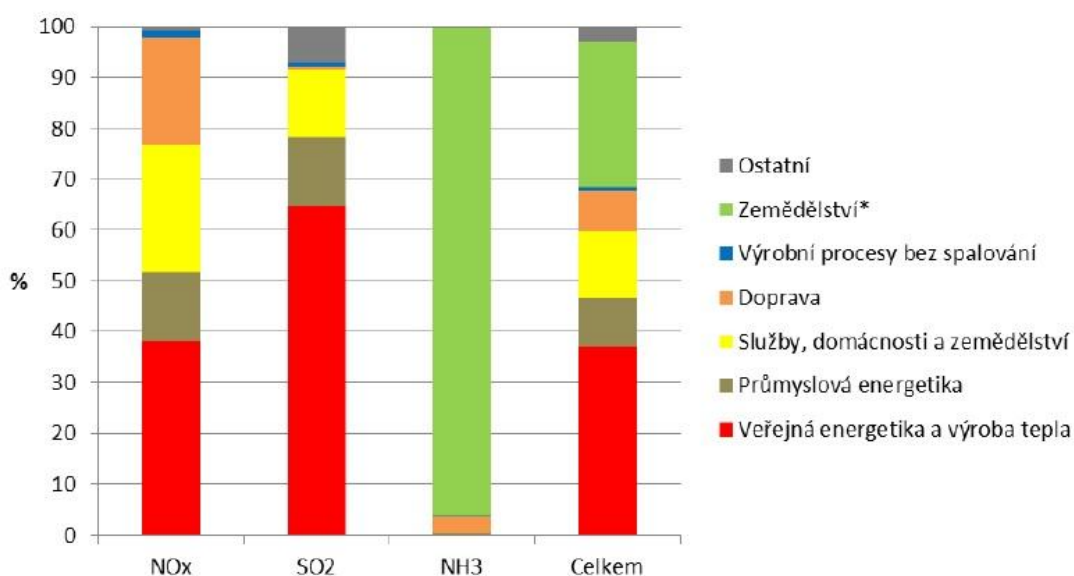
Hlavními zdroji kontaminantů v ČR jsou energetika a výroba tepla, průmyslová energetika, vytápění domácností, doprava, výrobní procesy bez spalování, zemědělství, odpady, emise z těžby a distribuce paliv (CENIA, 2014).

Spalování fosilních paliv, kácení lesů, vypalování savan, zemědělská výroba, doprava a další průmyslové aktivity jsou příčinou uvolňování plynů do atmosféry, které přímo nebo prostřednictvím látek vzniklých při chemické reakci zesilují přirozený skleníkový efekt atmosféry (Kalvová a kol., 2009).

Tab. č. 1 – Podíly zdrojů na celkovém znečišťování ovzduší způsobeném lidskou činností (Stehlík, 2008).

	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	Uhlovodíky
Doprava	8,2 %	1,3 %	48,2 %	82,2 %	58,5 %
Spalování paliv	41,1 %	72,6 %	45,2 %	2,2 %	3,0 %
Technologické zdroje	50,7 %	26,1 %	6,6 %	15,6 %	38,6 %

Z tabulky č. 1 je patrné, že emise z dopravy se nejvíce podílejí na znečišťování oxidem uhelnatým, oxidy dusíku a uhlovodíky. Stacionární zdroje se prostřednictvím spalování paliv nejvíce podílí na znečišťování tuhými látkami, oxidem siřičitým a oxidy dusíku.



Obr. č. 2 – Zdroje emisí okyselujících látek v ČR v % v roce 2012 (CENIA, 2014; Zdroj dat: ČHMÚ).

Látky znečišťující ovzduší jsou hmotné látky, které přímo nebo po chemické změně v atmosféře nebo po reakci s jinou látkou nepříznivě ovlivňují životní prostředí. Na znečištění se také podílí složky podporující znečišťování nebo násobící jeho účinky. Jedná se např. o ozon, fotochemické oxidanty a sluneční záření (Němec, 1992).

Environmentálně nebezpečné chemické látky jsou takové, které mají tendenci se hromadit v abiotických a biotických složkách prostředí a mohou být nebezpečné přírodnímu prostředí již v nízkých koncentracích (Holoubek a Hovorka, 2009).

Látky znečišťující prostředí je možné rozdělit na primární a sekundární polutanty. Látky, které nepodléhají změnám, jsou označovány jako primární polutanty. Tyto polutanty mají svůj konkrétní zdroj a patří mezi ně např. SO₂, CO, NO, aerosol či některé uhlovodíky. Sekundární polutanty nemají konkrétní přímý zdroj (bodový, plošný, mobilní, stacionární) a vznikají v procesu transformace primárních polutantů během (foto)chemických reakcí. Patří mezi ně např. O₃, NO₂, některé nitrosloučeniny nebo aldehydy (Braniš, 2009).

Škodliviny jsou látky, jejichž výskyt a určitá koncentrace představují riziko nebo škodí živým organismům. Mezi takové rizikové prvky patří Pb, Hg, Be, Cd, Se, Cr, As, Ni, F, Cl, Zn, V, Mn, Cu, Tl, Co (Němec, 1992).

Světová zdravotnická organizace dělí znečišťující látky podle určitých kritérií, a to konkrétně takto:

Organické znečišťující látky: akrylonitril, benzen, butadien, sirouhlík, oxid uhelnatý, 1,2-dichloroetan, dichlorometan, formaldehyd, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované bifenyly (PCB), polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD, PCDF), styren, tetrachloroetylen, toluen, trichloroetylen, vinylchlorid.

Anorganické znečišťující látky: arzen, azbest, kadmium, chrom, fluorid, hydrogensulfid, olovo, mangan, rtuť, nikl, platina, vanadium.

Klasické znečišťující látky: oxid dusičitý, ozon a fotochemické oxidanty, polétavý prach, oxid siřičitý.

Znečišťující látky ve vnitřním prostředí: druhotný tabákový kouř (pasivní kouření), radon, minerální vlákna (Bartoňová, 2009).

3.6 Nejvýznamnější znečišťující látky

3.6.1 Oxid siřičitý (SO₂)

Sloučeniny síry už od průmyslové revoluce patří k znečišťujícím antropogenním látkám. Mají negativní vliv na ovzduší, hydrosféru, litosféru, pedosféru, lidské zdraví i člověkem vyrobené produkty, a proto se tyto látky již několik desítek let pozorně sledují. Nejznámější atmosférickou znečišťující látkou je oxid siřičitý, jehož emise měly v minulosti za následek řadu ekologických katastrof (nejznámější je „velký londýnský smog“ z roku 1952, při kterém zahynuly tisíce lidí (Příbil, 2009).

Oxid siřičitý se dostává do životního prostředí antropogenní činností převážně spalováním fosilních paliv (hlavně uhlí a těžkých olejů) a při tavení rud s obsahem síry. Globálním přírodním zdrojem jsou vulkány a oceány, ale podíl na celkové koncentraci na území ČR je velmi nízký. SO₂ má dráždivé účinky a při vysokých koncentracích může způsobit změnu kapacity plic a zhoršení plicních funkcí (Šimková a kol., 2008).

Oxid siřičitý se rozpouští v kapkách vody za vzniku siřičitých kyselin, které padají na zem jako „kyselý déšť“. Déšť s nízkým pH může přímo poškodit listy a kořeny rostlin. Mimoto mohou být živiny vymyty z okyselené půdy a vytěsnit tak podstatné prvky z půdních částic. Rostliny, které rostou na takových půdách, trpí nedostatkem jednoho nebo více stopových prvků (Walker, 2001).

Emise oxidu siřičitého se v uplynulých letech snižují. Je to výsledkem odsíření uhelných elektráren v 90. letech 20. století, používáním paliv s nižším obsahem síry a snižováním energetické náročnosti hospodářství, na němž se podílí zavádění BAT technologií. Např. za období 1990 – 2013 došlo k poklesu emisí SO₂ o 92,5 % a za období 2000 – 2013 o 37,7 % (CENIA, 2014).

Emise z automobilové dopravy obsahují malé množství oxidu siřičitého. Je to dráždivá látka, která působí v horních cestách dýchacích (Šuta, 1996).

SO₂ setrvává v atmosféře 1-3 dny a v blízkosti velkých zdrojů znečišťování působí škody na vegetaci v Evropě, Severní Americe a Asii. V některých oblastech blízko zdrojů je vegetace téměř vyhubena. Nejvíce jsou citlivé jehličnany. Postižená místa jsou lokalizována jen po větru od několika největších zdrojů díky tomu, že došlo k poklesu emisí v Evropě za posledních deset let (Bartoňová, 2009).

3.6.2 Oxidy dusíku (NO_x)

Emise oxidů dusíku vznikají oxidací atmosférického dusíku při spalovacích procesech. Nejčastěji do atmosféry vstupuje NO, který pak rychle oxiduje na NO_2 (Němec, 1992).

Dle CENIA, 2007 tvoří doprava na celkových emisích oxidů dusíku téměř 40 % a produkuje škodliviny v přízemní vrstvě atmosféry. Přesněji se jedná o následek reakce kyslíku a atmosférického dusíku při vysokých teplotách. Z oxidů dusíku pak vzniká nebezpečný přízemní ozon. Oxidy dusíku způsobují poškození imunitního systému, podílí se na astmatických potížích a dráždí dýchací cesty.

K nejvýznamnějším oxidům dusíku patří oxid dusičitý, jehož účinky na lidský organismus jsou dráždivé. Při vdechnutí může být z 80 - 90 % pohlcen hlenem dýchacích cest a způsobit mírné až těžké záněty průdušek nebo plic. Dále může poškodit imunitu (Šuta, 1996).

Oxidy dusíku setrvávají v atmosféře 1 – 10 dnů a mají za následek rozpad chlorofylu a předčasné opadávání listů. Obecně lze říct, že mají negativní vliv na některé druhy vegetace, zvláště v kombinaci s SO_2 a s O_3 (Bartoňová, 2009).

Dalším významným zástupcem je oxid dusný – N_2O , jehož 40 % všech emisí je antropogenního původu, a to především ze zemědělské výroby. Z atmosféry je uvolňován chemickými reakcemi (Kalvová a kol., 2009).

Oxid dusný se uvolňuje do ovzduší při spalování fosilních paliv a biomasy. Dále také jako produkt bakteriálních denitrifikačních a nitrifikačních procesů v půdě a mořích (Závodský a kol., 1992).

3.6.3 Ozon (O_3)

Ozon je silně dráždivá látka, negativně působí i na vegetaci a způsobuje hospodářské škody. Vyskytuje se ve městech, ale i na území celé České republiky, protože látky, ze kterých vzniká, mohou být transportovány na velké vzdálenosti (CENIA, 2007).

O_3 vzniká sekundárně z oxidů dusíku a těkavých organických látek za působení slunečního záření. Jeho stálost v atmosféře je oproti jiným škodlivinám vysoká (Němec, 1992).

Přízemní ozon působí především na plíce – způsobuje buněčné a strukturální změny vedoucí ke snížení normální funkce plic. Zhoršuje se schopnost plic zbavit se

vdechnutých nečistot a zhoršuje se zásobení těla kyslíkem kvůli poškození buněk, které zajišťují přechod kyslíku do krve (Šuta, 1996).

Ozon je přímo vstřebáván rostlinami a způsobuje fyziologické a biochemické procesy, které mohou vést až k buněčné smrti. Způsobuje snížený růst a menší úrodu u hospodářských plodin, nicméně rostliny mají různou toleranci k ozonu. Například citlivější plodiny jako špenát, rajčata, salát, oves a některé stromy jsou používány jako indikátory pro ozon. Účinky ozonu se zvyšují ve směsi s SO₂ a NO_x. (Bartoňová, 2009).

Troposférický ozon není do atmosféry přímo vypouštěn, ale vzniká při fotochemických procesech za přítomnosti přírodních i antropogenních prekurzorů (oxidy dusíku, oxid uhelnatý, uhlovodíky) a v atmosféře setrvává v rozmezí týdnů až měsíců. Odhady hovoří o vzestupu troposférického ozonu o 35 % od roku 1750. Ve stratosféře zachytává nebezpečné složky UV záření (Kalvová a kol., 2009).

Snížení koncentrace této látky kvůli negativním účinkům na zdraví a vegetaci na celé severní polokouli není tak jednoduché díky komplikované atmosférické chemii vedoucí k existenci a odbourávání ozonu (Hůnová, 2008).

3.6.4 Amoniak (NH₃)

Jedná se o základní plyn v atmosféře a po N₂ a N₂O je to nejhojněji se vyskytující dusíkatá sloučenina v atmosféře. Významnými zdroji amoniaku jsou živočišný odpad, amonifikace humusu následovaná emisemi z půd, dusíkatá hnojiva v půdách a průmyslové emise. Jelikož je amoniak dobře absorbován povrchy, jako je voda a půda, jeho doba setrvání ve spodní vrstvě atmosféry je přibližně 10 dní (Seinfeld a Pandis, 2006).

Emise amoniaku v ovzduší se mohou podílet na tvorbě částic ovlivňující lidské zdraví, na snížení biodiverzity, na eutrofizaci a okyselování vodních a suchozemských ekosystémů a mohou přispívat ke skleníkovému efektu (Erisman a Sutton, 2007).

3.6.5 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý se dostává do atmosféry z antropogenních i přírodních zdrojů. Mezi takové zdroje patří spalování paliv a biomasy, emise z vegetace a oceánů

a oxidace přirozených i antropogenních uhlovodíků v ovzduší (Závodský a kol., 1992).

Nejvíce negativně působí oxid uhelnatý na srdce a mozek, tedy na orgány závislé na zásobování kyslíkem. CO je totiž vstřebáván v plicích a přechází do krve, kde se váže na hemoglobin (Šuta, 1996).

3.6.6 Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý je skleníkový plyn, který se vyskytuje v přírodě při dýchání živých organismů a také při vulkanické činnosti. Jeho větší množství vzniká při spalování jakýchkoliv uhlíkatých paliv. Pro člověka není přímo toxický, ale při vyšších koncentracích může způsobit horší okysličování mozku vedoucí i k bezvědomí. Hlavní podíl emisí tohoto plynu tvoří energetika a doprava, zejména silniční doprava (CENIA, 2007).

Přibližně 45 % antropogenního CO₂ zůstává v atmosféře, 30 % pohltí oceány a zbytek je pohlcen atmosférou na pevninách. K odstranění poloviny CO₂ uvolněného do atmosféry dochází po 30 letech, 30% se odstraní během jednoho století a zbývajících 20 % zůstává v atmosféře mnoho tisíc let (Kalvová a kol, 2009).

3.6.7 Polétavý prach

Prašné částice PM₁₀ a PM_{2,5} jsou nejvíce produkovány spalovacími procesy (spalování uhlí a biomasy). Na emisích PM₁₀ se vytápění domácností podílí 9,4 %. Prašné znečištění z dopravy vzniká zviřením prachu na silnicích a ze spalování nafty v dieselových motorech, protože nafta není tak dobře spalována a obsahuje více uhlíku. Nejzávažnější důsledky prachových částic je snížená imunity, mechanické dráždění dýchacích cest a následné zánětlivé reakce, kardiovaskulární choroby a zvýšení rizika nádorových onemocnění (CENIA, 2007 a CENIA, 2014).

Hlavní antropogenní zdroje suspendovaných částic PM₁₀ jsou doprava, elektrárny, spalovací zdroje, volně unikající emise do ovzduší z průmyslu, hornická činnost a stavební práce. Významné zdravotní potíže se mohou projevit již při velmi nízkých koncentracích. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení (Šimková a kol., 2008).

Jak uvádí Šuta, 1996, tak většina částic o velikost 5 – 10 μm se usazuje v dolních cestách dýchacích. Nicméně největší nebezpečí pro lidský organismus

představují různorodé nebezpečné látky, které se s těmito prachovými částicemi spojují (např. těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky).

Částice s průměrem v rozmezí od 2,5 do 10 μm tvoří tzv. hrubou frakci a vznikají mechanickou cestou z přírodních a antropogenních zdrojů otěrem, suspendací a resuspendací prachu z průmyslu, dopravy, také ze zemědělské činnosti, eroze přírodních materiálů a vulkanické činnosti. Jsou tvořeny i biologickými materiály jako jsou např. spory plísní a hub, pyl či části rostlinných a živočišných těl. Částice o průměru menší než 2,5 μm jsou označovány jako jemná frakce. Tyto částice se do ovzduší uvolňují z emisí spalovacích procesů (spalování benzínu, nafty a dalších fosilních paliv) a z průmyslových zdrojů, jako jsou koksárny, ocelárny, výroby cementu či spalovny (Krumlová a Pokorný, 2008).

Částice velké kolem 1-2 μm jsou z hlediska ukládání v plicích nejnebezpečnější, protože jsou z 90 a více procent zachycovány v plicích. Částice menší než 10 μm (aerosol) se dostanou za 24 hodin do respiračního systému hmotností téměř 0,01g, což odpovídá několika miliardám částic, většinou menších než 1 μm , které pronikají průdušinkami až do plicních sklípků. Naopak částice větší než 10 μm jsou zachyceny v horních cestách dýchacích (Klein a Bencko, 1996).

3.6.8 Těkavé organické sloučeniny (VOC)

Tyto sloučeniny tvoří významnou skupinu polutantů ovzduší, které se vyskytují v nižších vrstvách atmosféry všech velkých měst a průmyslových center. Jedná se o sloučeniny antropogenního původu, které poškozují stratosférický ozon. Podílí se na tvorbě fotochemického a přízemního smogu, který má dráždivé účinky na sliznice očí a dýchacích cest. Obecně mají VOC toxické a karcinogenní účinky. Dále snižují viditelnost, podílí se na vzniku aerosolů, zpomalují růst rostlin a vývin kořenového systému. Mezi přírodní zdroje těchto sloučenin patří emise z vegetace a z volně žijících živočichů, přírodní lesní požáry či anaerobní procesy v močálech a bažinách. Antropogenních zdrojů je značně více a patří mezi ně výfukové plyny z dopravních prostředků, používání rozpouštědel, skladování a distribuce benzínu, petrochemický a chemický průmysl, zemní plyn a jeho distribuce, spalování biogenních a fosilních paliv, skládka odpadů, potravinářský průmysl, zemědělství či materiály z vnitřního zařízení budov (Holoubek a Hovorka, 2009).

Kategorie VOC zahrnuje mnoho set různých sloučenin, jejichž definice a názvosloví se liší. Mezi VOC se řadí uhlovodíky - alkany, alkeny, aromáty a deriváty uhlovodíků – alkoholy, ethery, aldehydy, ketony, kyseliny, estery, aminy, heterocykly (Holoubek, 2008).

3.6.9 Perzistentní organické polutanty (POPs)

Jedná se o skupinu cizorodých látek, které se v přírodě běžně nevyskytují, řada z nich má toxické a genotoxické vlastnosti, jsou odolné vůči termickému, fotochemickému, chemickému a biologickému rozkladu a mají schopnost kumulovat se v abiotických a biotických složkách prostředí. Zejména organochlorové sloučeniny vedou k závažným následkům a jsou příčinou hynutí různých biologických druhů. Tyto sloučeniny se dostávají do prostředí při používání pesticidů a průmyslových chemikálií, spalovacími procesy, průmyslovou výrobou a likvidací odpadů, což může vést ke vstupu do potravního řetězce (Holoubek, 1996).

Rozsáhlá síť měření a data u modelů dálkového transportu ukazují, že POPs se v globálním měřítku vyskytují všude. Jsou transportovány na velmi vzdálená místa od původní produkce, a to ovzduším, řekami a oceánickými proudy. Přenos lze rozdělit na transport vzduchem prouděním z oblastí městských a průmyslových aglomerací a transport kontaminovaných sedimentů ze znečištěných oblastí. Rozsah koncentrací je závislý na meteorologických podmínkách (Holoubek, 2008).

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Pod polycyklické aromatické uhlovodíky jsou zařazeny stovky látek a nejvýznamnějšími zdroji jsou průmyslové podniky (chemičky, elektrárny, hutě, teplárny), ale také doprava a lokální topeniště. Co se týče dopravy, je třeba upozornit, že zplodiny dieselových motorů sice obsahují nižší koncentrace některých plynných emisí, ale vyšší koncentrace částic nesoucí koncentrát organických látek zahrnujících PAU (Šuta, 2008).

Benzen je obsažen v ropě a svým podílem 5 % byl součástí benzínu v Evropě, někdy i více než 10%. V ČR se nyní pohybuje kolem 1 %. Hlavními zdroji jsou emise z dopravních prostředků a vypařování během manipulace, distribuce a skladování paliv. Pro člověka je to látka nebezpečná, jelikož je karcinogenní. Způsobuje leukémii a rakovinu plic. Dále může způsobit poškození nervového

systemu, jater a imunity, zánět dýchacích cest a krváčení do plic (Adamec a kol., 2008).

Tyto karcinogenní látky jsou produkovány zejména nedokonalým spalováním tuhých paliv v nevyhovujících domácích topeništích (CENIA, 2007).

PAU se vstřebávají zejména v plicích a ve střevech. Stovky těchto látek patří mezi mutageny nebo karcinogeny. Nejznámější z nich je benzo-a-pyren (BaP), který je klasifikován jako karcinogenní a mutagenní (Šuta, 1996).

Polychlorované bifenyly (PCB)

Tyto látky jsou charakteristické chemickou a fyzikální stabilitou, dobře se rozpouštějí v organických rozpouštědlech a v tucích, což vede k jejich bioakumulaci. Kvůli jejich vlastnostem byly v minulosti široce využívány. Nicméně následkem toho došlo ke globální kontaminaci všech složek prostředí. PCB také vznikají jako nežádoucí vedlejší produkty v řadě průmyslových výrobních procesů (Holoubek, 2008).

Dioxiny

Polychlorované dioxiny vznikají při spalování, zejména odpadů s obsahem chloru a také jako meziprodukty při výrobě halogenovaných polycyklických uhlovodíků. Dioxiny se řadí mezi nejtoxičtější látky a v České republice se za nejvýznamnější zdroje považuje spalování odpadů, energetika, výroba kovů, lokální topeniště na tuhá paliva, doprava, spalování upotřebovaných olejů a zbytků krakování ropy (Šuta, 2008).

Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) vznikají jako nežádoucí vedlejší produkty při syntéze jiných sloučenin, dále při spalování polychlorovaných bifenyly (požáry nebo likvidace chemických odpadů) a při interakci s chlorfenolem během likvidace průmyslových odpadů. Polychlorované dibenzofurany (PCDF) jsou strukturou i původem podobné PCDD (Walker a kol., 2001).

3.6.10 Těžké kovy

Ačkoliv jsou kovy považovány za polutanty, je důležité si uvědomit, že jsou to také přírodní látky, které jsou součástí zemské kůry. V mnoha případech se kovy stávají kontaminanty kvůli antropogenní činnosti, zejména díky těžbě a tavení rud.

Přírodně se tyto látky do ovzduší uvolňují při vulkanické činnosti ze skal, ve kterých jsou uloženy (Walker a kol., 2001).

Těžké kovy pokrývají skupinu látek, jejichž vlastnosti, zdroje a účinky na životní prostředí a lidský organismus jsou posuzovány souběžně. Studie z oblasti ekotoxikologie označují pod těžkými kovy zejména měď, zinek, kadmium, rtuť, olovo, chrom, nikl, mangan a pod polokovy arsen a selen. K ohrožení životního prostředí těžkými kovy může dojít prostřednictvím komunálních a průmyslových odpadů a při likvidaci výrobků s obsahem kovů. Jejich nebezpečnost spočívá v jejich možné bioakumulaci. Jsou schopné zkoncentrovat se v některých buněčných strukturách, kam proniknou přes potravní řetězec, respirační nebo v některých případech pokožkou. Tyto kovy vznikají z antropogenních procesů, mezi které např. patří zpracování kovů a rud, spalování fosilních paliv, používání průmyslových hnojiv a pesticidů v zemědělství (Fara, 2008).

Olovo (Pb)

Tento kov se plícemi vstřebává rychle – játry se přemění na triethylolovo, které je ještě jedovatější. Olovo se ukládá v kostech, poškozuje tvorbu hemoglobinu, funkci žláz s vnitřní sekrecí a snižuje plodnost. U dětí je nejvíce ohrožen nervový systém. Při nižších koncentracích může dojít k poškození schopnosti učit se, chování, k poklesu IQ a ke zhoršení schopnosti číst (Šuta, 1996).

V České republice v roce 2001 došlo ke snížení emisí olova v sektoru dopravy díky zavedení bezolovnatého benzínu, kdy emise olova klesly pod 50 t/rok z původních 250 t/rok v 90. letech. Zdroj kontaminace je tedy doprava (v zemích, kde je povoleno užívání olovnatého benzínu), dále hutě, rafinérie, chemický průmysl, zemědělství či spalování fosilních paliv (Fara, 2008).

Arsen (As)

Arsen se vyskytuje v životním prostředí v ovzduší, v půdě a ve vodách. Sloučeniny arsenu jsou vysoce toxické a mají tendenci se kumulovat (v játrech a v ledvinách). Dále je charakteristická jejich akumulace ve vlasech, nehtech a v kůži. Rovněž zasahují nervový systém a mohou poškodit plod. Antropogenními zdroji jsou spalování fosilních paliv, zpracování rud, aditiva do skla, zemědělství (hnojiva, insekticidy), léčiva pro veterinární medicínu, ochranné prostředky na dřevo (Fara, 2008).

Kadmium (Cd)

Intoxikace způsobuje zvýšení krevního tlaku, poškození ledvin a reprodukčních orgánů. Kadmium má i karcinogenní účinky a může způsobit rakovinu plic. V půdě se kadmium vyskytuje díky hnojivům a některé plodiny mají schopnost ho akumulovat ve svých pletivech - např. sója, pšenice nebo některé druhy zeleniny (Fara, 2008).

Kadmium se v přírodní formě vyskytuje v zemské kůře v důsledku vulkanické činnosti, lesních požárů a zvětrávání hornin. Antropogenními zdroji jsou spalování fosilních paliv, doprovodný kov v zinkových a olovných rudách, zemědělství (hnojiva), elektrické baterie a články a tabákový kouř (Hassanien a Elshahawy, 2011).

Rtuť (Hg)

Toxické účinky rtuti závisí na její formě a době expozice. Páry rtuti se dostávají do lidského těla vdechnutím a jsou rychle absorbovány do krevního oběhu, kterým jsou transportovány k cílovým orgánům, především do mozku. Mírná expozice poškozuje centrální nervovou soustavu a silná expozice poškozuje plíce a vede ke smrti. U dětí může rtuť způsobit tzv. růžovou nemoc. V organické formě má rtuť toxické účinky na ledviny (Fara, 2008).

Přírodní zdroje rtuti zahrnují vulkanickou činnost, geotermální aktivitu, požáry a zvětrávání hornin. Antropogenní zdroji kontaminace jsou spalování fosilních paliv, zpracování rud z těžby zlata, zinku, olova a mědi, průmyslová výroba zpracovávající cement a jiné produkty, spalování odpadů, zemědělství (herbicide, fungicide), a elektrotechnický průmysl (Hassanien a Elshahawy, 2011).

Nikl (Ni)

Toxicita niklu na lidské tělo se projevuje působením některých anorganických sloučenin. Prach, který obsahuje nikl z některých výrobních procesů, může vyvolat rakovinu plic nebo rakovinu nosní a krční sliznice. Chronické otravy mohou poškodit srdeční sval, ledviny a centrální nervový systém. Vstup do organismu podporuje kouření. Nejčastějšími zdroji kontaminace prostředí je spalování fosilních paliv, zpracování rud, hutě, rafinerie, slitiny, kosmetické přípravky (šampony, laky na vlasy), tabákový kouř (Fara, 2008).

3.7 Dopady znečišťování

Vlivy na zdraví znečištěného ovzduší se projevují mnoha způsoby. Míra vlivu záleží na koncentraci látky, délce a způsobu expozice a na fyziologických parametrech. Mezi přímé účinky na zdraví lze zařadit depozice a absorpce látek v plicích. Nepřímo může být zdraví lidí ovlivněno depozicí znečišťujících látek v prostředí a jejich vstřebávání rostlinami a zvířaty, kdy tyto látky vstoupí do potravního řetězce nebo do pitné vody, skrze které následně dochází k expozici (Bartoňová, 2009).

Kyselá depozice, která je hlavně způsobena antropogenními emisemi SO_2 , NO_x a NH_3 poškozují již několik desítek let sladkovodní ekosystémy, lesy a půdy ve značné části Evropy. Dochází k defoliaci a snížení vitality stromů, poklesu rybích osádek, ke snížení diverzity dalších vodních organismů ve stojatých i tekoucích vodách a ke změně půdního chemismu. Účinky však nepostihují jen živou část přírody, ale poškozováno je i kulturní dědictví jako jsou například vápencové a mramorové budovy, památníky apod. (Hůnová, 2009).

Braníš, 2009 uvádí, že pro atmosféru nepřírozené příměsi mohou ovlivnit klimatické procesy, měnit její fyzikální vlastnosti (např. viditelnost, teplota, albedo), chemické vlastnosti (acidita) a biologické vlastnosti (potlačení nebo podpoření vývoje a růstu některých organismů).

Toxické látky obsažené v polétavém prachu kontaminují svými spady půdu a vodu, způsobují trvalé zhoršení půdní úrodnosti a některé mohou ve větších hloubkách kontaminovat spodní vody. V oblastech se silnějším vlivem polétavého prachu bylo zaznamenáno snížení globálního záření v důsledku větší pohltivosti slunečního záření znečištěnou zemskou atmosférou. Také kyselé srážky poškozují pletiva rostlinných orgánů, ovlivňují půdní vlastnosti – snižují její produkční vlastnost a samočisticí schopnost. Další úrovní dopadů škodlivých látek je vstup do potravinového řetězce (Ráček a Preiningerová, 1988).

Jeden z hlavních zdrojů látek znečišťujících ovzduší je odvětví energetiky (nejvíce se podílí na emisích oxidu siřičitého) a těžba energetických surovin. Důsledkem znečišťování ovzduší bylo prudké zhoršení zdravotního stavu lesů na konci 20. století. Lesní porosty začaly odumírat, docházelo k defoliaci apod. Mezi hlavní negativa získávání energetických surovin patří zábor půdy, prašnost, hlučnost,

nadměrné zatížení lokální silniční sítě nákladní dopravou a snížení hladiny podzemních vod a její kontaminace (CENIA, 2007).

3.8 Monitoring a registry znečišťování životního prostředí

Registry znečišťování životního prostředí poskytují evidenci a monitoring zdrojů znečišťování. Registry shromažďují a poskytují informace o zdrojích a zaznamenávají míru znečišťování z jednotlivých zdrojů. Cílem je posílit integrovaný přístup v ochraně životního prostředí, podporovat šetrnější nakládání s jednotlivými složkami životního prostředí a poskytovat informace veřejnosti. V registrech se sledují zejména látky s významnými vlivy na životní prostředí a lidské zdraví (Maier, 2012).

Kurfürst, 2008 uvádí, že k posuzování míry znečišťování ovzduší a jeho kvality je nutné měření emisí a imisí. Principy měření jsou podobné, nicméně hlavním rozdílem je absolutní hodnota měřených koncentracím, která je u imisí o tři a více řádů nižší než hodnota u emisí. Monitoring emisí znečišťujících látek ze zdrojů do ovzduší je měřítkem příčin a podílů na znečišťování ovzduší jednotlivými zdroji, zatímco monitoring imisí a měření depozice je podkladem pro posouzení účinků. Zpracování dat kvality ovzduší se dělí do tří etap: sumarizace dat, analýza dat a interpretace dat. V České republice jsou emisní a imisní data, depozice a další parametry ochrany ovzduší průběžně ukládány v Informačním systému kvality ovzduší (ISKO) ČHMÚ. Imisní data se shromažďují ze všech měřících sítí ČR. Emisní data jsou ukládána v Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO).

Evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek (European Pollutant Release and Transfer Register – „E-PRTR“) je zřízen Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 166/2006. Jedná se o veřejně přístupnou integrovanou databázi o znečišťujících látkách, jejich únicích a přenosech. Podle tohoto registru členské státy EU evidují emise znečišťujících látek do ovzduší, půdy a do vody u kterých byly překročeny ohlašovací prahy. E-PRTR sleduje emise 91 znečišťujících látek. Cílem registru je zlepšení přístupu veřejnosti k informacím o životním prostředí, což přispívá k prevenci a snížení znečištění, poskytování údajů subjektům podílející se na rozhodovacím procesu a zapojení veřejnosti do rozhodování o životním prostředí (Maršák, 2007).

Na základě usnesení vlády č. 369/1991 byl realizován Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Systém byl schválen v roce 1993 a Ústředí monitoringu je ve Státním zdravotním ústavu. Cílem je zabezpečení informací k vytváření koncepce státní zdravotní politiky a ochrany prostředí. Dále umožnění přístupu informací veřejnosti a vytvoření informací pro rozhodování státních orgánů v oblasti politiky veřejného zdraví a v rámci řízení a kontroly zdravotních rizik (Turek, 1993).

Systém monitorování zdravotního vztahu obyvatelstva je rozdělen do několika projektů následovně: zdravotní důsledky znečištěného ovzduší, zdravotní důsledky a rizika znečištěné pitné vody, zdravotní důsledky a rušivé účinky hluku, zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí, biomonitoring, zdravotní stav a vybrané ukazatele demografické a zdravotní statistiky, zdravotní rizika pracovních podmínek a jejich důsledky, zdravotní rizika kontaminace půdy městských aglomerací (SZÚ, 2014).

3.8.1 Integrovaný registr znečišťování životního prostředí (IRZ)

IRZ je veřejně přístupný informační systém, který je spravován Ministerstvem životního prostředí a provozován CENIA a Českou informační agenturou životního prostředí. Tento registr poskytuje informace o kvalitě ovzduší, vody, půdy a přenosech vybraných ohlašovaných látek, které do registru ohlašují znečišťovatelé životního prostředí (Maier, 2012).

3.8.2 Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO)

Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší jsou území v rámci zóny nebo aglomerace, ve kterém byl překročen imisní limit u jedné nebo více znečišťujících látek. Ministerstvo životního prostředí tyto oblasti vymezuje a provádí jejich změny jednou ročně a zveřejňuje je ve Věstníku Ministerstva životního prostředí (MŽP, 2014).

3.8.3 Informační systém kvality ovzduší (ISKO)

Imisní monitoring a hodnocení kvality ovzduší probíhá prostřednictvím sítě měřících stanic, jejichž provozem je pověřen Český hydrometeorologický ústav.

Výsledky jsou pak zaznamenány do imisní databáze ISKO, který provozuje rovněž ČHMÚ. Databázi doplňují i další organizace - Zdravotní ústavy, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, ČEZ, městské úřady a další (Maier, 2012).

Součástí měření znečištění ovzduší v České republice je Automatizovaný imisní monitoring (AIM), který zajišťuje ČHMÚ. Přes 100 automatizovaných měřících stanic předávají naměřené hodnoty do center ČHMÚ a dále jsou ukládány do informačního systému. Většina stanic měří koncentrace oxidu siřičitého, oxidu dusnatého, oxidu dusičitého a prašného aerosolu PM₁₀. Na vybraných stanicích jsou stanovovány koncentrace ozonu, oxidu uhelnatého a některých těkavých organických látek (Kurfürst, 2008).

3.8.4 Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO)

Od roku 1980 byl metodicky vedený a od roku 1993 je provozovaný Českým hydrometeorologickým ústavem. Slouží jako podklad pro národní emisní bilanci a eviduje zdroje znečišťujících látek, které jsou emitovány do ovzduší (Adamec a kol., 2008).

Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší je součástí výše uvedeného Informačního systému kvality ovzduší a rovněž ho spravuje ČHMÚ. Registr eviduje zdroje emisí, přičemž zdroje znečišťová rozděluje na stacionární (REZZO 1 až 3) a mobilní (REZZO 4). Stacionární zdroje jsou dále děleny podle velikosti a významu: REZZO 1 sleduje velké zdroje znečištění, REZZO 2 střední zdroje a REZZO 3 plošné znečišťování lokálními topeništi. Data o zdrojích emisí se získávají od provozovatelů a kontroly provádí Česká inspekce životního prostředí. ČHMÚ každý rok publikuje výslednou emisní bilanci, která zahrnuje všechny typy zdrojů a emise tuhých látek, oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a uhlovodíků (Maier, 2012).

Od roku 2013 platí v souvislosti se změnami kategorizace zdrojů podle přílohy č. 2, zákona o ochraně ovzduší nové členění REZZO. Do kategorie REZZO 1 a REZZO 2 patří stacionární zařízení ke spalování paliv o celkovém tepelném příkonu vyšším než 0,3 MW. Jedná se např. o spalovny odpadů a jiné zdroje (technologické spalovací procesy, průmyslové výroby, apod.). Do kategorie REZZO 3 patří stacionární zařízení ke spalování paliv o celkovém tepelném příkonu do 0,3

MW. REZZO 4 obsahuje silniční, železniční, lodní a letecká dopravu osob a přepravu nákladu, otěry brzd a pneumatik, abraze vozovky a odpary z palivových systémů benzinových vozidel, provoz nesilničních strojů a mechanismů, údržba zeleně a lesů, apod. (ČHMÚ, 2014).

3.9 Situace v Evropě

V Evropě v letech 1950 - 1980 několikanásobně vzrostly emise znečišťujících látek v důsledku rozvoje průmyslu. U emisí SO₂ ze spalovacích procesů došlo ke zvýšení z 20 na 59 milionů t/rok. Koncentrace síranů se ve vodních srážkách více než zdvojnásobila a pH srážek ve střední severozápadní Evropě pokleslo. V 70. a 80. letech došlo k rozsáhlé výstavbě monitorovacích systémů kvality ovzduší. Monitoringem bylo zjištěno, že na začátku dvacátého století byla koncentrace přízemního ozonu v Evropě až třikrát nižší než v současnosti (Fiala a Závodský, 2008).

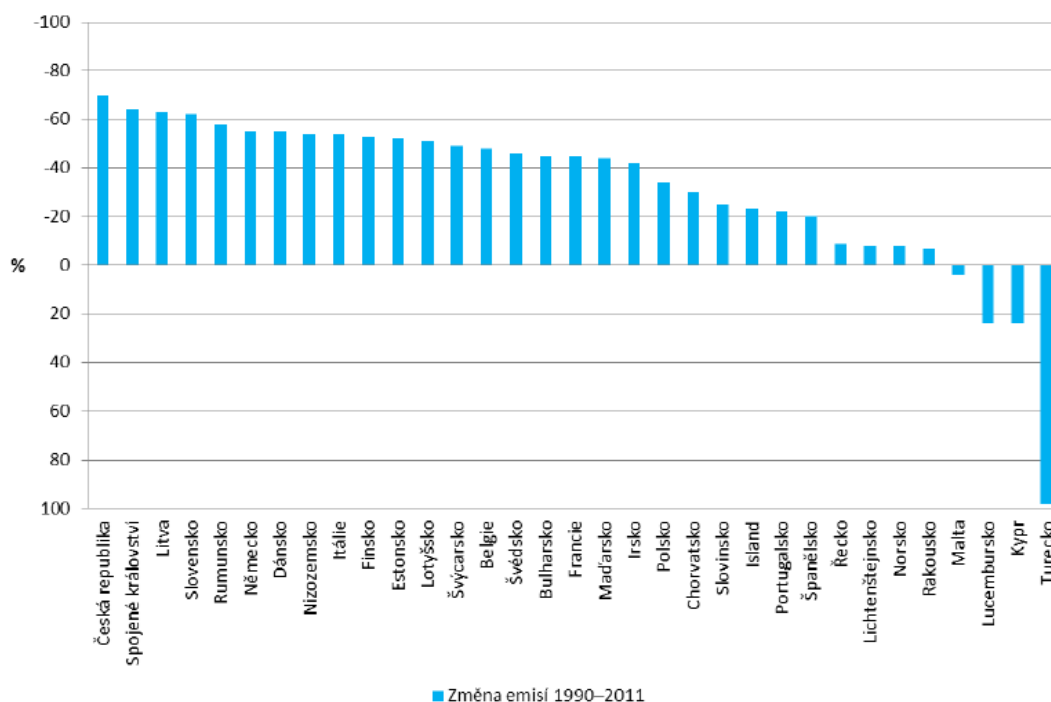
Během padesátiletého období mezi lety 1960 – 2010 se emise oxidu siřičitého a oxidů dusíku zvýšily na historická maxima. Emisní kontrolní opatření začala být zaváděna koncem 80. let, kdy také poprvé začalo působit mezinárodní politické úsilí. Například Protokol o snižování emisí síry přecházející hranice států nejméně o 30 % byl přijat v roce 1985 a Protokol o snižování emisí oxidů dusíku v roce 1988 (Rafaj a kol., 2014b).

Emise antropogenního původu jsou určeny mnoha faktory, jako jsou demografické změny, hospodářský rozvoj, ceny pohonných hmot, energie, doprava, klimatická a zemědělská politika či uplatnění opatření kontroly emisí. V současné době lze říct, že změny koncentrace emisí v Evropě jsou dány faktory, které jsou předmětem řady norem a předpisů o kvalitě ovzduší. (Rafaj a kol., 2014a).

Od roku 1990 došlo k významnému poklesu emisí okyselujících látek hlavně ve střední a východní Evropě kvůli ekonomické restrukturalizaci. Jiné důvody vedly ke snížení těchto látek v západní Evropě, a to zejména změny ve využití paliv, odstředění a denitrifikace spalin a zavedení třicestných katalyzátorů u aut. Hlavními zdroji emisí síry v Evropě je energetika, emisí NO_x doprava a emisí NH₃ zemědělství (Hůnová, 2009).

V letech 1990 – 2011 došlo ve většině členských státech EEA k výraznému snížení emisí okyselujících látek (NO_x, SO₂ a NH₃). Nejvýraznější pokles byl

zaznamenán u emisí SO₂, které se snížily o 73,5 %, emise NO_x o 44 % a emise NH₃ se snížily o 24,8 %. V České republice došlo vůbec k nejvýraznějšímu poklesu emisí oxidů dusíku, a to o 70 % (viz obr. č. 2) a celkově se řadí mezi státy s největším poklesem emisí znečišťujících látek (CENIA, 2014).



Obr. č. 2 – Změna emisí NO_x mezi lety 1990 – 2011 v Evropě (CENIA, 2014 – Zdroj dat: EEA).

Obecně lze říct, že v letech 2002 – 2011 se emise znečišťujících látek snížily. Značného pokroku bylo dosaženo při řešení emisí látek, jako je oxid siřičitý, oxid uhelnatý, olovo a benzen. Na druhé straně, silniční doprava, průmysl, elektrárny, domácnosti a zemědělství jsou stále zdrojem významného množství znečišťujících látek. Spalování biomasy a tuhých paliv v domácnostech je stále důležitým zdrojem částic PM a polycyklických aromatických uhlovodíků. Nejvýznamnější emisemi v celé Evropě jsou O₃ a PM. Ozon způsobuje značné škody na vegetaci a výnosech plodin a částice PM vedou ke zvýšené nemocnosti a předčasné úmrtnosti (Guerreiro, 2014).

V Evropě je zejména překračován roční imisní limit PM₁₀ pro ochranu lidského zdraví a v roce 2011 se nadlimitní hodnoty týkaly Řecka, Polska, Itálie, Rumunska, Bulharska, České republiky, Španělska a Francie (CENIA, 2015).

Mezi problémy, kterým Evropa čelí, jsou problémy v oblasti životního prostředí, které přesahují hranice států a zahrnují znečišťování ovzduší a klimatické změny. Změna klimatu může ovlivnit dopady emisí znečišťujících látek na životní prostředí, protože pravděpodobně mění evropské modely počasí, a to ovlivňuje rozložení polutantů v celé Evropě. Například emise oxidu siřičitého mají ochlazující efekt, a proto mohou zmírnit změnu klimatu způsobenou emisemi skleníkových plynů. Příčiny emisí skleníkových plynů a látek znečišťujících ovzduší jsou propojeny s evropským hospodářstvím. Změny v množství a druzích paliv, které jsou spotřebovány, budou mít totiž vliv na míru emisí látek znečišťujících ovzduší a skleníkových plynů. Politika vedoucí ke snížení emisí polutantů, jako je přechod z uhlí s vysokým obsahem síry k zemnímu plynu s nízkým obsahem síry, také snižuje emise některých skleníkových plynů (Mayerhofer a kol., 2002).

V Evropě se ukázalo, že 20 % snížení emisí oxidu siřičitého a oxidů dusíku pochází ze strukturálních změn v energetickém sektoru. Tyto změny se týkají zejména změny skladby pohonných hmot, úspory elektřiny vedoucí ke snížení úrovně výroby a efektivity zdokonalování v rámci energetického sektoru. Strukturální změny v zemědělství dokonce měly za následek snížení emisí amoniaku o dvě třetiny. Snížení emisí $PM_{2,5}$ a amoniaku je však nižší (přibližně 2 % a 3 %). Snížení emisí $PM_{2,5}$ je výsledkem změn při výrobě elektrické energie (Bollen a Brink, 2014).

Za posledních 50 let se znečišťování ovzduší v industrializovaných zemích drasticky změnilo. Nicméně navzdory soustředění lidské populace v industrializovaných zemích se městské prostředí zlepšilo. Také regionální znečišťování je částečně pod kontrolou. Stále však přetrvávají problémy způsobené industrializací týkající se hlavně oxidů dusíku, VOC a fotochemických oxidantů, které jsou spojeny s rostoucí dopravou. Zemědělství je rovněž důležitým zdrojem znečišťování ovzduší, především kvůli amoniaku z chovu prasat a organickému hnojení (Fenger, 2009).

4. Metodika

4.1 Emise ze stacionárních zdrojů ve vybraných městech

Na základě žádosti podané na oddělení emisí a zdrojů ČHMÚ byla poskytnuta data z Registru emisí zdrojů znečišťování ovzduší ze zvláště velkých a velkých zdrojů znečišťování, ze středních zdrojů a z lokálních topenišť ve vybraných městech Středočeského kraje (REZZO 1 - 3) z období 2009 - 2013. Data z REZZO 4 nemohla být poskytnuta z důvodu složitosti výpočtu a zvýšených nákladů.

Z těchto dat bylo vypočítáno celkové množství emisí hlavních kontaminantů z jednotlivých zdrojů znečišťování a uvedeni největší znečišťovatelé v daném městě. Výsledné množství emisí ze zdrojů bylo použito pro určení trendů imisí těchto látek ve městech, kde měření konkrétních imisí probíhá. Výpočet emisí PM_{10} a $PM_{2,5}$ byl pro jednotlivé zdroje proveden panem Ing. Miloslavem Modlíkem z ČHMÚ. Dále bylo provedeno meziroční porovnání mezi danými městy.

4.2 Vyhodnocení imisní situace

Na základě žádosti podané na oddělení ochrany ovzduší ČHMÚ byly poskytnuty roční a měsíční průměry koncentrací hlavních znečišťujících látek z Informačního systému kvality ovzduší ze všech okresů Středočeského kraje z let 2009 – 2013. U některých koncentrací znečišťujících látek a v některých městech nebyl možný výpočet ročních průměrů ve všech vyžádaných letech z důvodu nedostatku měření. Proto byla tato města podle chybějících ročních průměrů konkrétních znečišťujících látek vyřazena. Pro porovnání imisní situace mezi jednotlivými městy byla tedy vyhodnocována data z měst, u kterých byl vypočítán roční průměr za celé souvislé období. Porovnání ročních koncentrací imisí hlavních kontaminantů ve vybraných městech byla zpracována do grafů v MS Excel. Koncentrace imisí těžkých kovů z měst Kolín a Příbram byly pro porovnání s Kladnem doplněna z tabelárních ročenek ČHMÚ. Oxid siřičitý byl automatizovanými stanicemi měřen jen do konce roku 2012 kromě stanice v Kladně – Švermově.

Vzhledem k pravděpodobnosti, že mezi množstvím emisí ze zdrojů znečišťování a imisními hodnotami existuje určitá závislost, byl tento vztah analyzován prostřednictvím lineární regrese. Pomocí funkce CORREL v MS Excel

byl u jednotlivých měst vypočítán korelační koeficient, který určuje lineární vztah mezi množstvím vyprodukovaných emisí za konkrétní rok a ročním průměrem emisí. Kladná hodnota značí přímou závislost a záporná nepřímou závislost. V případě kladné hodnoty tohoto koeficientu byly trendy emisí hlavních kontaminantů ve vztahu k vyprodukovaným emisím ze stacionárních zdrojů znečišťování za pětileté období vyobrazeny pomocí MS Excel prostřednictvím lineární regrese rovnicí:

$$y = ax + b,$$

kde „y“ značí koncentrace emisí (závislá proměnná) a „x“ množství emitovaných emisí ze všech stacionárních zdrojů (nezávislá proměnná). Z tohoto vztahu je možné predikovat hodnoty závisle proměnné z hodnot nezávisle proměnné. Hodnota spolehlivosti R^2 uvádí přesnost predikce hodnot z regresní rovnice. Z rovnice byly určeny koeficienty „a“ a „b“. Tyto koeficienty určují vlastnosti dané přímky. Koeficient „a“ určuje úhel, který svírá přímka s osou x a koeficient „b“ určuje průsečík přímky s osou y (VFU, 2015).

Dále bylo vyhodnoceno překročení imisních limitů kontaminantů, jejichž imisní průměrování je za kalendářní rok. Imisní limity byly zjištěny do roku 2011 z přehledu imisních limitů dle nařízení vlády č. 597/2006 Sb. a od roku 2012 podle zákona č. 201/2012 Sb. Přehled imisních limitů pro ochranu zdraví jsou uvedeny v příloze č. 14. Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví bylo uvedeno u kontaminantů v rámci jednotlivých měřicích stanic, kde byly překročeny.

Měsíční průměry hlavních kontaminantů byly pro přehlednost grafů porovnány pro roky 2009 a 2013 (v případě oxidu siřičitého byl uveden rok 2012) v rámci vybraných měst. Měsíční průměry těžkých kovů a oxidu uhelnatého byly předány jen v rámci měst Kladna a Berouna, a proto byly vytvořeny grafy za celé pětileté období. Data byla zpracována do grafů v MS Excel. U některých měsíců nejsou uvedeny hodnoty, protože daná stanice koncentrace emisí neměřila, nebo neproběhl dostatečný počet měření pro výpočet průměru.

4.3 Mapové zpracování

Z webových stránek ČHMÚ byly staženy vrstvy GIS, které znázorňují Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší v letech 2009 – 2013 v souřadnicovém systému JTSK. Mapy se zhoršenou kvalitou ovzduší jsou konstruovány v síti 1x1 km, ve formátu shapefile (.shp ESRI). V SW ArcGIS 10.3 byly mapy překročení imisních limitů pro

zdraví zobrazeny pomocí atributu „ZdrLV“ a „BaP“ – benzo(a)pyren“ na podklad vrstev ORP z ArcČR 500 od ARCDATA PRAHA.

4.4 Zájmové území

Středočeský kraj je největší kraj České republiky. Jeho rozloha (11 015 km²) zabírá téměř 14 % území ČR a obklopuje hlavní město Prahu. Územně náleží k Českému masivu a jeho reliéf je poměrně málo členitý. Severní a východní část je rovinatá, na jižní a jihozápadní převládají vrchoviny. Na území Středočeského kraje jsou přírodně významné oblasti: CHKO Křivoklátsko, CHKO Kokořínsko, CHKO Český kras, CHKO Český ráj a CHKO Blaník. Nejvyšším bodem území je vrchol brdských hřebenů Tok (865 m n. m.) v okrese Příbram, nejnižším bodem je řečiště Labe (153 m n. m.) v okrese Mělník (ČSÚ, 2015a).



Obr. č. 3 – Geografická mapa Středočeského kraje (ČSÚ, 2015)

Území kraje je rozděleno na 12 okresů. Největším okresem je svou rozlohou okres Příbram (15 % rozlohy kraje), nejmenším je okres Praha-západ (5 % rozlohy kraje). Nejvíce obcí se nachází v okrese Příbram (121 obcí) a nejméně obcí má okres Mělník (69 obcí). 52 % obyvatel kraje z celkového počtu žije ve městech. Mezi pět

největších měst kraje patří Kladno, Mladá Boleslav, Příbram, Kolín a Kutná Hora. Krajský úřad sídlí v hlavním městě Praze (ČSÚ, 2015a).

Dle statistické ročenky Středočeského kraje 2014 měl kraj na konci roku 2013 1 302 336 obyvatel a byl tak nejlidnatějším regionem České republiky. Nejvíce lidnatým okresem byl okres Kladno, dále okres Praha-východ, Praha-západ, Mladá Boleslav, Příbram a Mělník. Populačně nejmenším je okres Rakovník (ČSÚ, 2015a).

Středočeský kraj je charakteristický svým napojením na Prahu v mnoha oblastech. Kraj je pro Prahu významným zdrojem pracovních sil apod. Kromě Prahy se Středočeský kraj vyznačuje nejhustší a nejpřetíženější dopravní sítí v republice. Do hlavního města vedou přes území kraje radiálně uspořádané hlavní železniční i silniční tranzitní sítě. Své zastoupení má v kraji rovněž vodní doprava (ČSÚ, 2015a).

Ve Středočeském kraji je rozvinutá zemědělská a průmyslová výroba. Zemědělská výroba těží z příznivých přírodních podmínek v severovýchodní části kraje. V kraji se daří zejména rostlinné výrobě - pěstování pšenice, ječmene, cukrovky, v příměstských oblastech pěstování ovoce, zeleniny a květin. Zemědělská půda zaujímá přibližně 61 % celé rozlohy Středočeského kraje a polovina území kraje je využívána jako orná půda. Nejvýznamnějšími odvětvími v průmyslové výrobě je automobilový průmysl, strojírenství, chemie a potravinářství. Několika podniky je zastoupeno i sklářství, keramika a polygrafie. Ústup zaznamenala těžba uhlí, ocelářství a kožedělný průmysl (ČSÚ, 2015a).

Integrovaný program ke zlepšení kvality ovzduší Středočeského kraje byl vydán nařízením Středočeského kraje č. 19/2012. Tento program je uveden ve Věstníku právních předpisů Středočeského kraje, 2012. Krajský úřad zpracovává program pro znečišťující látky, u kterých došlo v předchozím kalendářním roce k překročení imisního limitu.

Kladno

V Kladně se automatizované stanice nachází na dvou místech, a to ve středu města a v okrajové části Švermov. Ve středu města se měří imise oxidů dusíku, polétavého prachu PM₁₀ a PM_{2,5}, přízemního ozonu a do roku 2012 se zde měřily imise benzenu. Měřicí stanice je umístěna v panelové zástavbě v nadmořské výšce 303 m u parkoviště, přibližně 50 m od komunikace se slabým provozem. Ve Švermově se kromě výše uvedených imisí měří imise těžkých kovů (olovo,

kadmium, nikl a arsen) pomocí programu Měření těžkých kovů v PM₁₀, oxid siřičitý a benzo(a)pyren. Měřicí stanice se nachází na náměstí poblíž nízkopodlažní bytové zástavby s četnými lokálními topeništi v nadmořské výšce 219 m. Hlavní komunikace je vzdálena asi 80 m. (databáze ISKO a ČHMÚ, 2015).

Počet obyvatel města je 66 738 a jeho výměra je 3 696 ha. Dlouhodobým problémem v Kladně zůstávají staré ekologické zátěže, zejména v areálu bývalých hutí Poldi Kladno. Zátěže výrazně omezují využití této staré Průmyslové zóny Kladno-východ a i z těchto příčin vznikla nová Průmyslová zóna Kladno-jih. V roce 1990 bylo Kladensko zařazeno mezi oblasti nejvíce postižené znečištěním ovzduší v ČR. Do první poloviny 90. let byly v Kladně největšími producenty znečišťování ovzduší podniky s vysokou energetickou náročností: Poldi Kladno, Energetické centrum Kladno, ČMD Kladno a další. Ve druhé polovině 90. let se situace začala zlepšovat, jelikož došlo na Kladensku k výraznému útlumu průmyslových činností, které nejvíce zatěžovaly ovzduší. Kvalitu ovzduší pozitivně ovlivňuje i fakt, že většina kladenských sídlišť je dálkově vytápěna. Město převedlo na vytápění ušlechtilými palivy většinu jím vlastněných objektů a finančně podporuje k ovzduší šetrné způsoby vytápění rodinných domů. I přes to však zůstává ovzduší města velmi znečištěno prachovými částicemi (PM₁₀). Hlavními zdroji znečišťování ovzduší je automobilová doprava, ale i vytápění rodinných domů pevnými palivy. Nástroj pro zlepšování kvality ovzduší ve městě je Územní program snižování emisí a imisí pro Statutární město Kladno a obce Vinařice, Třebechovice a Libušín (Město Kladno, 2015).

Mladá Boleslav

Statutární město Mladá Boleslav eviduje ke konci roku 2014 38 507 obyvatel a jeho katastrální výměra je 2487 ha. Město je dopravní křižovatkou železnic a silnic, což se samozřejmě odráží v kvalitě ovzduší. Ekonomickou situaci zásadně ovlivňuje podnik celostátního významu Škoda Auto a.s. Zejména kvůli dopravní a průmyslové zátěži má mimo jiné město problémy se smogem (Město Mladá Boleslav a ČSÚ, 2015b).

Dle tabelárních ročenek ČHMÚ se ve městě měří koncentrace přízemního ozonu od roku 2003. Hodnoty překročení imisního limitu pro O₃ byly nejvyšší v letech 2003 -2006, pak postupně poklesly. Dalším problémem je v Mladé Boleslavi polétavý prach PM₁₀, díky nimž patřilo město do Oblasti se zhoršenou kvalitou

ovzduší. Pro stanovení kvality ovzduší se v současnosti ve městě měří zejména imise oxidů dusíku, polétavého prachu PM_{10} a přízemního ozonu. Do konce roku 2012 se měřil i oxid uhelnatý a oxid siřičitý. Měřicí stanice je umístěna ve sportovním areálu poblíž sídliště v nadmořské výšce 224 m. (databáze ISKO a ČHMÚ, 2015).

Beroun

Město Beroun leží na dálnici D5 vedoucí do Německa. Město tak spojuje dopravu z Prahy do Plzně a dalších okolních měst. V roce 2013 žilo v Berouně necelých 18 919 obyvatel a jeho katastrální výměra je 3 125 ha (Město Beroun, 2015 a ČSÚ, 2015b).

V současnosti se ve městě měří imise oxidů dusíku, polétavého prachu PM_{10} a $PM_{2,5}$, a oxidu uhelnatého. Do konce roku 2012 se měřily imise oxidu siřičitého. Stanice je umístěna v bytové zástavbě automobilové silnice v nadmořské výšce 216 m. (databáze ISKO a ČHMÚ, 2015).

Příbram

Katastrální výměra města Příbram je 3 345 ha a počet obyvatel 33 553 (ČSÚ, 2015b).

V Příbrami se v současné době měří imise oxidů dusíku a polétavého prachu PM_{10} . Podle tabelárních ročenek ČHMÚ se do roku 2012 se měřily také imise těžkých kovů (olovo, kadmium, nikl a arsen) pomocí programu Měření těžkých kovů v PM_{10} . Měřicí stanice AIM je umístěna v lokalitě Ryneček v nadmořské výšce 485 m mezi bloky zástavby sídlištního typu (databáze ISKO a ČHMÚ, 2015).

Brandýs nad Labem

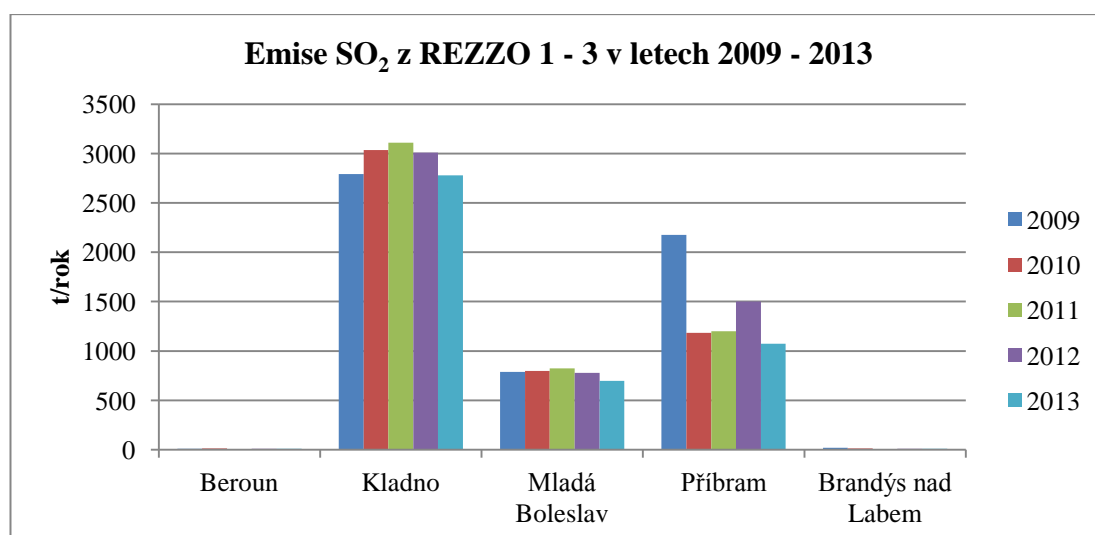
Katastrální výměra města je 2 265 ha a počet obyvatel 17 503 (ČSÚ, 2015b). Aktuálně se v Brandýse nad Labem měří imise polétavého prachu PM_{10} a benzo(a)pyren. Do roku 2010 probíhala měření imisí oxidu siřičitého a do roku 2012 měření imisí oxidu dusičitého. Měřicí stanice se nachází ve vilové čtvrti na zahradě rodinného domu v nadmořské výšce 179 m (databáze ISKO a ČHMÚ, 2015).

5. Výsledky

5.1 Emise z REZZO 1 - 3

Emise oxidu siřičitého

Nejvíce emisí oxidu siřičitého bylo ve všech pěti letech vyprodukováno v Kladně a maxima bylo dosaženo v roce 2011. Od roku 2011 došlo ke snížení emisí SO₂ a v roce 2013 bylo množství emisí ze stacionárních zdrojů znečišťování nižší než na počátku sledovaného období (viz obr. č. 4). Největší podíl na emisích mají v Kladně zvláště velké a velké stacionární zdroje, a to přibližně z 98 % (viz Příloha č. 1). Většina emisí byla vyprodukována společností Alpiq Generation (CZ) s.r.o. - Elektrárna Kladno.



Obr. č. 4. – Emise SO₂ z REZZO 1 - 3 v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Co se týče podílu zvláště velkých a velkých stacionárních zdrojů, tak je situace v Příbrami obdobná. Kromě roku 2009 bylo v Příbrami vyprodukováno výrazně méně emisí než v Kladně (o více než polovinu) a za poslední sledovaný rok emise klesly na nejnižší hodnotu. Nejvýznamnějšími zdroji emisí za celé období byly Výroba a prodej tepla Příbram a.s. – CZT, ECOINVEST PŘÍBRAM, s.r.o. - provozovna lom Bytíz a Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.

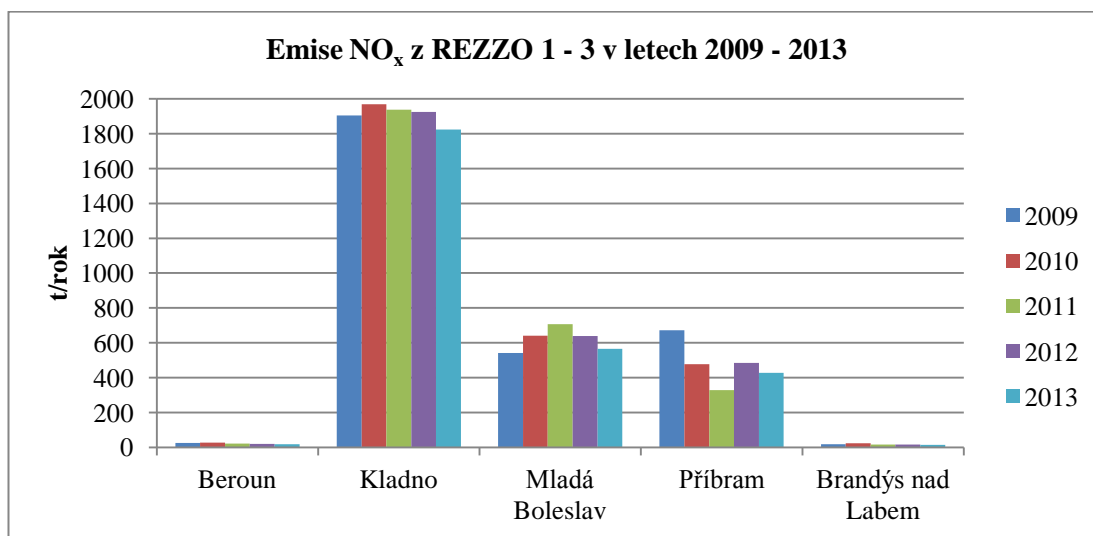
Situace v Mladé Boleslavi kopíruje podobný trend emisí jako v Kladně. V roce 2011 bylo dosaženo nejvyšší hodnoty a od následujícího roku se postupně emise oxidu siřičitého snižovaly a rovněž podíl zvláště velkých a velkých zdrojů na emisích

se pohybuje kolem (98 %). Nejvýznamnějším zdrojem byla ŠKO-ENERGO s.r.o. – Teplárna.

Množství emisí v Berouně se za sledované období pohybovalo mezi 7 – 11 t/rok a došlo i k meziročnímu snížení. Většina emisí SO₂ (viz Příloha č. 2) byla vyprodukována malými zdroji znečištění, a to podílem 99%. Také v Brandýse nad Labem bylo oproti prvním třem zmíněným městům vyprodukováno výrazně méně emisí SO₂. Kromě roku 2009, kdy měly střední stacionární zdroje nadpoloviční podíl na emisích, jsou nejvýznamnějšími zdroji lokální topeniště.

Emise oxidů dusíku

Emisí oxidů dusíku bylo nejvíce vyprodukováno v Kladně a od roku 2011 se postupně snižovaly, přičemž v roce 2013 bylo množství emisí nejnižší za celé pětileté období (viz obr. č. 5). Nejvyšší podíl na emisích měly velké zdroje znečišťování – kolem 98 % (viz příloha č. 3). Nejvýznamnějšími velkými zdroji jsou Alpiq Generation (CZ) s.r.o. - Elektrárna Kladno, POLDI Hütte s.r.o.



Obr. č. 5. – Emise NO_x z REZZO 1 - 3 v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

V Mladé Boleslavi bylo emitováno výrazně nižší množství emisí oxidů dusíku. Do roku 2011 se jejich množství zvyšovalo a od následujícího roku se postupně produkce emisí snížila. Také v Mladé Boleslavi mají velké stacionární zdroje nejvyšší podíl a nejvýznamnějšími zdroji jsou ŠKO-ENERGO s.r.o. – Teplárna a ŠKODA AUTO a.s. - závod Mladá Boleslav.

Do roku 2011 se množství emisí oxidů dusíků v Příbrami výrazně snížilo, následující rok se jejich množství sice zvýšilo, nicméně v roce 2013 opět poklesly. Nejvýznamnějšími zdroji jsou opět zdroje velké, a to zejména Výroba a prodej tepla Příbram a.s. – CZT a Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.

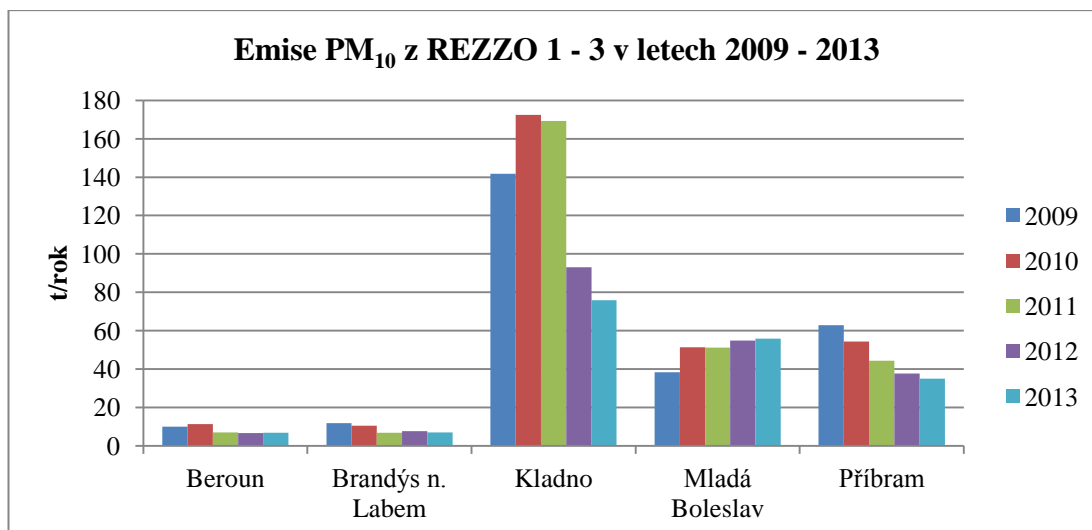
Také v Berouně a Brandýse nad Labem mají emise oxidů dusíku klesající tendenci. V Berouně mají přibližně poloviční podíl na emisích velké zdroje, následují malé zdroje znečišťování, jejichž podíl na emisích se od roku 2011 zvýšil (viz příloha č. 4). Nejvýznamnějším zdrojem byla společnost KA Contracting ČR s.r.o. a Výtopna Beroun Centrum (od roku 2013 RWE Energo, s.r.o.). V Brandýse nad Labem měly na emisích oxidů dusíku v letech 2009 a 2010 téměř shodný podíl (cca 44 %) malé a střední zdroje znečišťování, nicméně od roku 2011 je evidován nadpoloviční podíl malých zdrojů. Ze středních zdrojů nejvíce emitovala emise NO_x společnost UNITED BAKERIES a.s. - provozovna Brandýs nad Labem.

Emise polétavého prachu

Za celé sledované období bylo nejvíce emisí PM₁₀ emitováno v Kladně, a od roku 2011 došlo k postupnému snížení emisí (viz obr. č. 6). Množství emisí polétavého prachu bylo v roce 2013 přibližně o polovinu nižší než v roce 2009. Na emisích PM₁₀ se v Kladně podílí především velké zdroje znečišťování, a to zejména Alpiq Generation (CZ) s.r.o. - Elektrárna Kladno.

V Příbrami došlo za pětileté období každým rokem k poklesu emisí PM₁₀. Do roku 2011 se na těchto emisích podílely nejvíce velké zdroje a od následujícího roku malé zdroje znečišťování (viz přílohy č. 5 a 6). Výroba a prodej tepla Příbram a.s. – CZT se podílela na emisích polétavého prachu v Příbrami nejvíce.

Zatímco ve všech vybraných městech došlo v průběhu pěti let ke snížení emisí polétavého prachu PM₁₀, v Mladé Boleslavi došlo k opačnému trendu. Rozdíl mezi rokem 2009 a 2013 činí přibližně 17 t/rok. ŠKODA AUTO a.s. - závod Mladá Boleslav a ŠKO-ENERGO s.r.o. – Teplárna jsou nejvýznamnějšími velkými zdroji, přičemž ŠKO-ENERGO s.r.o. emitovalo každým rokem více emisí polétavého prachu, kromě roku 2012 a 2013, kdy bylo množství emisí z tohoto podniku přibližně stejné.



Obr. č. 6 - Emise PM₁₀ z REZZO 1 - 3 v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

I v Berouně a Brandýse nad Labem je vidět trend snižování emisí polévatého prachu PM₁₀, ačkoliv jejich množství nedosahuje takových hodnot jako v ostatních městech. V obou městech se na těchto emisích podílí hlavně malé zdroje znečišťování (viz příloha č. 6)

Emise prachových částic PM_{2,5} ve všech městech kopírují trend emisí PM₁₀ (viz příloha č. 7), a to i podílem malých a velkých zdrojů znečišťování.

Emise těžkých kovů

Emise těžkých kovů jsou do ovzduší emitovány především velkými zdroji znečišťování. V Kladně je to Alpiq Generation (CZ) s.r.o. - Elektrárna Kladno, v Mladé Boleslavi ŠKODA AUTO a.s. - závod Mladá Boleslav, v Příbrami Výroba a prodej tepla Příbram a.s. – CZT a v Kolíně Dalkia Kolín, a.s. - Elektrárna Kolín.

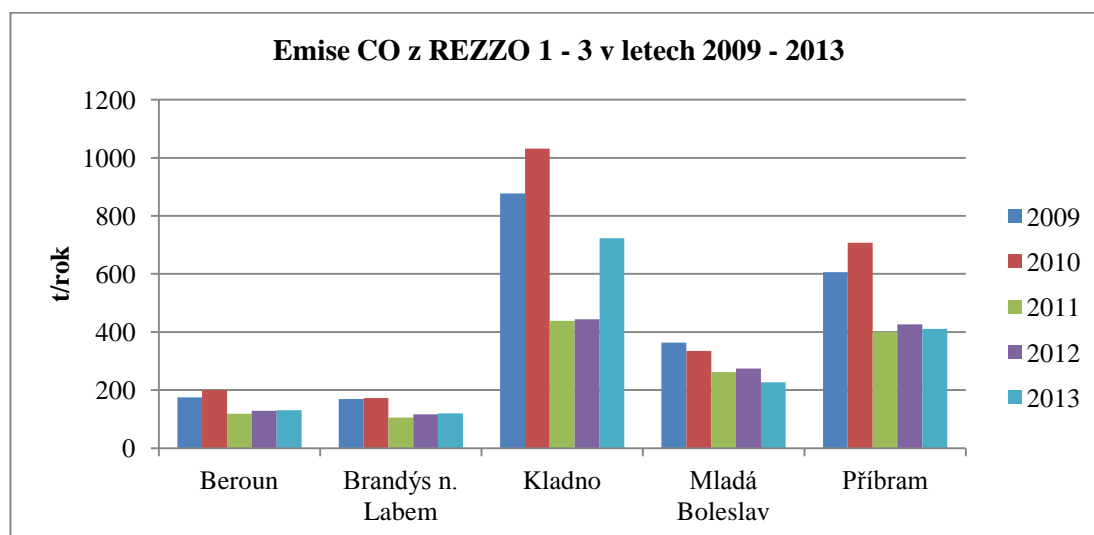
Emise oxidu uhelnatého

Ve všech vybraných městech bylo nejvíce emisí oxidu uhelnatého emitováno v letech 2009 a 2010 a od roku 2011 byl zaznamenán výrazný pokles.

V Kladně se množství emisí CO za rok 2013 opět zvýšilo (viz obr. č. 7). Nárůst byl způsoben především společností POLDI s.r.o., která za rok 2013 emitovala nejvyšší množství emisí oxidu uhelnatého. Druhým největším zdrojem byla Alpiq Generation (CZ) s.r.o. - Elektrárna Kladno.

Ačkoliv se emisní zátěž CO ve všech městech od roku 2009 zlepšila, od roku 2011 došlo v Berouně, Brandýse nad L. a Příbrami k drobnému meziročnímu nárůstu. Kromě Mladé Boleslavi a měly největší podíl na emisích oxidu uhelnatého

lokální topeniště. V Berouně a Brandýse nad L. se podíl pohyboval přibližně kolem 98 %. V Kladně se od roku 2009 podíl lokálních topenišť snížil z 90 % na 49,1 % a v Mladé Boleslavi se podíl pohyboval většinou pod 50 %. Nejvýznamnějším zdrojem byl ŠKODA AUTO a.s. - závod Mladá Boleslav. V Příbrami je zaznamenán opačný vývoj podílu lokálních topenišť. Od roku 2009, kdy byl jejich podíl 64 %, se zvýšil na téměř 85 %.



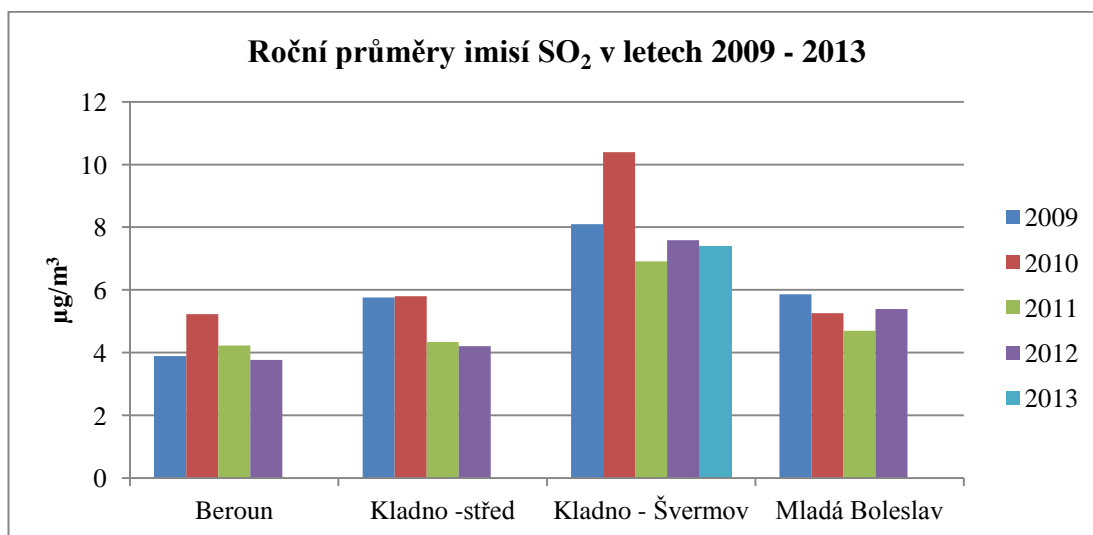
Obr. č. 7 - Emise CO z REZZO 1 - 3 v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Jak už bylo výše zmíněno, v Berouně a v Brandýse nad Labem mají na emisích největší podíl lokální topeniště. Trend snižování emisí souvisí se počtem bytů, které jsou vytápěny tuhými palivy. V obou městech bylo zaznamenáno snížení počtu bytů, které byly vytápěny uhlím a dřevem. V Berouně v roce 2009 využívalo uhlí k vytápění 298 bytů a od roku 2011 zůstal počet těchto bytů na 157. V případě dřeva je evidován ještě větší rozdíl. V roce 2009 byl počet bytů vytápěných dřevem 735, od roku 2011 klesl na 256 a do roku 2013 se nezměnil. Došlo tak k poklesu o 65 %. Stejný trend byl zaznamenán také v Brandýse n. L. Počet takto vytápěných bytů je vzhledem k velikosti města nižší, nicméně v případě bytů vytápěných uhlím došlo k poklesu o 43 % a v případě dřeva o 43 %. Grafické znázornění je v přílohách 8 a 9.

5.2 Vyhodnocení trendů vybraných kontaminantů

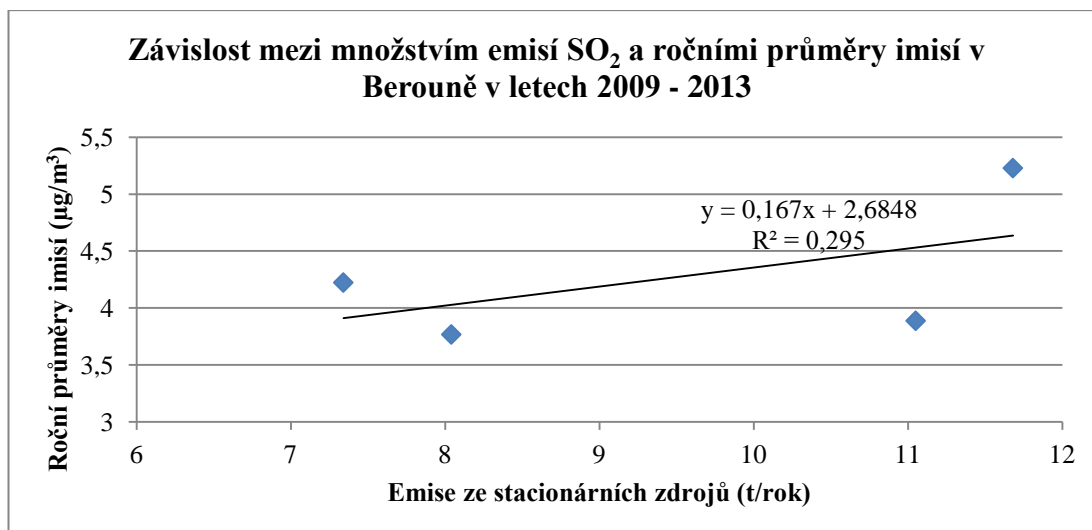
Oxid siřičitý

Nejvyšší koncentrace imisí oxidu siřičitého byly za sledované období zaznamenány na stanici Kladno – Švermov (viz obr. č. 8). Od roku 2011 se však situace zlepšila a koncentrace imisí SO₂ se pohybovaly na nižší úrovni. Na druhé stanici (Kladno – střed) byly naměřeny výrazně nižší hodnoty, což je dáno zejména rozdílným umístěním a v letech 2011 a 2012 se koncentrace imisí snižovaly. V Berouně se koncentrace imisí oxidu siřičitého pohybovaly ještě na nižších úrovních a v posledních dvou letech se rovněž snižovaly. Kontinuální snižování imisí tohoto kontaminantu bylo zaznamenáno do roku 2011 v Mladé Boleslavi. V roce 2012 se však koncentrace imisí zvýšily a byly tak na skoro stejné úrovni jako v roce 2010.



Obr. č. 8 – Roční průměry imisí SO₂ v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

V Berouně byla mezi emitovanými emisemi SO₂ a ročními průměry imisí zjištěna závislost, kterou lze popsat pomocí lineární regresní funkce $y = 0,167x + 2,6848$ a korelačního koeficientu 0,543096. Hodnota spolehlivosti R² značí, že rozptyl v datech je z 29,5 % způsoben proměnnou X (emitované emise) – viz obr. č 9. Zbýlých 70,5 % variance je způsobeno jinými faktory, jako např. emise z automobilové dopravy, meteorologické podmínky či vynechanými měřeními.

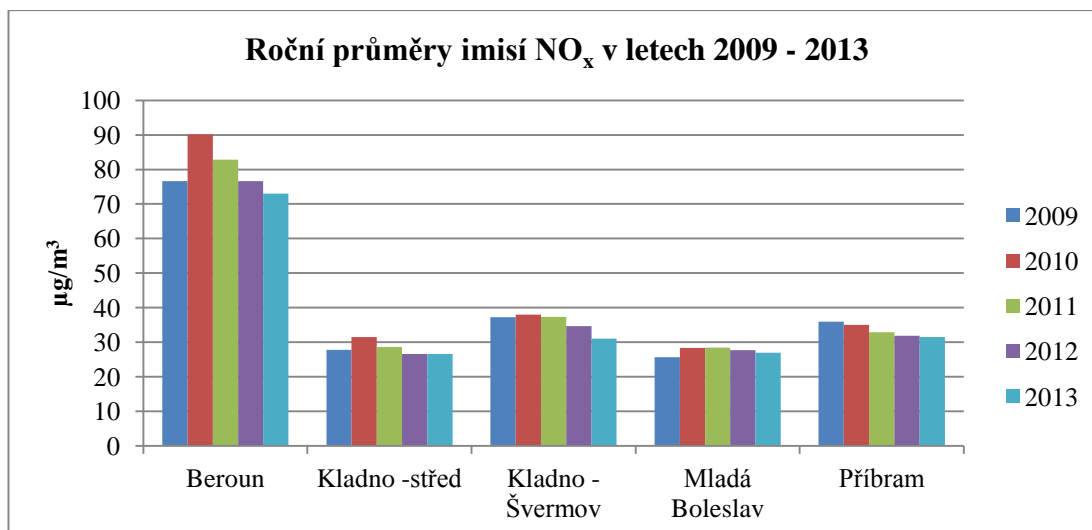


Obr. č. 9 - Závislost mezi množstvím emisí SO₂ a ročními průměry imisí v Berouně, vlastní zprac.

Oxidy dusíku

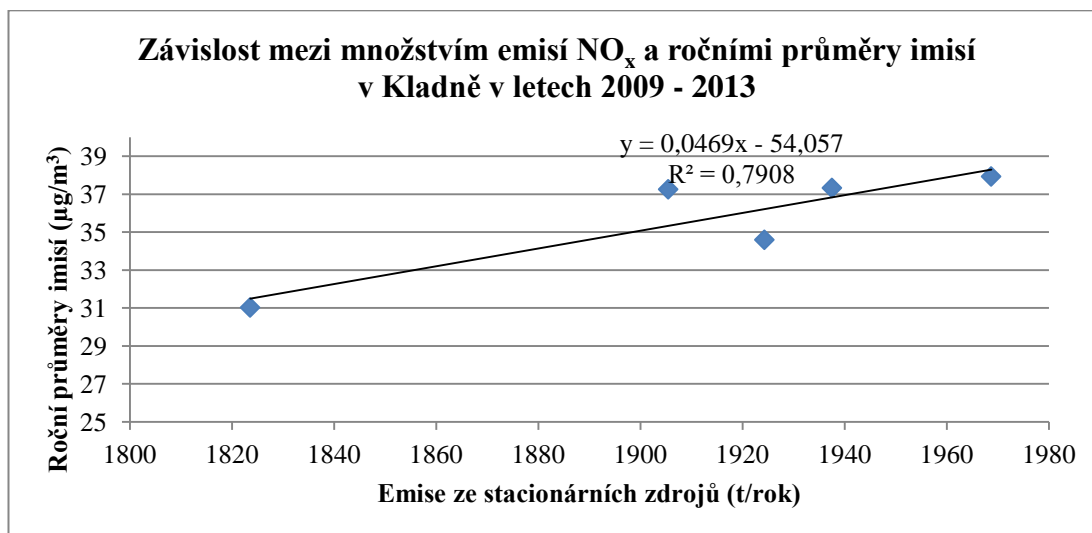
I v případě průměrných ročních koncentrací imisí oxidů dusíku došlo od roku 2009 k poklesu ve všech městech kromě Mladé Boleslavi. Tam se koncentrace imisí do roku 2011 zvýšily a v následujících letech 2012 – 2013 došlo jen k mírnému poklesu, nicméně ze všech sledovaných měst byly hodnoty nejnižší. Na obr. č. 10 je možné vidět souvislý mírný pokles průměrných ročních imisí NO_x v Příbrami v průběhu sledovaného období, i když koncentraci imisí neklesly pod 30 µg/m³. V Kladně je opět vidět rozdíl mezi umístěním stanic a v části Švermov byly hodnoty celkově vyšší a na obou stanicích byl od roku 2011 každoroční pokles. V Berouně dosahovaly průměrné roční imise NO_x přibližně dvakrát vyšších hodnot než v ostatních městech. Maxima bylo dosaženo v roce 2010 a v následujících letech došlo ke každoročnímu snížení, ačkoliv koncentrace zůstaly nad 70 µg/m³.

V přílohách č. 10 a 11 jsou zvlášť v grafech zobrazeny průměrné roční imise oxidu dusičitého a oxidu dusnatého. V případě obou kontaminantů byly roční koncentrace rovněž nejvyšší v Berouně, dále v Kladně, Příbrami a nejnižších koncentrací bylo za pět let dosaženo v Mladé Boleslavi. V téměř všech městech byl také zaznamenán pokles těchto imisí od roku 2010. Imise NO v Mladé Boleslavi se do roku 2011 zvyšovaly a od následujících let se mírně snížily. Kromě města Beroun dosahovaly koncentrace imisí oxidu dusičitého vyšších hodnot než koncentrace imisí oxidu dusnatého.



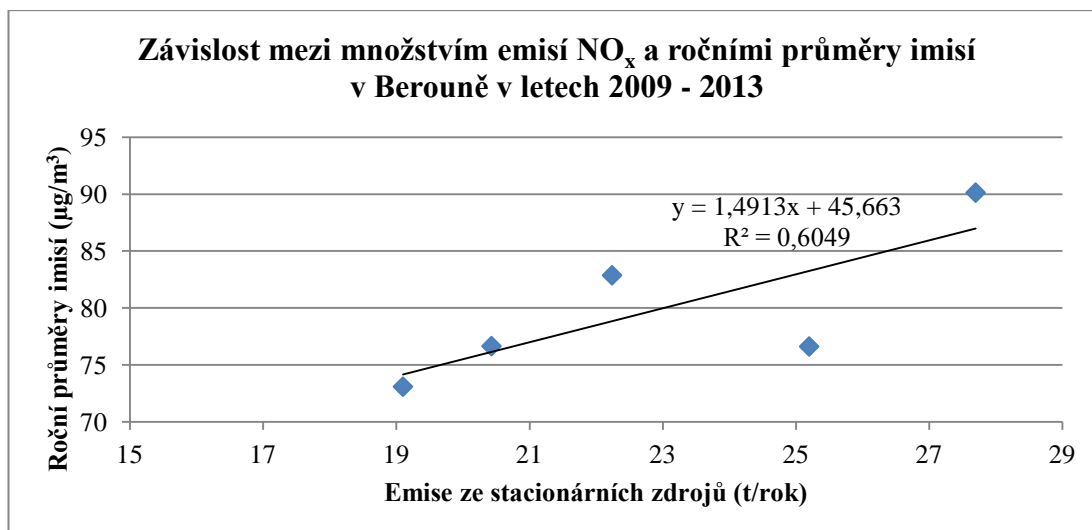
Obr. č. 10 – Roční průměry imisí NO_x v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

V Kladně je závislost ročních průměrů imisí NO_x na celkovém množství emisí popsána lineární regresní funkcí $y = 0,0469x - 54,057$ (viz obr. č 11) a korelačním koeficientem 0,889263. Hodnota spolehlivosti R^2 uvádí, že rozptyl v datech je z téměř 79 % způsoben emisemi ze stacionárních zdrojů v Kladně a 21 % variance je způsobeno jinými faktory.

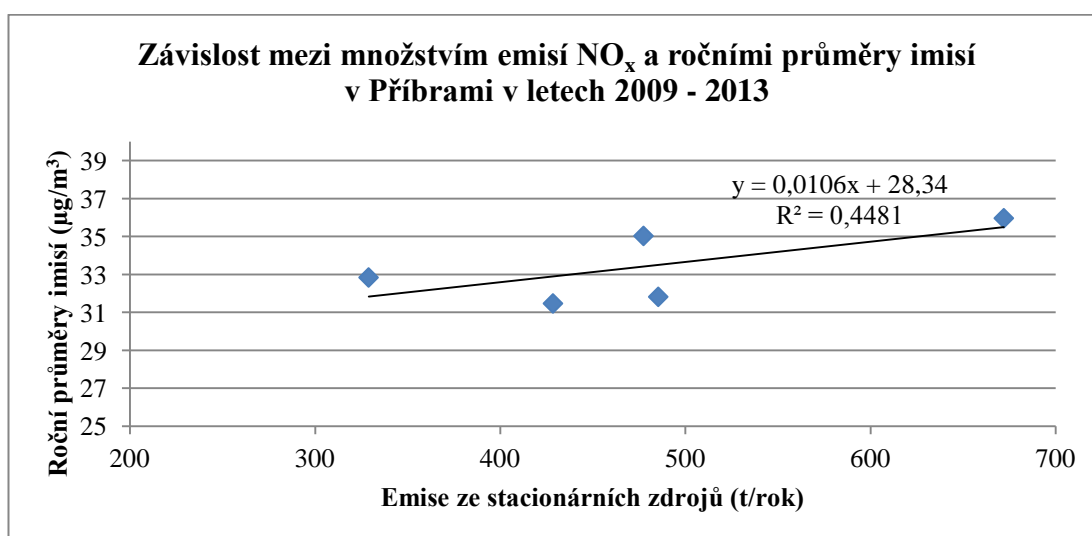


Obr. č. 11 - Závislost mezi množstvím emisí NO_x a ročními průměry imisí v Kladně, vlastní zprac.

Závislost mezi emitovanými emisemi a ročními průměry imisí v Berouně a Kladně jsou znázorněny na obr. 12 a 13 a je popsána lineárními regresivními funkcemi. Hodnota spolehlivosti R^2 v případě Berouna znamená, že rozptyl v datech je z téměř 60 % způsoben emisemi ze stacionárních zdrojů a v Příbrami z téměř 45 %.



Obr. č. 12 – Závislost mezi množstvím emisí NO_x a ročními průměry imisí v Berouně (2009 – 2013).

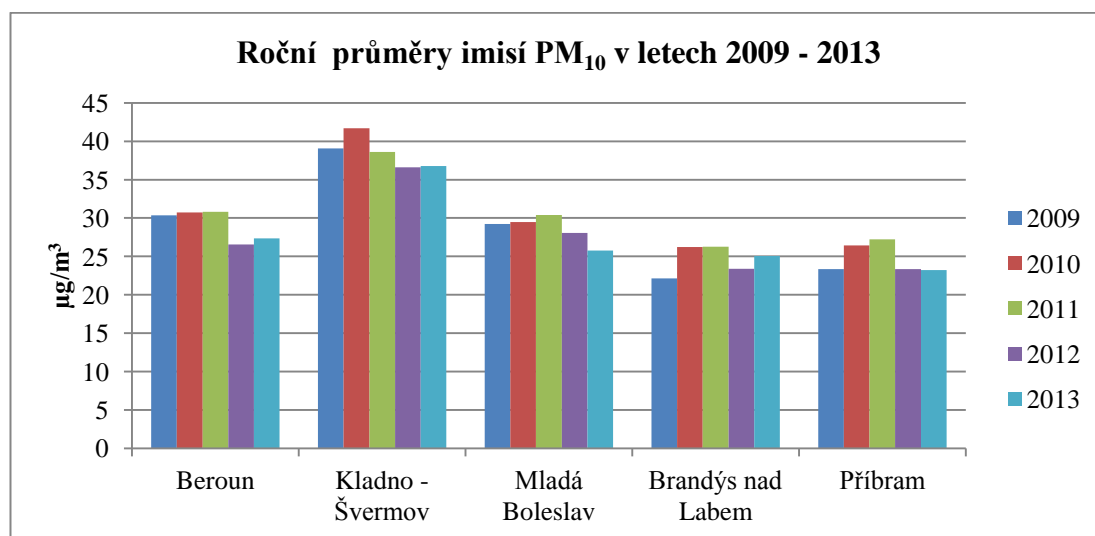


Obr. č. 13 - Závislost mezi množstvím emisí NO_x a ročními průměry imisí v Příbrami, vlastní zprac.

Polétavý prach PM₁₀

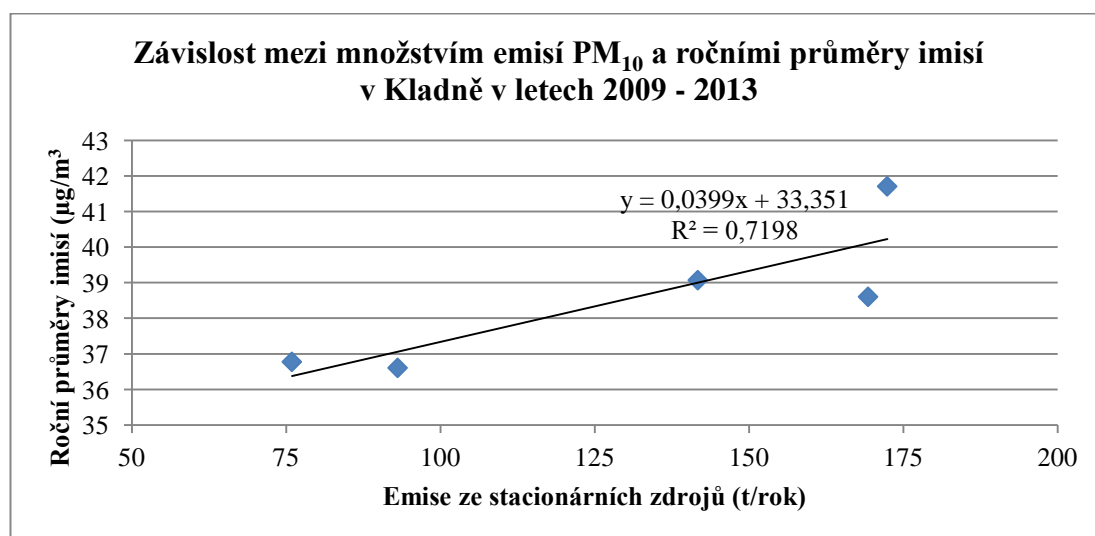
Částice PM₁₀ byly měřeny za celé sledované období v pěti městech a jedná se tak o nejvíce měřený kontaminant. Kromě Brandýsa nad Labem byly průměrné roční koncentrace imisí PM₁₀ v roce 2013 nižší než v roce 2009 (viz obr. č. 14). V Berouně, Mladé Boleslavi, Brandýse n. Labem a Příbrami se koncentrace imisí do roku 2011 zvyšovaly. V Mladé Boleslavi a Příbrami byly zaznamenány v posledních dvou letech nižší koncentrace a v roce 2013 dosáhly vůbec nejnižších hodnot. V Berouně byly oproti prvním třem rokům sledovaného období průměrné roční koncentrace imisí nižší, ale v roce 2013 došlo k mírnému růstu a stejná situace byla zaznamenána i v Brandýse nad L. Nejvyšší průměrné roční hodnoty byly za celé období zaznamenány v Kladně. Maxima bylo dosaženo v roce 2010 a v následujících

letech se situace mírně zlepšila, ačkoliv koncentrace imisí byla stále vyšší než v ostatních městech.



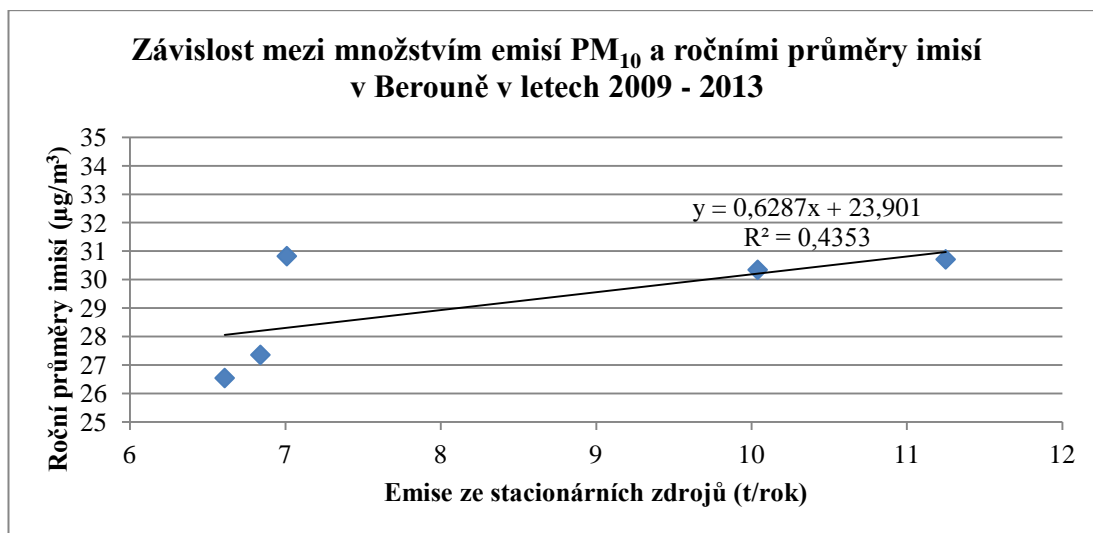
Obr. č. 14 – Roční průměry imisí PM₁₀ v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

V Kladně lze závislost ročních průměru imisí PM₁₀ na celkovém množství emisí popsat lineární regresní funkcí $y = 0,0399x + 33,351$ (viz obr. č 15) a korelačním koeficientem 0,848398. Hodnota spolehlivosti R^2 udává, že rozptyl v datech je z téměř 85 % způsoben proměnnou X (emitované emise). Zbýlých 15 % variance je způsobeno jinými faktory, jako jsou např. emise z automobilové dopravy, meteorologické podmínky a s tím související dálkový přenos kontaminantů v ovzduší či vynechaná měření.



Obr. č. 15 - Závislost mezi množstvím emisí PM₁₀ a ročními průměry imisí v Kladně, vlastní zprac.

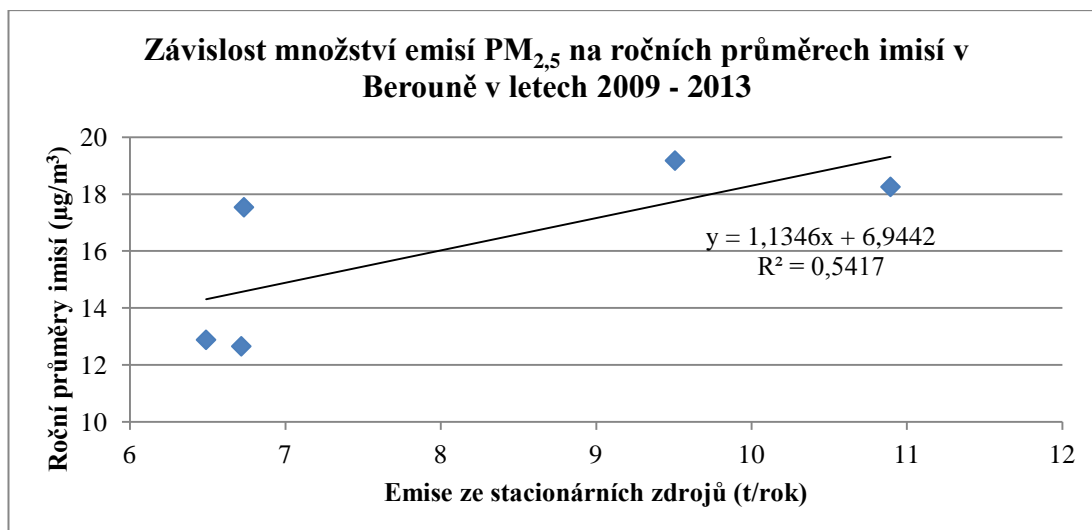
V případě Berouna je závislost mezi dvěma proměnnými popsána lineární regresní funkcí $y = 0,6287x + 23,901$ (viz obr. č. 16) a korelačním koeficientem 0,659766. Hodnota spolehlivosti R^2 znamená, že rozptyl v datech je ze 44 % způsoben proměnnou X (emitované emise). Zbýlých 56 % variance je způsobeno dalšími faktory.



Obr. č. 16 - Závislost mezi množstvím emisí PM₁₀ a ročními průměry imisí v Berouně, vlastní zprac.

Polétavý prach PM_{2,5}

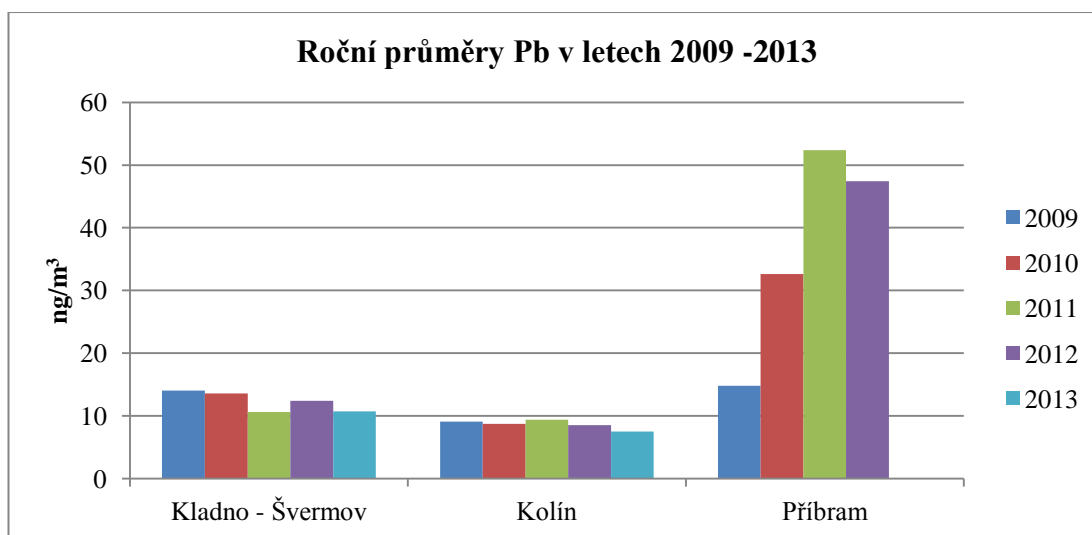
V Kladně nejsou dostupné roční průměry imisí PM_{2,5} v letech 2009 a 2010 z důvodu nedostatku měření. V Berouně došlo k nejvýraznějšímu poklesu ročních průměrů imisí mezi lety 2011/2012 a meziroční pokles byl zaznamenán v průběhu celého sledovaného období. V Berouně je závislost ročních průměru imisí PM_{2,5} na celkovém množství emisí vyjádřena lineární regresní funkcí $y = 1,1346x + 6,9442$ (viz obr. č 17) a korelačním koeficientem 0,735983. Hodnota spolehlivosti R^2 značí, že rozptyl v datech je z 54 % způsoben proměnnou X (emitované emise). Zbýlých 46 % variance je způsobeno jinými faktory.



Obr. č. 17 - Závislost mezi množstvím emisí PM_{2,5} a ročními průměry imisí v Berouně , vlastní zprac.

Těžké kovy

Nejvyšší průměrné roční koncentrace všech sledovaných těžkých kovů byly vyjma arsenu zaznamenány v Příbrami, kde byly koncentrace imisí těžkých kovů měřeny jen do roku 2012. V případě olova imise olova výrazně stouply v Příbrami a oproti roku 2009 dosahoval roční průměr v roce 2012 téměř třikrát vyšší hodnoty (viz obr. č. 18). V Kladně se roční imise olova pohybovaly nad 10 ng/m³ a v průběhu let došlo k mírnému snížení. Rovněž v Kolíně došlo k meziročnímu snížení ročních průměrů a ve všech letech se roční imise olova nepřekročily 10 ng/m³.

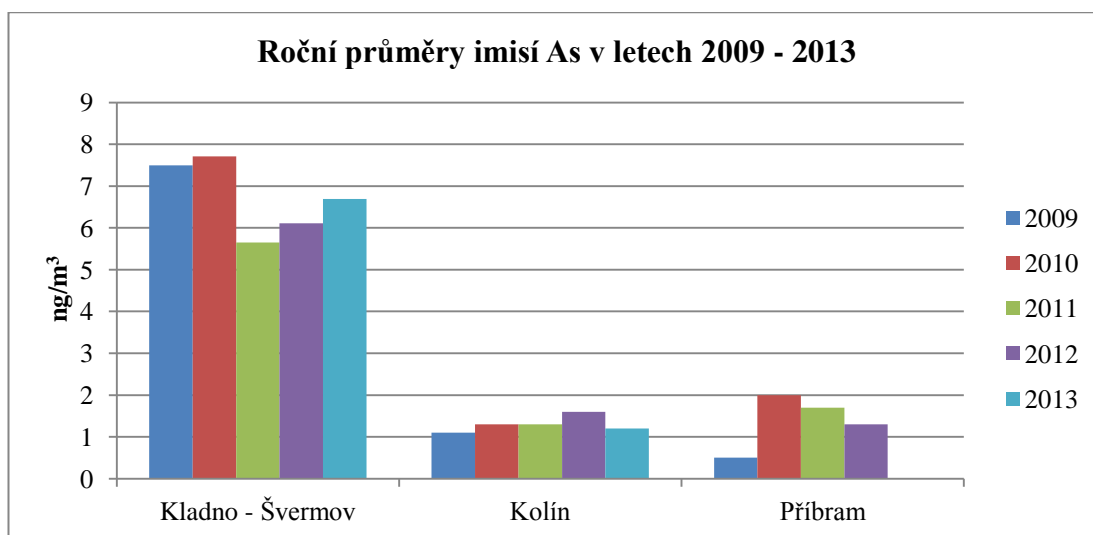


Obr. č. 18 – Roční průměry imisí Pb v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Jak již bylo výše zmíněno, průměrné roční koncentrace arsenu dosahovaly nejvyšších hodnot za celého období v Kladně (viz obr. č. 19). V Kolíně nedošlo

k výraznějším odchylkám a roční průměry v roce 2009 a 2013 byly na téměř stejné úrovni. V Příbrami došlo v roce 2010 ke zvýšení ročních průměrů a v následujících letech byl zaznamenán meziroční pokles.

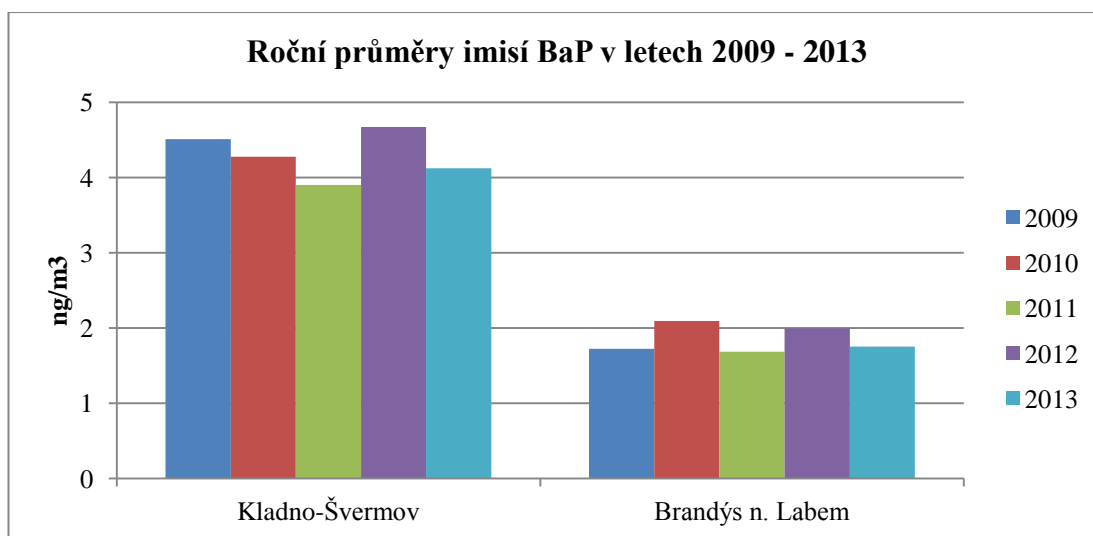
V přílohách číslo 12 a 13 jsou uvedeny průměrné roční imise kadmia a niklu. Z grafů je patrný výrazný pokles imisí v Příbrami v roce 2012. V Kladně a Kolíně nedošlo k výraznějším odchylkám, jako to bylo v případě Příbrami.



Obr. č. 19 – Roční průměry imisí As v letech 2009 – 2013.

Benzo(a)pyren

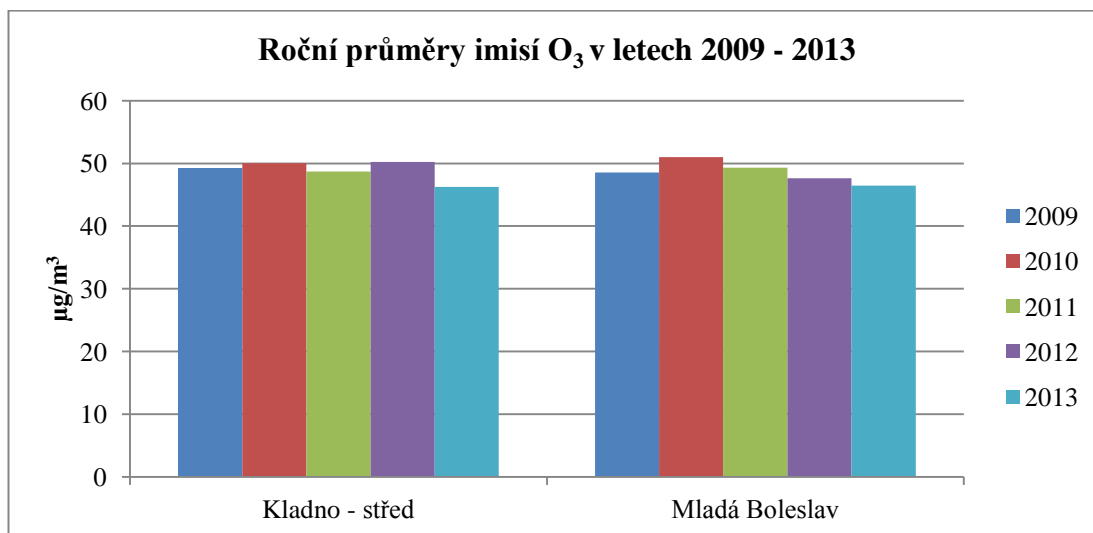
V Kladně byly průměrné roční koncentrace přibližně dvakrát vyšší než v Brandýse nad L. (viz obr. č. 20). Vyjma roku 2012 byly roční průměry imisí nižší než na počátku sledovaného období. V Brandýse nad L. se roční průměry pohybovaly přibližně na stejné úrovni mimo mírných odchylek v letech 2010 a 2012.



Obr. č. 20 – Roční průměry imisí BaP v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Ozon

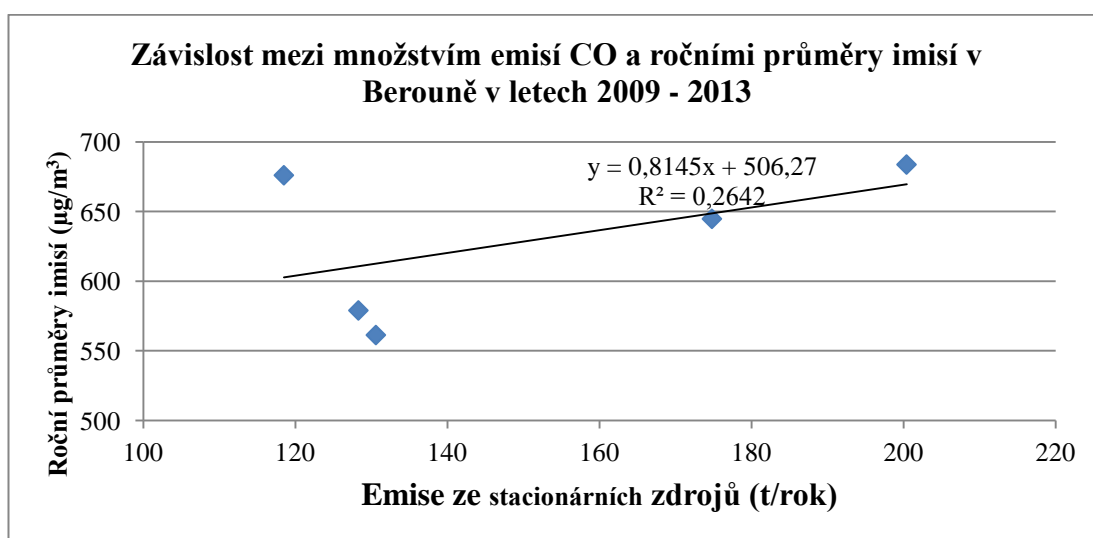
V obou městech, kde se imise ozonu měří, byly hodnoty ročních průměrů obdobné (kolem $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a rovněž je možné na obr. č. 21 vidět, že roční průměry ozonu v roce 2013 jsou nižší než v roce 2009 a trend je tedy mírně klesající.



Obr. č. 21 – Roční průměry imisí O₃ v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Oxid uhelnatý

Vzhledem k měření imisí oxidu uhelnatého za celé pětileté období, které bylo uskutečněno jen v Berouně, je na obr. č. 22 vyjádřena závislost ročních průměrů imisí CO na celkovém množství emisí pouze v tomto městě. Závislost je vyjádřena pomocí lineární regrese funkce $y = 0,8145x + 506,27$ a korelačním koeficientem 0,513988. Hodnota spolehlivosti R^2 uvádí, že rozptyl v datech je pouze z 26 % způsoben emisemi ze stacionárních zdrojů a zbytek je způsoben jinými faktory.



Obr. č. 22 - Závislost mezi množstvím emisí CO a ročními průměry imisí v Berouně (2009 – 2013).

5.3 Překročení imisních limitů

Nadlimitní hodnoty imisí byly naměřeny nejčastěji v Kladně na stanici v části Švermov. V roce 2010 byl překročen imisní limit PM_{10} , a to průměrnou roční koncentrací $41,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Od roku, kdy byl imisní limit překročen, roční koncentrace poklesly. Imisní limity arsenu byly překročeny kromě roku 2011 ve všech sledovaných letech, a to opět v Kladně. Imisní limit niklu byl překročen v roce 2011, kdy byl roční průměr výrazně vyšší než v předchozích letech a v následujícím roku 2012 (viz tab. č. 2). Imisní limit pro benzo(a)pyren byl překročen každoročně na obou stanicích, kde se tento kontaminant měřil. Výrazněji byl imisní limit překračován na stanici Kladno – Švermov.

Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví je zobrazeno na mapách Středočeského kraje v přílohách č. 17 až 21. Z mapového vyjádření je vidět, že nejhorší situace byla v roce 2011, kdy bylo překročení imisních limitů pro ochranu zdraví nejrozsáhlejší a dotklo se s výjimkou Příbrami všech vybraných měst. V přílohách č. 22 až 26 je zvláště znázorněno překročení imisních limitů pro kontaminant benzo(a)pyren, protože překročení bylo ze všech kontaminantů nejrozsáhlejší.

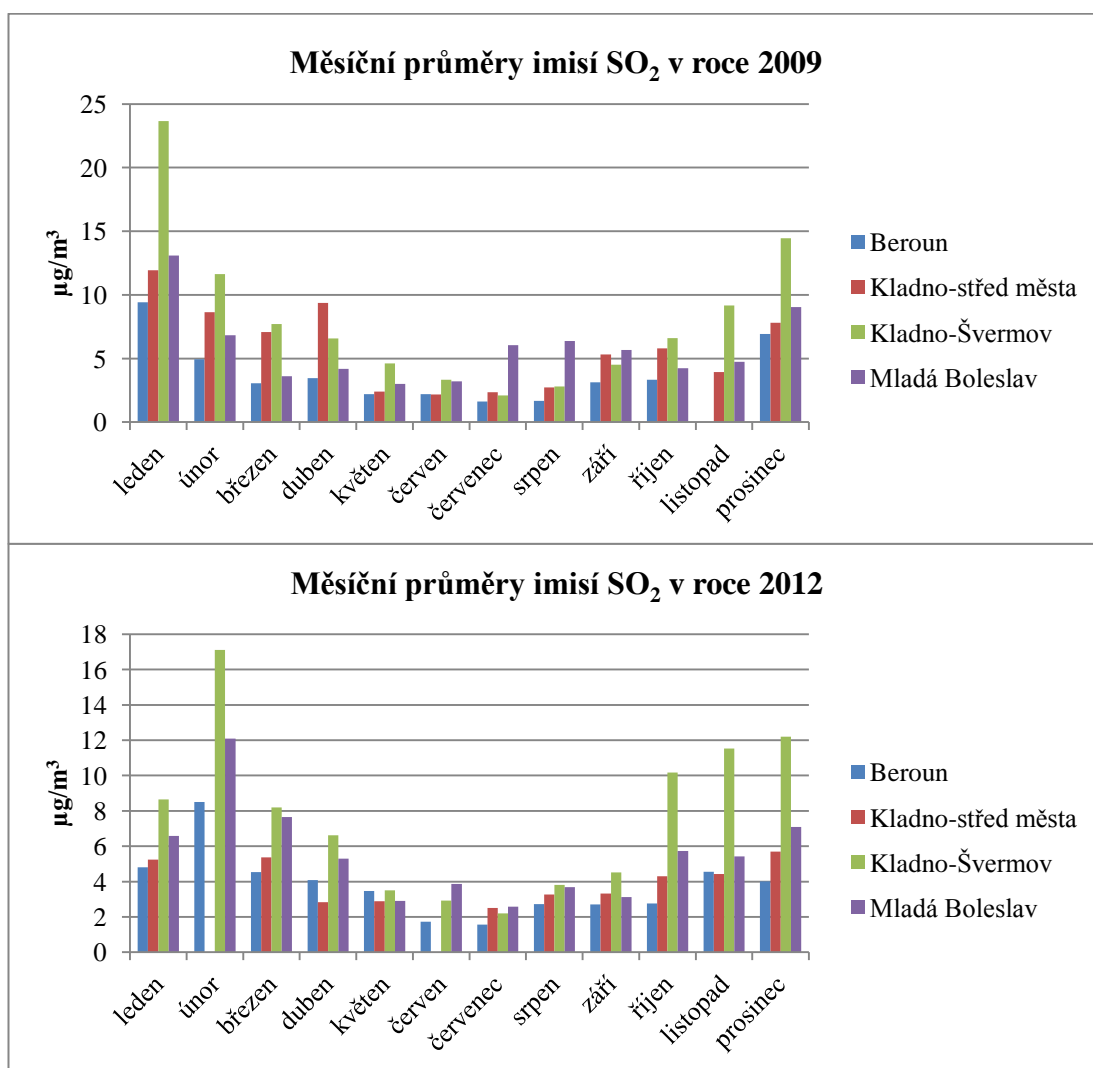
Tab. č. 2 – Překročení imisních limitů v letech 2009 – 2013.

	Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví lidí				
	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - roční průměr				
	2009	2010	2011	2012	2013
Kladno - Švermov	39,1	41,7	38,6	36,6	36,8
	Arsen (ng/m^3) - roční průměr				
Kladno - Švermov	7,5	7,7	5,6	6,1	6,7
	Nikl (ng/m^3) - roční průměr				
Příbram	5,9	14,1	29,1	2,6	-
	Benzo(a)pyren (ng/m^3) - roční průměr				
Kladno-Švermov	4,5	4,3	3,9	4,7	4,1
Brandýs n. Labem	1,7	2,1	1,7	2,0	1,8

5.4 Měsíční průměry imisí

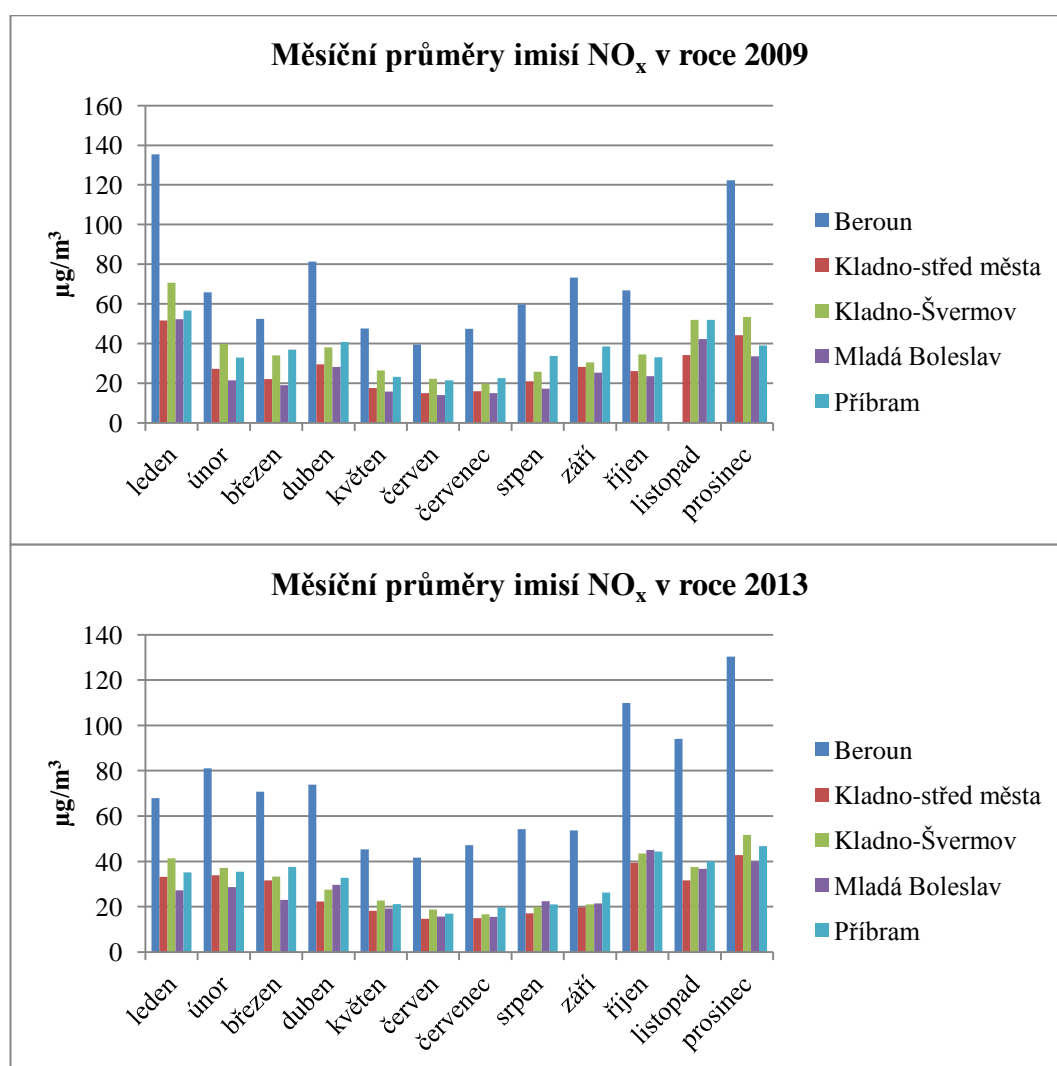
V případě měsíčních průměrů imisí kontaminantů je zřetelně vidět sezonnost, která se projevuje v letních a zimních měsících, což je dáno především topnou sezonou a meteorologickými podmínkami. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo na počátku a na konci daného roku a naopak nejnižší průměry jsou zaznamenány v letních měsících vyjma ozonu.

Ve většině měst byly měsíční průměry imisí oxidu siřičitého v roce 2013 nižší než v roce 2009 (viz obr. č. 23). V některých měsících však byly měsíční průměry vyšší v roce 2013. Nejčastěji byly měsíční průměry vyšší v roce 2013 v únoru, v listopadu a v srpnu, nicméně ve většině případů došlo jen k mírnému zvýšení v řádu jednotek $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Největší rozdíl ve zvýšení měsíčních průměrů v rámci sledovaných let je vidět v únoru, kdy bylo dosaženo i dvojnásobných hodnot a naopak největší rozdíl ve snížení byl zaznamenán v lednu.



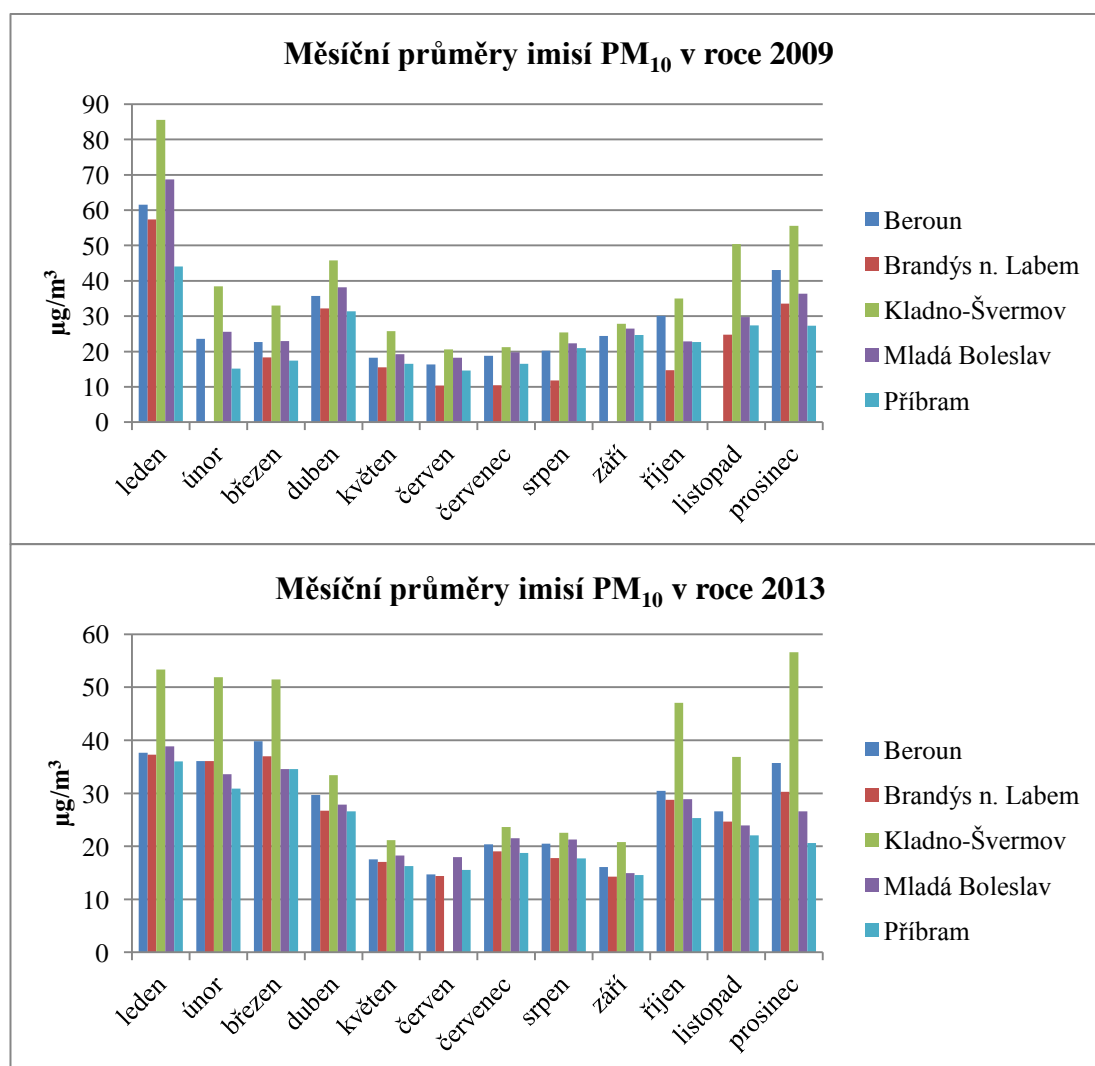
Obr. č. 23 – Měsíční průměry imisí SO₂ v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

I v případě měsíčních průměrů imisí oxidů dusíku v roce 2013 byly kromě Mladé Boleslavi ve většině měsíců zaznamenány nižší hodnoty než v roce 2009 (viz obr. č. 24). Na všech stanicích byly v roce 2013 měsíční průměry výrazně vyšší v měsíci říjnu, kdy byly hodnoty vyšší o desítky $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (konkrétně v Berouně byl rozdíl $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dalšími měsíci, kdy byly měsíční průměry vyšší v roce 2013, jsou měsíce únor a březen, a to na všech stanicích kromě Kladna – Švermov. Na stanici v Mladé Boleslavi by vyšší hodnoty u 9 měsíců a nižší průměry byly zaznamenány pouze v lednu, září a v listopadu. Naopak na stanici v Kladně – Švermov byl měsíční průměr vyšší v roce 2013 jen v říjnu.



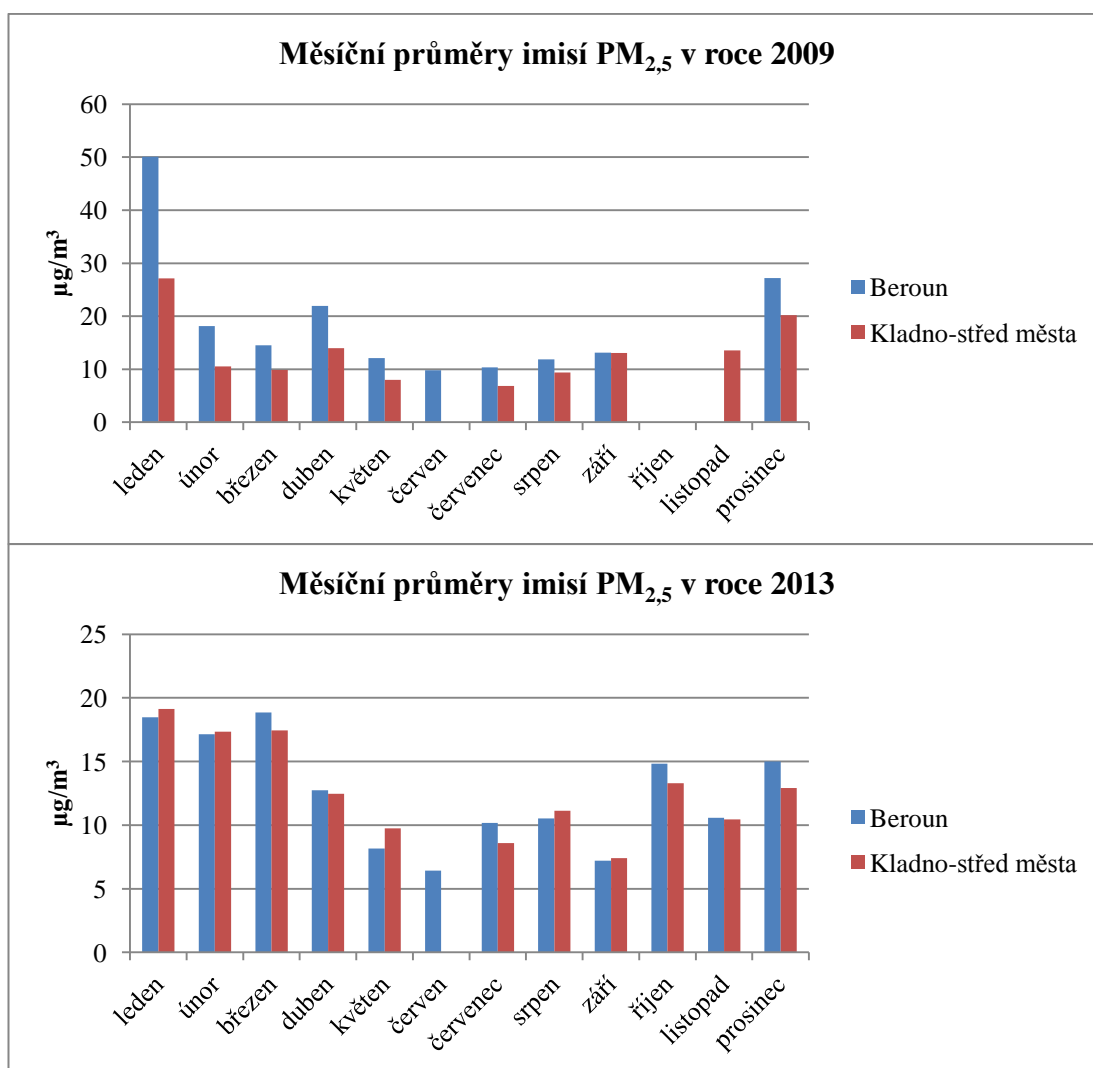
Obr. č. 24 – Měsíční průměry imisí NO_x v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

Také měsíční průměry imisí PM₁₀ byly ve většině měst u jednotlivých měsíců nižší v roce 2013. Největší rozdíl ve snížení měsíčních průměrů v rámci roků 2009 a 2013 bylo v měsíci lednu, kdy např. v Mladé Boleslavi a v Kladně klesl průměr o 30 µg/m³. V ostatních měsících většinou došlo ke snížení měsíčních průměrů v řádu jednotek µg/m³. Ve všech městech byly v roce 2013 vyšší hodnoty měsíčních průměrů v únoru, březnu, červenci a v říjnu. Nejvýraznější rozdíly ve zvýšení byly zaznamenány v měsících únor a březen, kdy např. v Brandýse nad L. a Příbrami došlo ke zvýšení o polovinu (viz. obr. č. 25) I v dalších měsících došlo ke zvýšení měsíčních průměrů (nejčastěji v červenci a říjnu). Na stanici v Brandýse nad L. byly v roce 2013 měsíční průměry vyšší u 6 měsíců a naopak v Mladé Boleslavi a v Příbrami bylo více měsíců, ve kterých došlo ke snížení měsíčních průměrů, a to konkrétně 7.



Obr. č. 25 – Měsíční průměry imisí PM₁₀ v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

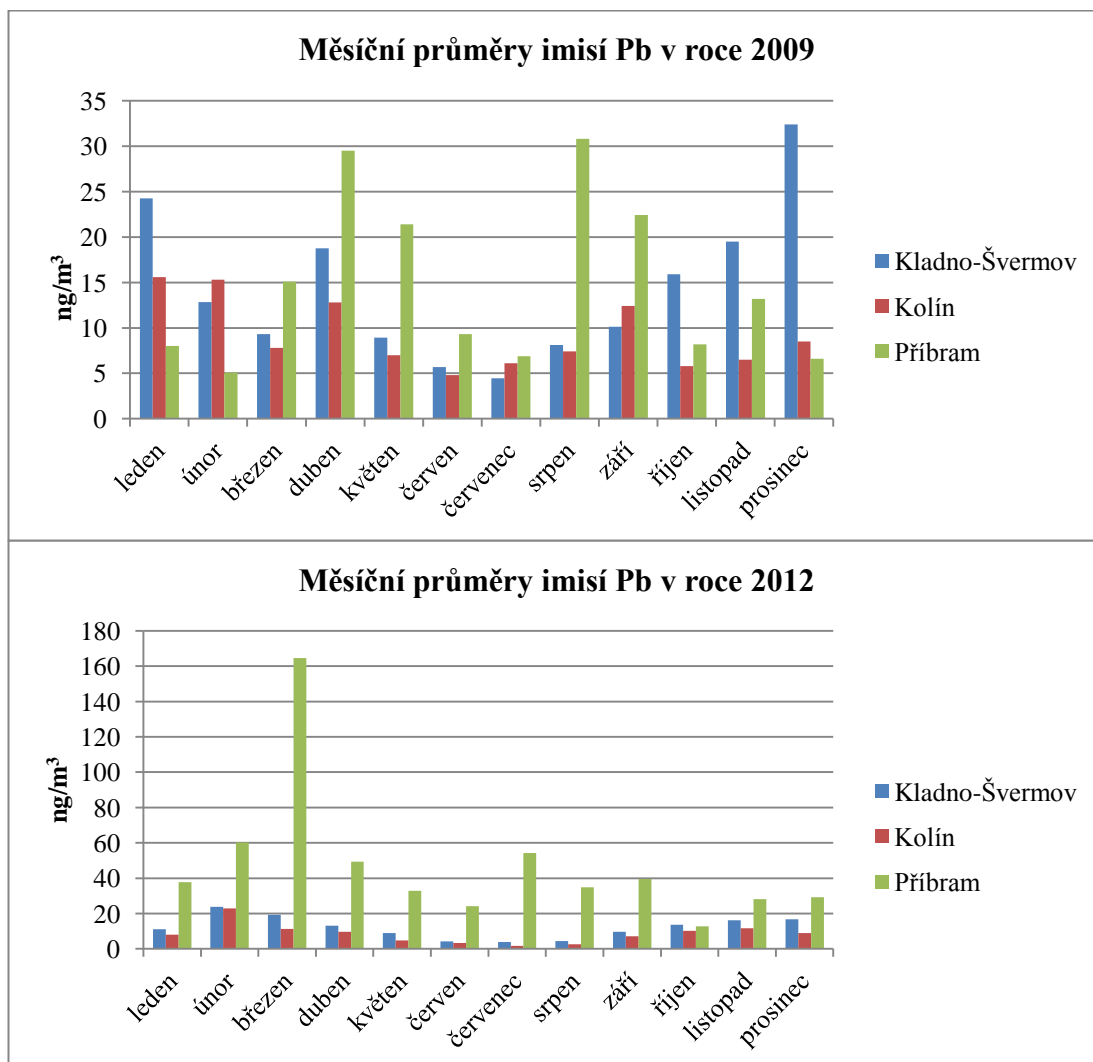
Hodnoty měsíčních průměrů $PM_{2,5}$ jsou značně nižší než hodnoty PM_{10} . V obou městech bylo u většiny měsíců zaznamenáno v roce 2013 snížení měsíčních průměrů oproti roku 2009 (viz obr. č. 26). Dle dostupných dat došlo v Berouně ke snížení měsíčních průměrů u všech měsíců vyjma měsíce března, kde však rozdíl činil $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V případě Kladna byly vyšší hodnoty v roce 2013 zaznamenány v únoru, březnu, květnu, červenci a v srpnu, nicméně se opět jednalo o rozdíl v řádu jednotek $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Obr. č. 26 – Měsíční průměry imisí $PM_{2,5}$ v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

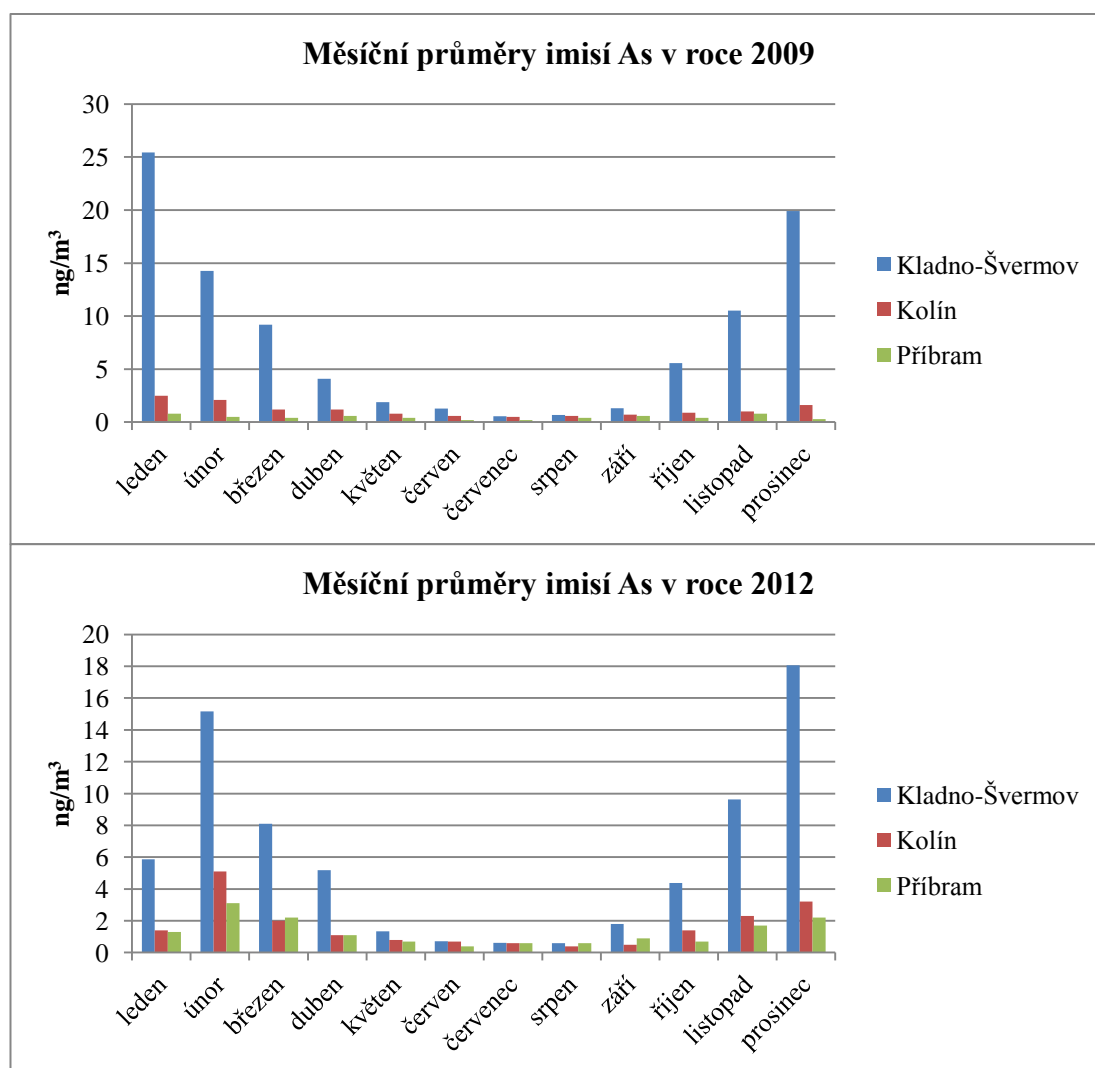
Z důvodu měření imisí těžkých kovů v Příbrami do roku 2012, byly pro porovnání mezi městy vybrány měsíční průměry imisí v letech 2009 a 2012.

Vzhledem k měsíčním průměrům olova v těchto dvou letech, byla situace mezi městy různá. Zatímco v Kladně došlo oproti roku 2009 ke zvýšení měsíčních průměrů u třech měsíců, v Kolíně u pěti měsíců a jednalo se o jednotky ng/m^3 (přibližně 1 – 11 ng/m^3), tak v Příbrami bylo zaznamenáno výrazné zvýšení u všech měsíců a rozdíl měsíčních průměrů mezi roky 2009 a 2012 byl v řádu desítek ng/m^3 . Nejvýraznější rozdíl je vidět u měsíce března v Příbrami, kdy činil téměř 150 ng/m^3 . Ve všech městech byly vyšší průměry v únoru a v březnu, ale např. v Kladně byly měsíční průměry v roce 2012 o polovinu nižší v lednu a prosinci (viz obr. č. 27).



Obr. č. 27 – Měsíční průměry imisí Pb v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

Měsíční průměry imisí arsenu dosahovaly nejvyšších hodnot vždy v Kladně v obou letech a nejnižší byly v Příbrami. V Kladně byly průměry během roku 2012 u jednotlivých měsíců nižší než v roce 2009 a nejvýraznější rozdíl je vidět u měsíce ledna a činí přibližně 20 ng/m³. U všech měsíců v Příbrami a sedmi měsíců v Kolíně byly měsíční průměry imisí vyšší (viz obr. č. 28), nicméně ve většině případů se jednalo o rozdíl v řádu desetin.

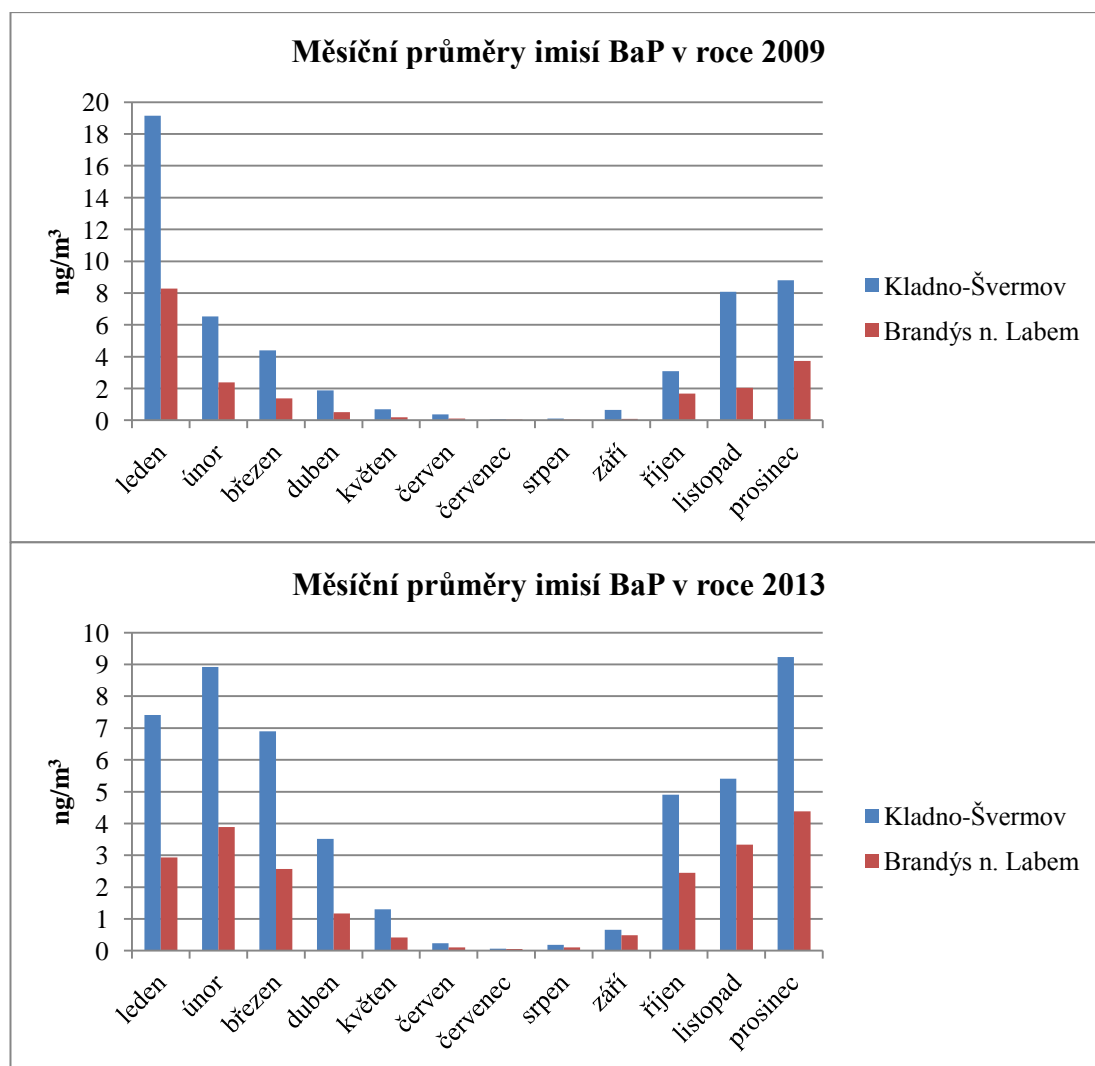


Obr. č. 28 – Měsíční průměry imisí As v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

Měsíční průměry imisí niklu a kadmia jsou graficky znázorněny v přílohách č. 15 a 16. V případě imisí niklu byly u všech měst a většiny měsíců pozorovány nižší hodnoty v roce 2012 většinou o jednotky a desetiny ng/m³. Nejvýraznější rozdíl je vidět v Příbrami v období od srpna do prosince. Měsíční průměry imisí kadmia byly v Kladně a Kolíně v roce 2012 nižší u většiny měsíců. V případě vyšších hodnot

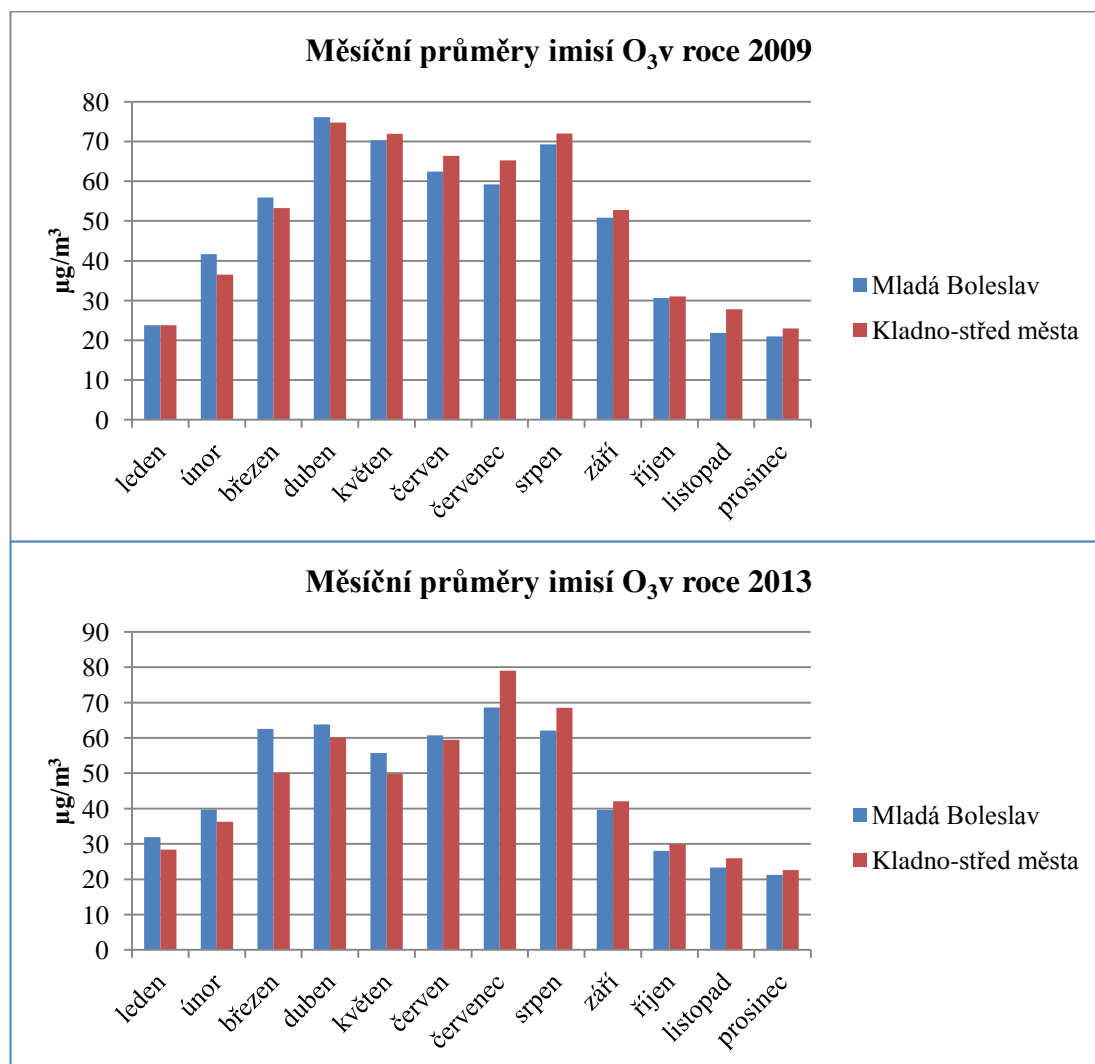
byl rozdíl v řádu desetin. V Příbrami byly u většiny měsíců hodnoty vyšší v roce 2012 a rozdíly v některých měsících byly o 1 – 3 ng/m³.

Vyšší hodnoty měsíčních průměrů benzo(a)pyrenu byly v roce 2013 zaznamenány v období od února do května a dále v říjnu a v prosinci na obou měřicích stanicích (viz obr. č. 29). Hodnoty byly vyšší přibližně o 1 - 3 ng/m³. Nejvýraznější snížení je vidět u měsíce ledna v Kladně, kde je rozdíl mezi sledovanými roky 11,7 ng/m³. V Brandýse n. Labem byly hodnoty měsíčních průměrů výrazně nižší než v Kladně, nicméně v roce 2013 byly u 9 měsíců hodnoty vyšší než v roce 2009, zatímco v Kladně byly vyšší hodnoty zaznamenány u 7 měsíců.



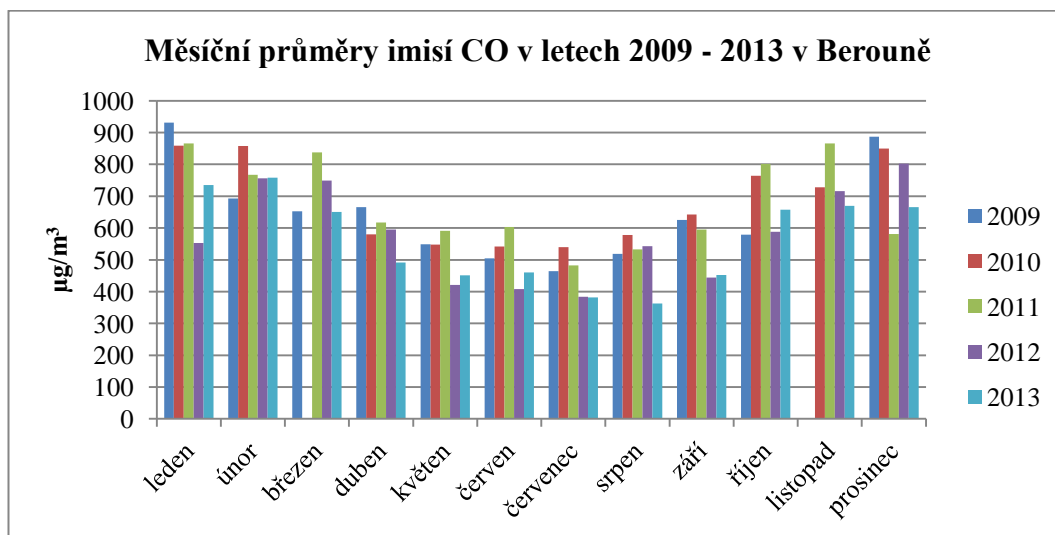
Obr. č. 29 – Měsíční průměry imisí BaP v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

U měsíčních průměrů ozonu byly vyšší koncentrace zaznamenány od dubna do srpna, což je dáno zejména vyšším počtem slunečných dnů. V roce 2013 byly u většiny měsíců v obou městech nižší hodnoty než v roce 2009 (viz obr. č. 30). Zvýšení se týkalo v obou městech jen měsíce ledna a července, nicméně výraznější zvýšení měsíčního průměru bylo jen v červenci.



Obr. č. 30 – Měsíční průměry imisí O₃ v letech 2009 a 2013, vlastní zpracování.

V letech 2009 – 2013 probíhalo měření imisí oxidu uhelnatého v Mladé Boleslavi a v Berouně, nicméně roční a měsíční průměry imisí tohoto kontaminantu nejsou pro roky 2009 a 2013 dostupná ani z tabelárních ročenek ČHMÚ. Ačkoliv měly měsíční průměry v průběhu pěti let kolísavou tendenci, pozitivním faktem je, že u většiny měsíců byly měsíční hodnoty nižší v roce 2013 než v roce 2009 (viz obr. č. 31). Pouze v únoru a říjnu byly měsíční průměry v roce 2013 vyšší.



Obr. č. 31 – Měsíční průměry imisí CO v letech 2009 - 2013 v Berouně, vlastní zpracování.

6. Diskuze

Kvalita ovzduší je ovlivňována mnoha faktory, které mají vliv i na hodnoty naměřených imisních hodnot. Podle Adamce a kol., 2008 se jedná především o automobilovou dopravu, z které pochází řada výfukových plynů a také zvyšuje prašnost. Silniční doprava produkuje emise znečišťující ovzduší a má negativní vliv na lidské zdraví, a to zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Výfukové plyny obsahují řadu látek, které mohou mít toxické a karcinogenní účinky. Ačkoliv v této práci nemohlo být vyhodnoceno zatížení měst automobilovou dopravou přesnými daty, má tato kategorie významný podíl na znečištění ovzduší.

Jak uvádí Stehlík, 2008 spalování paliv v průmyslových kotlích (na výrobu tepla, páry a elektrické energie) a v domácích topeništích představuje významný podíl na celkovém znečištění ovzduší tuhými znečišťujícími látkami, oxidem siřičitým a oxidy dusíku. Dále autor uvádí, že velké stacionární zdroje znečištění významně přispívají k místnímu nebo oblastnímu znečištění ovzduší a upozorňuje na stále se snižující podíl středních zdrojů znečištění. To potvrzují i předkládané výsledky množství emisí ze stacionárních zdrojů znečištění v Kladně, Mladé Boleslavi a Příbrami, kde měly největší podíl na emisích sledovaných kontaminantů velké zdroje znečištění. V Berouně a Brandýse n. Labem mají největší podíl na emisích lokální topeniště. Nejmenší podíl na znečištění ovzduší mají ve všech městech střední zdroje znečištění. Vzhledem k tomu, že největší podíl na emisích mají zejména velké stacionární zdroje a lokální topeniště, dá se předpokládat, že v dalších městech Středočeského kraje je situace podobná, ale ne ve všech městech se imisní situace vyhodnocuje.

Monitoring hodnot koncentrací imisí dává obyvatelstvu představu o kvalitě ovzduší v daném městě nebo obci. Data jsou však vázána jen na místo, kde se měřicí stanice nachází a hodnota, která je naměřena na stanici vzhledem k povětrnostním podmínkám nemusí odpovídat hodnotě o několik set metrů dál ve stejném městě/obci. Dalšími faktory, které ovlivňují hodnoty imisí, jsou meteorologické podmínky v daném období a výška komínu zdroje znečištění. S tím souvisí zejména rozptylové podmínky, směr a rychlost proudění vzduchu, v jejichž důsledku je způsoben dálkový přenos imisí. Ve všech sledovaných městech byly zaznamenány vyšší hodnoty kontaminantů v zimním období s výjimkou ozonu, kde byly vyšší

hodnoty vykazovány v letních měsících z důvodu vyššího slunečního záření. To je ve shodě s Bednářem, 2008, který uvádí, že za určitých podmínek se v zimě vytvoří výrazná teplotní inverze, která uzavře v české kotlině studený vzduch a silně omezí vertikální promíchávání vzduchu s vyššími vrstvami a naopak v letních měsících se přízemní vrstva atmosféry vyznačuje intenzivním promícháváním vzduchu a rozptylové podmínky jsou tak příznivější.

Podle SZÚ, 2010 byla v roce 2009 hodnota ročního imisního limitu benzo(a)pyrenu překročena na 11 ze 17 do zpracování zahrnutých stanicích. SZÚ, 2013 dále uvádí, že v roce 2013 byl počet zahrnutých stanic zvýšen na 29 a z toho na 21 stanicích došlo k překročení ročního imisního limitu. Průměrné roční koncentrace benzo(a)pyrenu neklesly pod hodnotu ročního imisního limitu v žádném typu městské lokality. To je v souladu s výsledky z vybraných měst, kde se imise tohoto kontaminantu měřily a v obou letech byly zaznamenány nadlimitní roční hodnoty. Překračováním imisních limitů pro ochranu zdraví benzo(a)pyrenu (v Kladně a Brandýse nad Labem) a arsenu (v Kladně) lze očekávat nadlimitní koncentrace i v dalších letech, jelikož je tato situace dlouhodobá. Překračování imisních limitů těchto kontaminantů, které mají zdravotně nejvýznamnější vliv, působí negativně na obyvatele nejen v městě, kde jsou hodnoty měřeny, ale i v širším okolí.

Z hlediska největší zátěže na zdraví obyvatel ve vybraných městech se potvrdilo, že roční imisní limity benzo(a)pyrenu byly každoročně překračovány. V Kladně byl roční imisní limit překračován mnohem výrazněji než v Brandýse n. Labem. Na stanici v Kladně hodnoty ročních imisí benzo(a)pyrenu do roku 2011 klesaly a v následujících dvou letech se postupně opět zvýšily. V Brandýse nad L. imise tohoto kontaminantu střídavě stoupaly a klesaly. EEA, 2013 uvádí, že na 117 stanicích ve 13 evropských státech klesly průměrné roční imise tohoto kontaminantu přibližně o 4 % mezi roky 2010 a 2011, ale celkově během období tří let (2009 – 2011) byl každoročně překročen roční imisní limit. Nadlimitním koncentracím BaP tak bylo vystaveno 22 – 31 % obyvatel žijících ve městech ve střední a východní Evropě, což se potvrdilo v Kladně. Meziroční pokles imisí BaP ve vybraných městech dokládá i obr. č. 20, kde v Kladně došlo k poklesu o 8,7 % a v Brandýse nad L. o 19,5 %, ale i přesto byly roční hodnoty nadlimitní.

Imise polétavého prachu PM_{10} vzrostly do roku 2011 téměř ve všech městech a od roku 2012 měly klesající tendenci. Nejvyšších hodnot imisí bylo dosaženo na stanici Kladno – Švermov, kde byl v roce 2010 překročen imisní limit pro ochranu zdraví a rovněž největší množství emisí bylo emitováno v tomto městě. V Mladé Boleslavi a Kladně měly největší podíl na emisích PM_{10} velké zdroje znečišťování a v Příbrami tomu tak bylo do roku 2011 (od roku 2012 mají větší podíl lokální topeniště). V Berouně a Brandýse n. Labem mají největší podíl na emisích PM_{10} lokální topeniště.

V případě imisí těžkých kovů je situace ve vybraných městech různá v souvislosti s průmyslovou činností v zájmovém území. Průměrné roční imise olova v Kladně a Kolíně od roku 2009 poklesly. Naopak v Příbrami imise olova výrazně vzrostly a hodnoty byly nejvyšší v porovnání s ostatními městy. Obdobná situace je vidět u ročních průměrů imisí kadmia a niklu. V Příbrami však imise niklu v roce 2012 výrazně poklesly a byly nižší než v roce 2009. Na měřicí stanici Kladno – Švermov byly imisní limity arsenu překročeny každý rok (vyjma roku 2011). Od roku 2012 roční průměry opět stoupaly. V Kolíně byly hodnoty v průběhu pěti let podobné a v Příbrami se imise arsenu meziročně snižují od roku 2011. Těžké kovy jsou do ovzduší nejvíce emitované velkými zdroji.

Nejvýznamnějšími velkými stacionárními zdroji v Kladně je Alpiq Generation (CZ) s.r.o. - Elektrárna Kladno a POLDI Hütte s.r.o., v Mladé Boleslavi ŠKO-ENERGO s.r.o. – Teplárna a ŠKODA AUTO a.s. - závod Mladá Boleslav, v Berouně KA Contracting ČR s.r.o. - Výtopna Beroun Centrum a v Příbrami Výroba a prodej tepla Příbram a.s. – CZT a Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.

7. Závěr

Ve sledovaném období (2009 – 2013) roční průměry imisí oxidu siřičitého klesly na všech sledovaných stanicích a situace v roce 2013 byla ve všech městech lepší než v roce 2009, ačkoliv v roce 2010 bylo zaznamenáno zvýšení ročních průměrů. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo na stanici Kladno – Švermov a rovněž stacionární zdroje znečišťování v Kladně emitovaly do ovzduší nejvíce emisí SO₂ ze všech sledovaných měst. V Kladně a v Mladé Boleslavi měly největší podíl na emisích SO₂ velké zdroje znečišťování. V Berouně to byly lokální topeniště.

K poklesu ročních průměrů imisí oxidů dusíku došlo rovněž ve všech vybraných městech, kde se tento kontaminant měřil a v roce 2013 byly hodnoty nižší než v roce 2009. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v Berouně, kde je polovina emisí emitována velkými zdroji znečišťování a dále lokálními topeništi, jejichž podíl na emisích NO_x meziročně vzrostl. Nejvíce emisí bylo emitováno do ovzduší v Kladně, a to velkými zdroji znečišťování. V Mladé Boleslavi a v Příbrami mají podíl na znečišťování rovněž velké zdroje.

Imise polévatvého prachu PM₁₀ vzrostly do roku 2011 téměř ve všech městech a od roku 2012 měly klesající tendenci. V případě ročních koncentrací PM_{2,5} byl v Berouně zaznamenán klesající trend a nejvýznamnějším zdrojem jsou lokální topeniště. Ačkoliv bylo množství emisí PM_{2,5} během pěti let mnohem vyšší v Mladé Boleslavi a Příbrami, měření tohoto kontaminantu zde neprobíhá.

V případě imisí těžkých kovů je situace ve vybraných městech různá v souvislosti s průmyslovou činností v zájmovém území.

Imise oxidu uhelnatého byly za celých pět let měřeny jen v Berouně, kde od roku 2010 došlo k meziročnímu poklesu. Největší podíl na emisích oxidu uhelnatého mají lokální topeniště. Pro srovnání je třeba uvést, že v Příbrami a Mladé Boleslavi bylo do ovzduší emitováno větší množství emisí CO než v Berouně, ale přesto se v těchto městech emise CO neměří.

Roční průměry ozonu se v Kladně a Mladé Boleslavi od roku 2009 mírně snížily. Hodnoty v obou městech byly v jednotlivých letech podobné a pohybovaly se kolem 50 µg/m³.

U vyhodnocení měsíčních průměrů se projevuje sezonnost. K postupnému snižování během roku ve většině případů docházelo od jara (březen/duben) a ke zvyšování měsíčních průměrů docházelo od října/listopadu, což je dáno zejména

topnou sezonou a meteorologickými podmínkami. Zvýšené zátěži jsou tak obyvatelé vystaveni spíše v zimních měsících. Ačkoliv existují výkyvy v porovnání stejných měsíců z let 2009 a 2013, tak nižší průměry v roce 2013 u většiny kontaminantů a měsíců korespondují s celkovým snížením imisí a zlepšením imisní situace.

V rámci pětiletého období mají celkově koncentrace imisí ve sledovaném období spíše klesající tendenci a situace se ve všech městech zlepšila. Mezi sledovanými městy byla nejhorší situace v Kladně, což je dáno zejména průmyslovou činností. Nicméně i ostatní města byla v průběhu let zařazena do oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví lidí bylo nejčastěji zaznamenáno na stanici Kladno - Švermov a dle mapového vyjádření zde byla nejhorší situace, která se však v průběhu pěti let zlepšila.

Ačkoliv se imisní zátěž ve vybraných městech zlepšila, stále je potřeba realizovat opatření, která by přispěla ke zlepšení. Ve městech by se měla finančně podporovat změna vytápění domácností se zaměřením na dálkové vytápění, plynofikaci a omezit tak počet domácností, které jsou vytápěné tuhými palivy. S tím souvisí i podpora zateplování budov a využívání obnovitelných zdrojů energie s možností využití financování z evropských fondů. V případě velkých zdrojů znečišťování je potřeba dbát na nejlepších dostupných technikách a kontroly ze strany Středočeského kraje. V souvislosti se stále zvyšujícím se počtem motorových vozidel by dále měla být realizována výsadba veřejné zeleně kolem hlavních komunikací z důvodu snížení prašnosti a hlavní komunikace by měly být udržovány v kvalitním stavu. V případě hromadné dopravy je potřeba ve městech podporovat modernizaci vozů (např. vozy na zemní plyn).

K rozsáhlejšímu monitoringu imisní situace a lepšímu vyhodnocení kvality ovzduší v dalších městech je potřeba rozšířit síť měřících stanic. Měřící stanice imisí by měly být aspoň v každé obci s rozšířenou působností. V některých městech (např. Příbram či Mladá Boleslav), kde je do ovzduší emitováno v porovnání s ostatními městy více emisí konkrétního kontaminantu ze stacionárních zdrojů znečišťování, nejsou imise daného kontaminantu měřeny. Ke zlepšení situace a nepřekračování imisních limitů je zapotřebí podpora společnosti a snaha omezit nadlimitní množství emisí znečišťujících látek.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

ADAMEC V., DOSTÁL I., DUFEK J., HUZLÍK J., JEDLIČKA J., LIČBINSKÝ R., MACHÁLEK P., 2008: Dominantní příčiny znečištění ovzduší - Znečištění ovzduší z dopravy. Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 10-47. ISBN 978-80-86832-38-8.

BARTOŇOVÁ A., 2009: Účinky znečištění ovzduší. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 264 - 279. ISBN 978-80-246-1598-1.

BEDNÁŘ J., 2008: Meteorologie. In: Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 369-399. ISBN 978-80-86832-38-8.

BĚLOHLÁVEK A. J., 2011: Ochrana přímých zahraničních investic v energetice. C. H. Beck, Praha, 425 s. ISBN 978-80-7400-392-9.

BOLLEN J. a BRINK C., 2014: Air pollution policy in Europe: Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. Energy Economics 46: 202-215.

BRANIŠ M., 2009: Znečištění ovzduší. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 180 - 197. ISBN 978-80-246-1598-1.

CENIA, 2007: Životní prostředí – prostředí pro život? CENIA, Praha, 86 s. ISBN 80-85087-60-X.

CENIA, 2014: Zpráva o životním prostředí České republiky 2013. CENIA, Praha, 218 s.

CENIA, 2015: Kvalita ovzduší z hlediska ochrany lidského zdraví, Praha, online: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1531>, cit. 14.2.2015.

ČHMÚ, 2014: Grafická ročenka 2013, Praha, online: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/II_ovzd_CZ.html, cit. 6. 12.2 014.

ČHMÚ, 2015: Tabelemní ročenky znečištěné ovzduší 2009 - 2013, Praha, online: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, cit. 7. 2. 2015.

ČHMÚ: Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší - GIS vrstvy, Praha, online: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html, cit. 20. 3. 2015.

ČSÚ, 2015a: Statistická ročenka Středočeského kraje 2014, Praha, online: <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-stredoceskeho-kraje-2014-bi10tyj4sf>, cit. 4. 2. 2015.

ČSÚ, 2015b: Klasifikace územních statistických jednotek, Praha online: http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?cislotab=MLO5013PU_OB2.56&voa=tabulka&go_zobraz=1&verze=0

EEA, 2013: Air quality in Europe – 2013 report, EEA Technical report 9/2013. EEA, Copenhagen, online: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>, cit. 10. 4. 2015.

ERISMAN J.W. a SUTTON M., 2007: Reduced nitrogen in ecology and the environment. In: Monteny G. a Hartung E. (eds.): Ammonia emissions in agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 58-63 p. ISBN 978-90-8686-029-6.

FARA M., 2008: Těžké kovy (environmentální charakteristika. In: Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 369-399. ISBN 978-80-86832-38-8.

FENGER J., 2009: Air pollution in the last 50 years – From local to global. Atmospheric Environment 43: 13-22.

FIALA J. a ZÁVODSKÝ D., 2008: Chemické aspekty znečišťovaného ovzduší. In: Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 267-309. ISBN 978-80-86832-38-8.

GUERREIRO C., FOLTESCU V., LEEUW F., 2014: Air quality status and trends in Europe. Atmospheric Environment 98: 376-384.

HASSANIEN M. A. a ELSHAHAWY A. M., 2011: Environmental Heavy Metals and Disorders of Children in Developing Countries. In: Simeonov L. I., Kochubovski M. V., Simeonova B. G. (eds.): Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development. Springer, Dordrecht, 1-26 p. ISBN 978-94-007-0253-0

HLAVÁČEK J., 2011: Historie a vývoj Montrealského protokolu o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. In: Achrer J. (ed.): Ochrana ozonové vrstvy v České

republice: 20 let od podepsání Montrealského protokolu. MŽP, Praha, 128 s. ISBN 978-807-2124-718.

HOLOUBEK I. a Hovorka J., 2009: Organické látky v atmosféře. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 140 - 159. ISBN 978-80-246-1598-1.

HOLOUBEK I., 1996: Persistentní organické polutanty v prostředí. Sborník referátů z mezinárodního symposia: Sledování polutantů v životním prostředí. MZLU v Brně, Ústav chemie biochemie, Brno, 13 - 17.

HOLOUBEK I., 2008: Organické látky v ovzduší. In: Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 312-367. ISBN 978-80-86832-38-8.

HOVORKA J., 2009: Atmosférický aerosol. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 121-139. ISBN 978-80-246-1598-1.

HŮNOVÁ I., 2008: Jak vymezit rizikové oblasti z hlediska potenciálního poškození vegetace přízemním ozonem? Případová studie pro CHKO Jizerské hory. In: Rožnovský J. a Litschmann T. (eds.): Znečištění ovzduší: metody měření a hodnocení vlivu: Sborník příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 23. - 24. 4. 2008. Česká bioklimatologická společnost v nakl. ČHMÚ, Praha, 27 - 33. ISBN: 978-80-86690-49-0.

HŮNOVÁ I., 2009: Atmosférické depozice. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 140 - 159. ISBN 978-80-246-1598-1.

DATABÁZE ISKO, ČHMÚ - Databáze Informačního systému kvality ovzduší z let 2009 - 2013.

JENÍČEK V. a FOLTÝN J., 2010: Globální problémy světa v ekonomických souvislostech. C. H. Beck, Praha, 324 s. ISBN: 978-80-7400-326-4.

KALVOVÁ J., MIKŠOVSKÝ J., RAIDL A., 2009: Klima a jeho změny. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 280 - 324. ISBN 978-80-246-1598-1.

KLEIN O. a BENCKO V., 1996: Ekologie člověka a zdraví. VŠB, Ostrava, 196 s. ISBN 80-707-8376-1.

KRUMLOVÁ A. a POKORNÝ B., 2008: Vliv dlouhodobé expozice PM_{2,5} na incidenci předčasného úmrtí obyvatel města Brna a dalších měst Jihomoravského kraje. In: Rožnovský J. a Litschmann T. (eds.): Znečištění ovzduší: metody měření a hodnocení vlivu: Sborník příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 23. - 24. 4. 2008. Česká bioklimatologická společnost v nakl. ČHMÚ, Praha, 43 - 52. ISBN: 978-80-86690-49-0.

KURFÜRST J., 2008: Měření v ochraně ovzduší. In: Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 153-192. ISBN 978-80-86832-38-8.

MAIER K., 2012: Udržitelný rozvoj území. Grada Publishing, Praha, 253 s. ISBN 978-80-247-4198-7.

MARŠÁK J., 2006: Integrovaná prevence v ČR a systém výměny informací o nejlepších dostupných technikách. In: Sborník z mezinárodní konference a odborného semináře v oboru Integrovaná prevence a omezování znečišťování životního prostředí "Trendy v prevenci a omezování znečišťování životního prostředí v podmínkách asanačních podniků". MZLU v Brně, Brno, 16 - 21. ISBN 80-7157-963-7.

MARŠÁK J., 2007: Evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek: nový celoevropský zdroj informací o znečišťování životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 26 s. ISBN 978-80-7212-464-0.

MAYERHOFER P., VRIES B., ELZEN M., VUUREN D., ONIGKEIT J., POSCH M., GUARDANS R., 2002: Long-term, consistent scenarios of emissions, deposition, and climate change in Europe. *Environmental Science & Policy* 5: 273 – 305.

MĚSTO BEROUN, 2015: Oficiální web města, online: <http://www.mesto-beroun.cz/turista/historie-a-soucasnost/>, cit. 7. 2. 2015.

MĚSTO KLADNO, 2015: Oficiální web města, online: <http://www.mestokladno.cz/zivotni-prostredi/d-1401496/p1=2100040012>, cit. 7. 2. 2015.

MĚSTO MLADÁ BOLESLAV, 2015: Oficiální web města, online: <http://www.mb-net.cz/>, cit. 7. 2. 2015.

MŽP, 2007: Národní program snižování emisí České republiky. MŽP, Praha, 46 s.

MŽP, 2014: Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, Praha, online: http://www.mzp.cz/cz/oblasti_se_zhorsesnou_kvalitou_ovzduisi, cit. 6.12.2014.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1005/2009, o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006, o některých fluorovaných skleníkových plynech.

Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, ve znění pozdějších předpisů.

NĚMEC J., 1992: Oceňování náhrad škod způsobených imisemi na zemědělské výrobě. Ústav vedeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 49 s.

PŘIBIL R., 2009: Přirozené složky atmosféry. In: Braniš M. a Hůnová I. (eds.): Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum, Praha, 50 - 66. ISBN 978-80-246-1598-1.

RÁČEK A. a PREININGEROVÁ E., 1988: Zásady hospodaření v imisních oblastech. Ústav vedeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 19 s.

RAFAJ P., AMANN M., SIRI J. G., 2014a: Factorization of air pollutant emissions: Projections versus observed trends in Europe. *Science of the Total Environment* 494 – 495: 272 – 282.

RAFAJ P., AMANN M., SIRI J. G., WUESTER H., 2014b: Changes in European greenhouse gas and air pollutant emissions 1960–2010: decomposition of determining factors. *Climatic change* 124: 477 – 504.

Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší, ČHMÚ, data z let 2009 - 2013.

SEINFELD J. H. a PANDIS S. N., 2006: Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. J. Wiley, New Jersey, 1203 p. ISBN 978-0-471-72018-8.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezování znečištění).

STEHLÍK J., 2008: Dominantní příčiny znečišťování ovzduší - Spalovací procesy. In: Kurfürst J. (ed.): Kompendium ochrany kvality ovzduší. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim, 49-98. ISBN 978-80-86832-38-8.

SZÚ, 2010: Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Souhrnná zpráva za rok 2009. Státní zdravotní ústav. Praha, 120 s.

SZÚ, 2014: Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky ve vztahu k životnímu prostředí: Souhrnná zpráva za rok 2013. Státní zdravotní ústav. Praha, 120 s.

ŠIMKOVÁ J., SKERIL R., KNOZOVÁ G., 2008: Významné smogové situace a jejich závislost na meteorologických podmínkách v ČR. In: Rožnovský J. a Litschmann T. (eds.): Znečištění ovzduší: metody měření a hodnocení vlivu: Sborník příspěvků z mezinárodní konference: Mikulov 23. - 24. 4. 2008. Česká bioklimatologická společnost v nakl. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 78 - 82. ISBN: 978-80-86690-49-0.

ŠUTA M., 1996: Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví. Český a Slovenský dopravní klub, Brno, 39 s. ISBN 80-901339-4-0.

ŠUTA M., 2008: Chemické látky v životním prostředí a zdraví. ZO ČSOP Veronica, Brno, 61 s. ISBN: 978-80-87308-00-4.

TUREK B., 1993: Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica: Informace o systémech monitoringu se zaměřením na zátěž populace oxickými látkami z potravin. Státní zdravotní ústav, Praha, 38 s. ISSN: 0231-6544.

Věstník právních předpisů Středočeského kraje, 2012, Praha, online: <http://www.kr-stredocesky.cz/web/urad/vestnik-pravnich-predpisu>, cit. 7. 2. 2015.

VFU, 2015: Biostatistika, online: <http://cit.vfu.cz/stat/FVHE/priklady.htm>, cit. 8. 2. 2015.

Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích.

Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

WALKER C. H., HOPKIN S. P., SIBLY R. M., PEAKALL D. B., 2001: Principles of Ecotoxicology. Taylor and Francis Group, New York, 309 p. ISBN 0-7484-0940-8.

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.

Zákon č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, v platném znění.

Zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu a o fluorovaných skleníkových plynech, v platném znění.

ZÁVODSKÝ D., ZÁVODSKÁ E., LAPIN M., 1992: Kvalita ovzdušia a zmeny klímy. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 87 s. ISBN 80-901-2627-8.

9. Přílohy

Příloha č. 1 – Podíl REZZO 1 na emisích SO₂ v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Podíl REZZO 1 na emisích SO ₂ v letech 2009 - 2013 (%)					
	2009	2010	2011	2012	2013
Beroun	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Kladno	97,5	97,2	98,9	98,8	98,9
Mladá Boleslav	98,5	98,3	99,0	98,9	98,8
Příbram	98,2	96,1	97,2	97,7	96,7
Brandýs nad Labem	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1

Příloha č. 2 - Podíl REZZO 3 na emisích SO₂ v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Podíl REZZO 3 na emisích SO ₂ v letech 2009 - 2013 (%)					
	2009	2010	2011	2012	2013
Beroun	96,6	99,5	99,3	99,6	99,6
Kladno	2,3	2,5	0,9	1,0	1,1
Mladá Boleslav	1,3	1,5	0,8	0,9	1,1
Příbram	1,5	3,3	2,3	2,0	2,8
Brandýs nad Labem	48,0	99,3	99,2	93,3	91,5

Příloha č. 3 - Podíl REZZO 1 na emisích NO_x v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Podíl REZZO 1 na emisích NO _x v letech 2009 - 2013 (%)					
	2009	2010	2011	2012	2013
Beroun	54,4	54,1	53,0	49,7	48,8
Kladno	97,8	97,8	98,5	98,5	98,4
Mladá Boleslav	96,6	96,3	96,9	97,5	97,5
Příbram	97,2	95,9	93,8	95,9	96,3
Brandýs nad Labem	10,2	15,5	24,3	21,7	15,3

Příloha č. 4 - Podíl REZZO 3 na emisích NO_x v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Podíl REZZO 3 na emisích NO _x v letech 2009 - 2013 (%)					
	2009	2010	2011	2012	2013
Beroun	32,5	34,5	33,8	40,5	44,6
Kladno	1,4	1,6	1,0	1,1	1,2
Mladá Boleslav	1,9	1,9	1,3	1,5	1,8
Příbram	1,8	3,0	3,4	2,5	2,9
Brandýs nad Labem	45,4	42,3	52,2	55,1	67,7

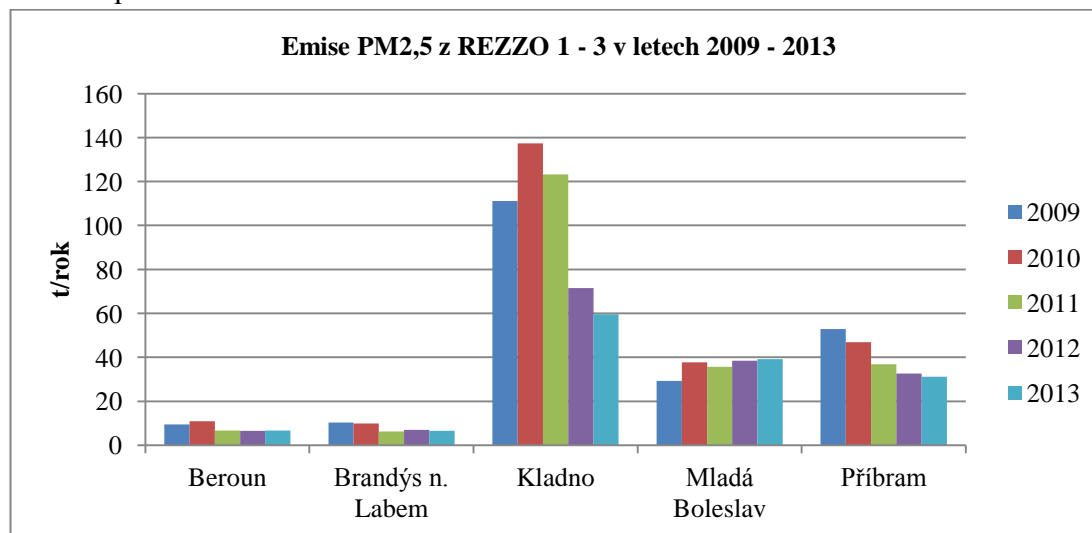
Příloha č. 5 - Podíl REZZO 1 na emisích PM₁₀ v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.

Podíl REZZO 1 na emisích PM ₁₀ v letech 2009 - 2013 (%)					
	2009	2010	2011	2012	2013
Beroun	0,4	0,6	0,7	0,3	0,5
Brandýs n. Labem	0,6	0,7	1,6	0,8	1,1
Kladno	53,4	59,3	84,2	73,6	69,0
Mladá Boleslav	74,9	74,8	87,4	87,4	89,3
Příbram	58,3	44,8	54,5	42,6	37,3

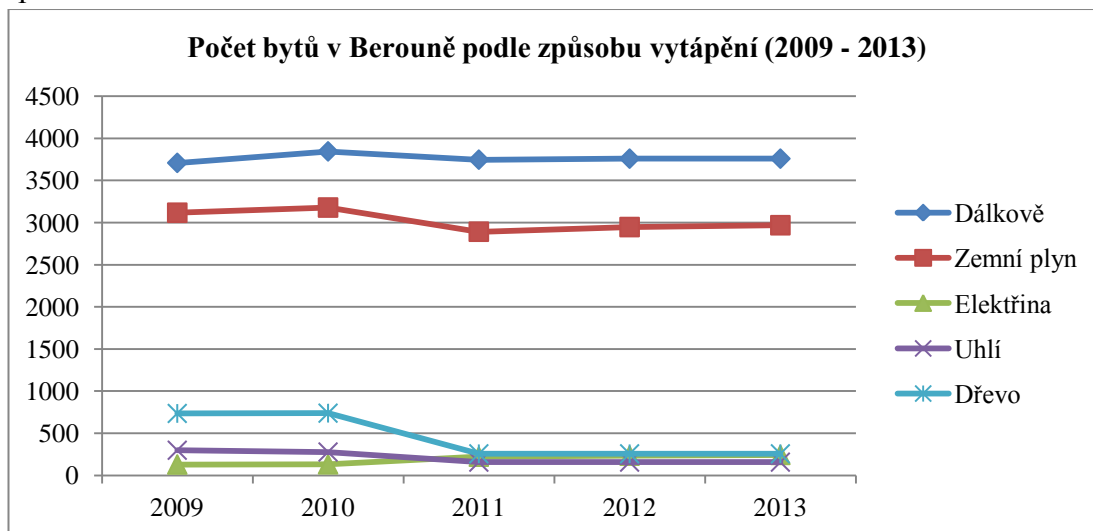
Příloha č. 6 - Podíl REZZO 3 na emisích PM₁₀ v letech 2009 – 2013 vlastní zpracování.

Podíl REZZO 3 na emisích PM ₁₀ v letech 2009 - 2013 (%)					
	2009	2010	2011	2012	2013
Beroun	93,7	90,4	85,5	98,8	97,0
Brandýs n. Labem	67,2	88,9	81,9	79,8	89,4
Kladno	36,4	34,2	11,8	23,2	29,0
Mladá Boleslav	22,7	19,7	10,3	10,6	10,6
Příbram	40,9	54,4	44,4	56,4	62,0

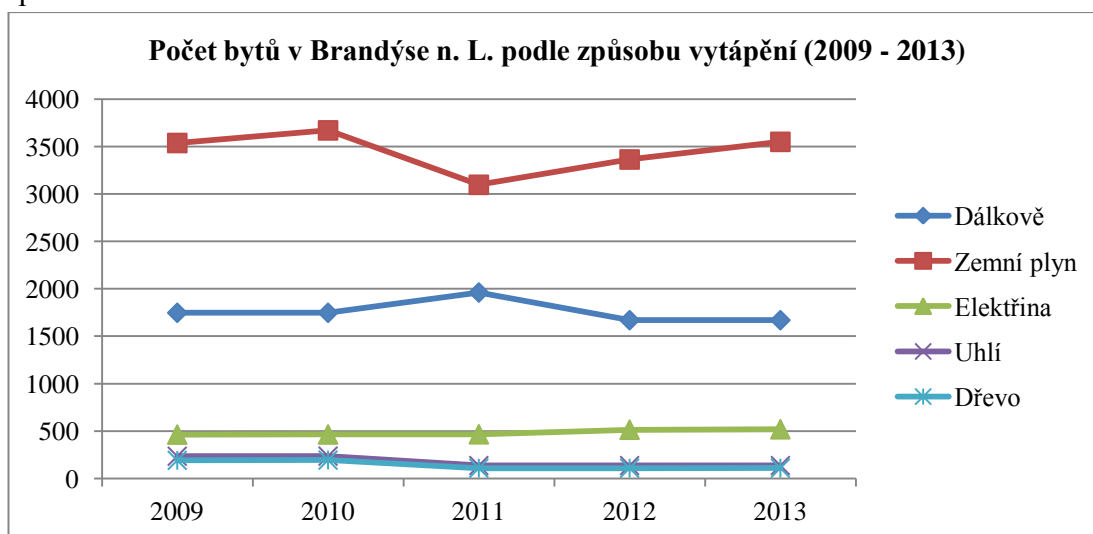
Příloha č. 7 – Celkové množství emisí PM_{2,5} z REZZO 1 – 3 v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



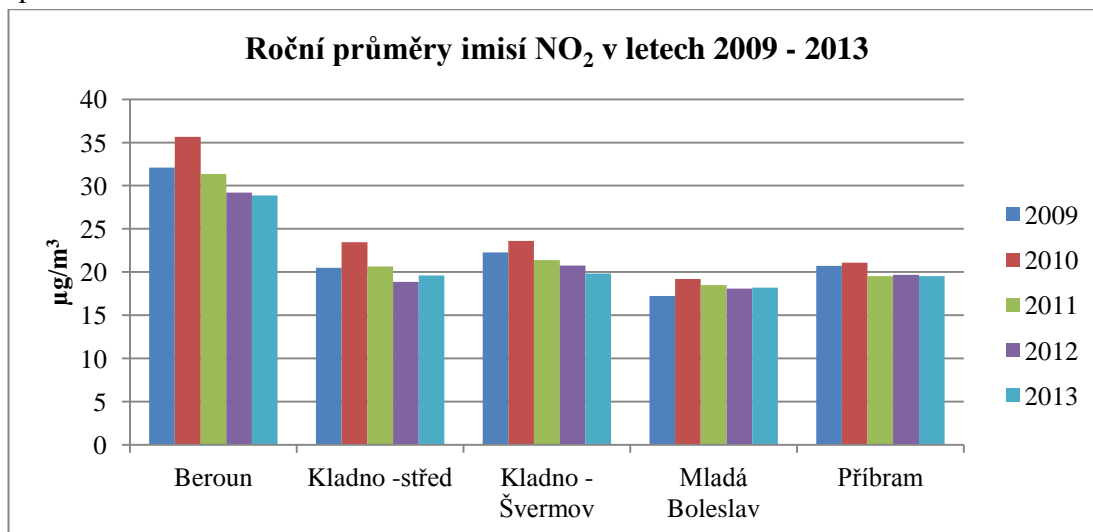
Příloha č. 8 – Vývoj počtu bytů podle způsobu vytápění v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



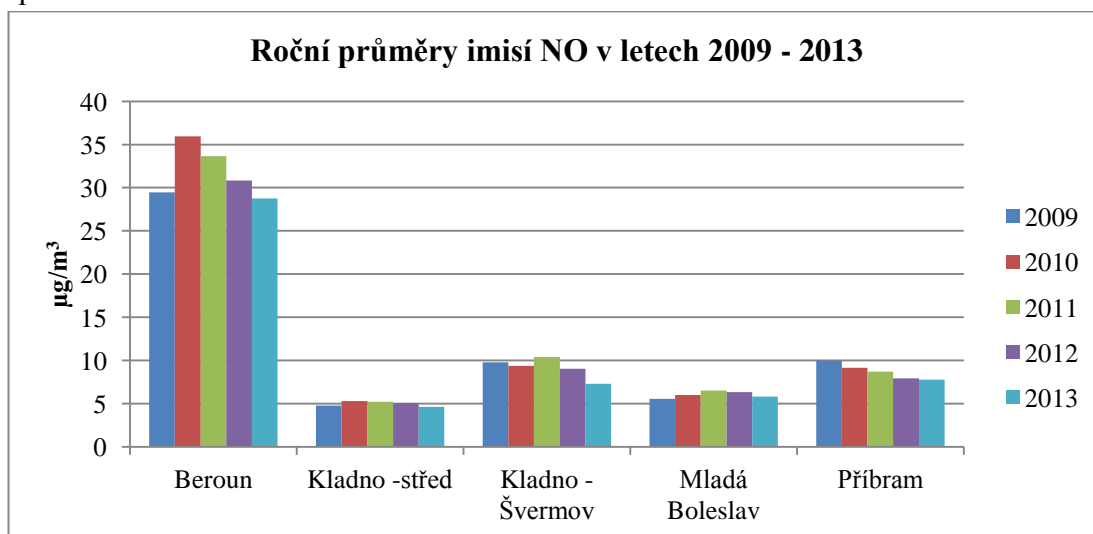
Příloha č. 9 – Vývoj počtu bytů podle způsobu vytápění v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



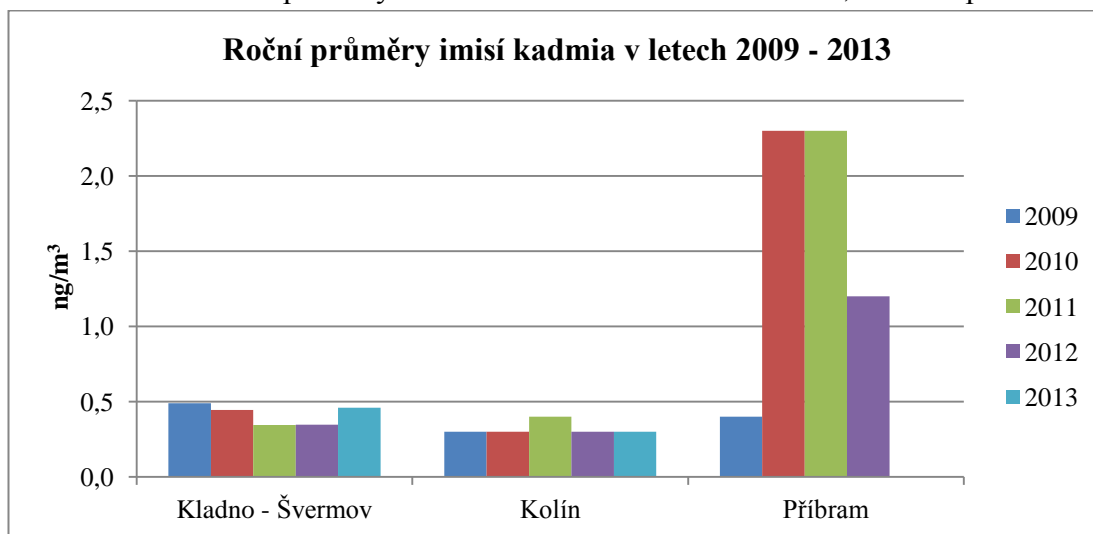
Příloha č. 10 – Roční průměry imisí oxidu dusičitého v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



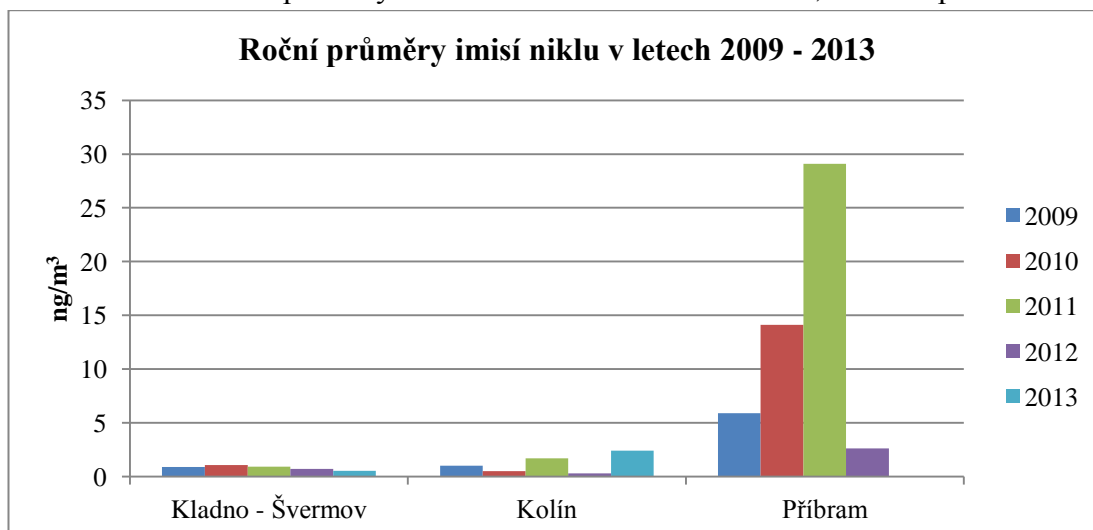
Příloha č. 11 – Roční průměry imisí oxidu dusnatého v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



Příloha č. 12 – Roční průměry imisí kadmia v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



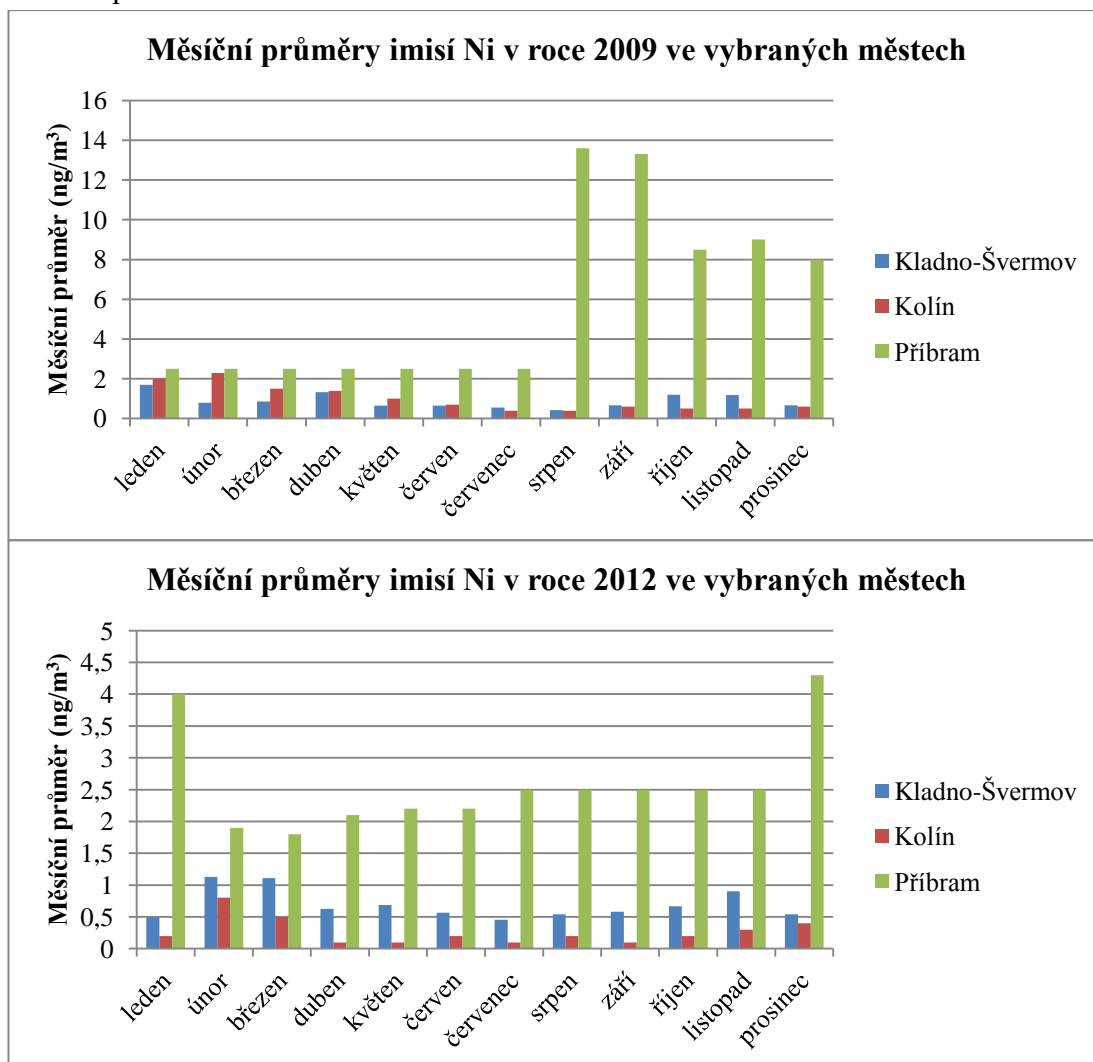
Příloha č. 13 – Roční průměry imisí niklu v letech 2009 – 2013, vlastní zpracování.



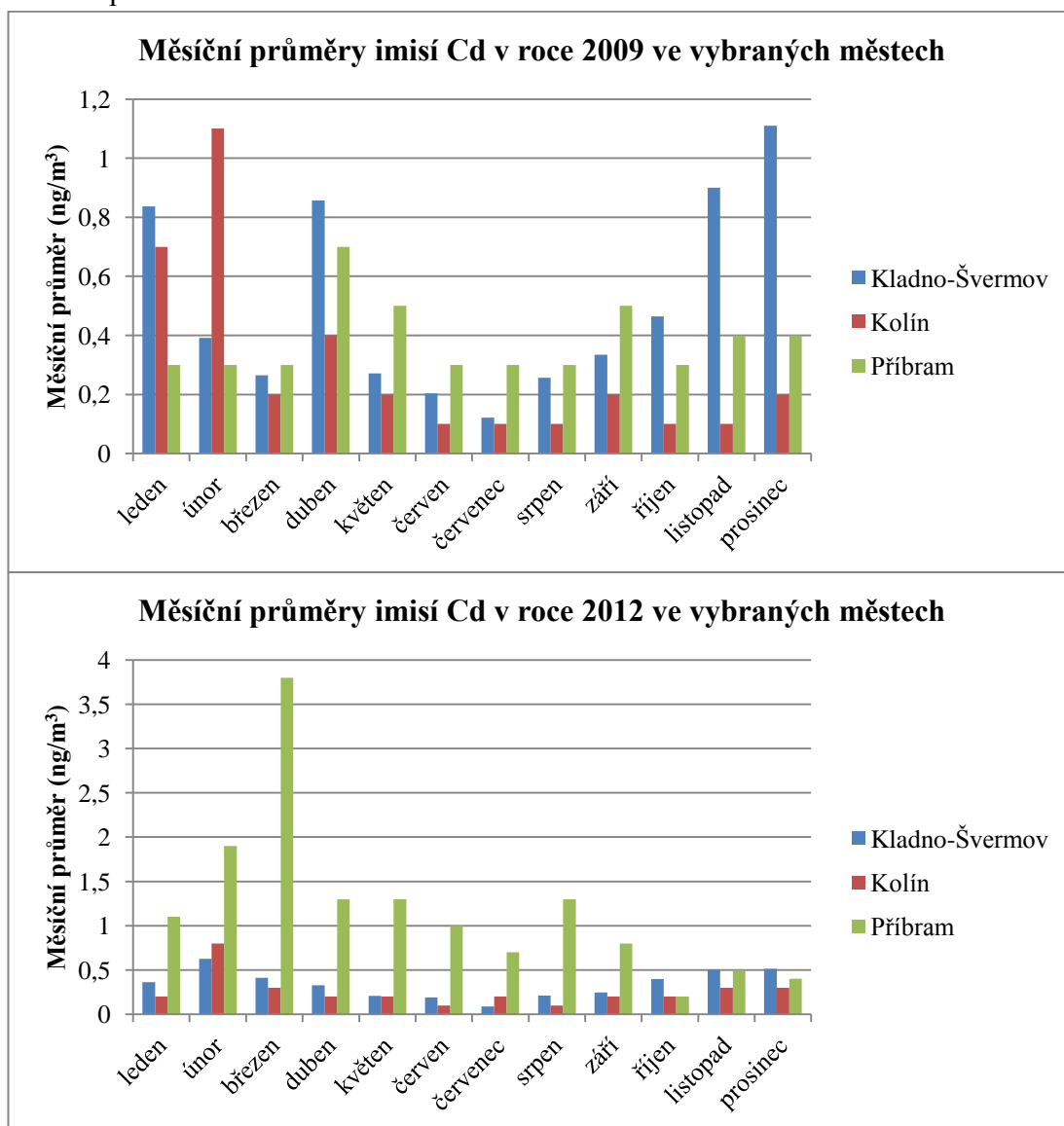
Příloha č. 14 - Přehled imisních limitů pro ochranu zdraví lidí sledovaných kontaminantů za kalendářní rok v letech 2009 – 2013, , vlastní zpracování.

Kontaminant	Hodnota imisního limitu
PM ₁₀	40 µg/m ³
PM _{2,5}	25 µg/m ³
Oxid dusičitý	40 µg/m ³
Arsen	6 ng/m ³
Kadmium	5 ng/m ³
Nikl	20 ng/m ³
Olovo	500 ng/m ³
Benzo(a)pyren	1 ng/m ³
Ozon	120 µg/m ³ (cílový limit)

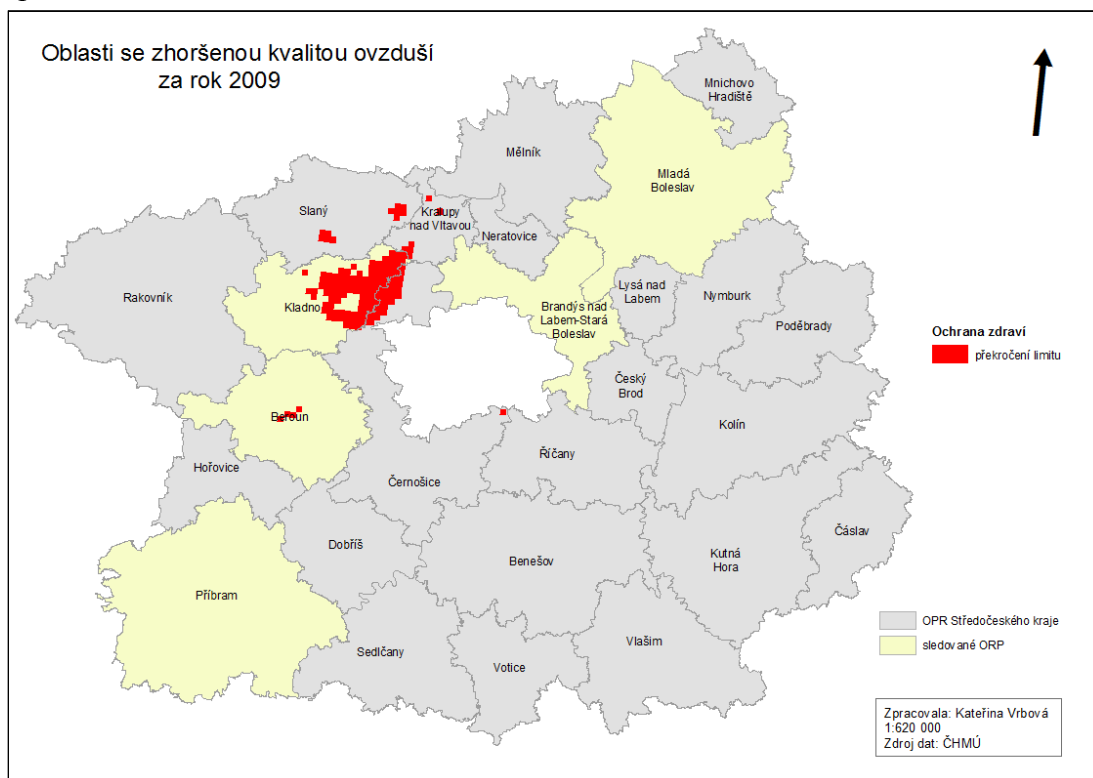
Příloha č. 15 - měsíční průměry imisí Ni v letech 2009 a 2012 ve vybraných městech, vlastní zpracování.



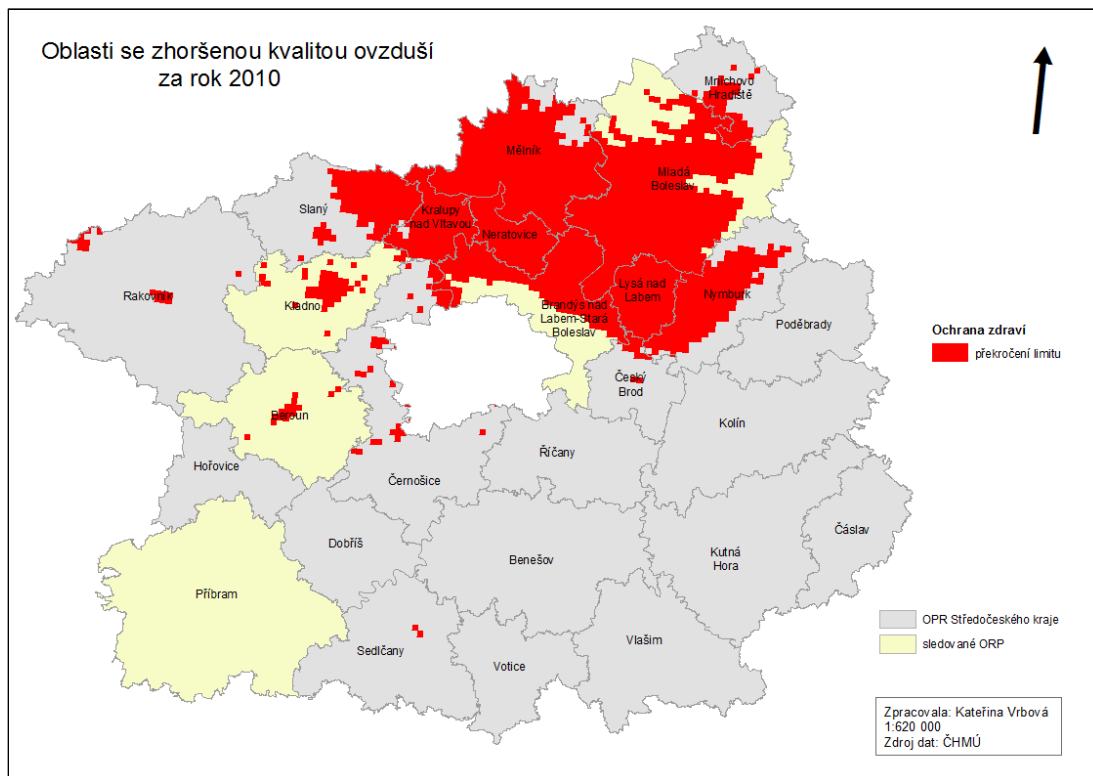
Příloha č. 16 - měsíční průměry imisí Cd v letech 2009 a 2012 ve vybraných městech, vlastní zpracování.



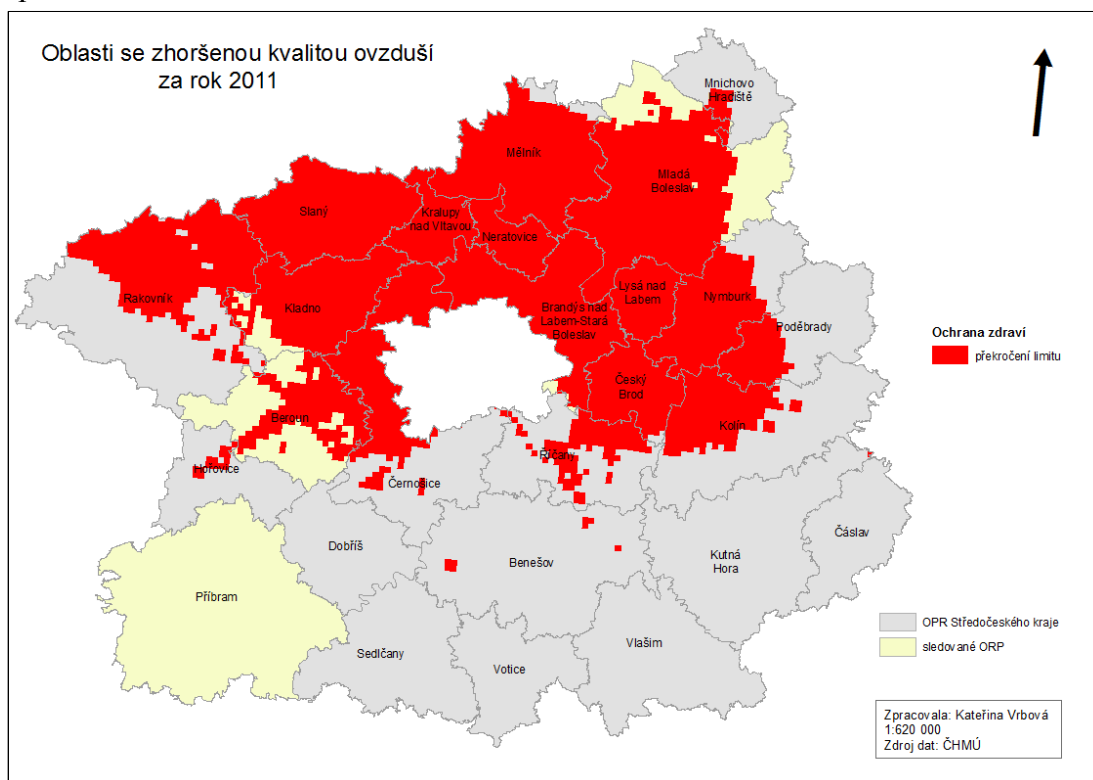
Příloha č. 17 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví za rok 2009, vlastní zpracování.



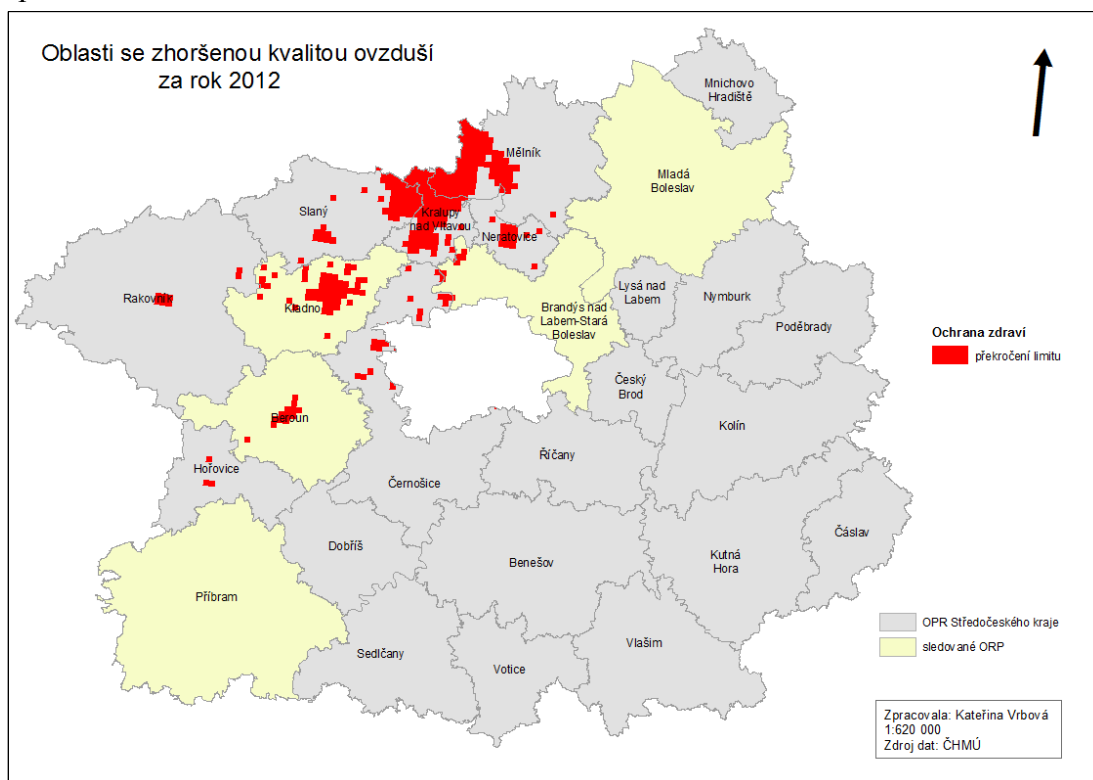
Příloha č. 18 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví za rok 2010, vlastní zpracování.



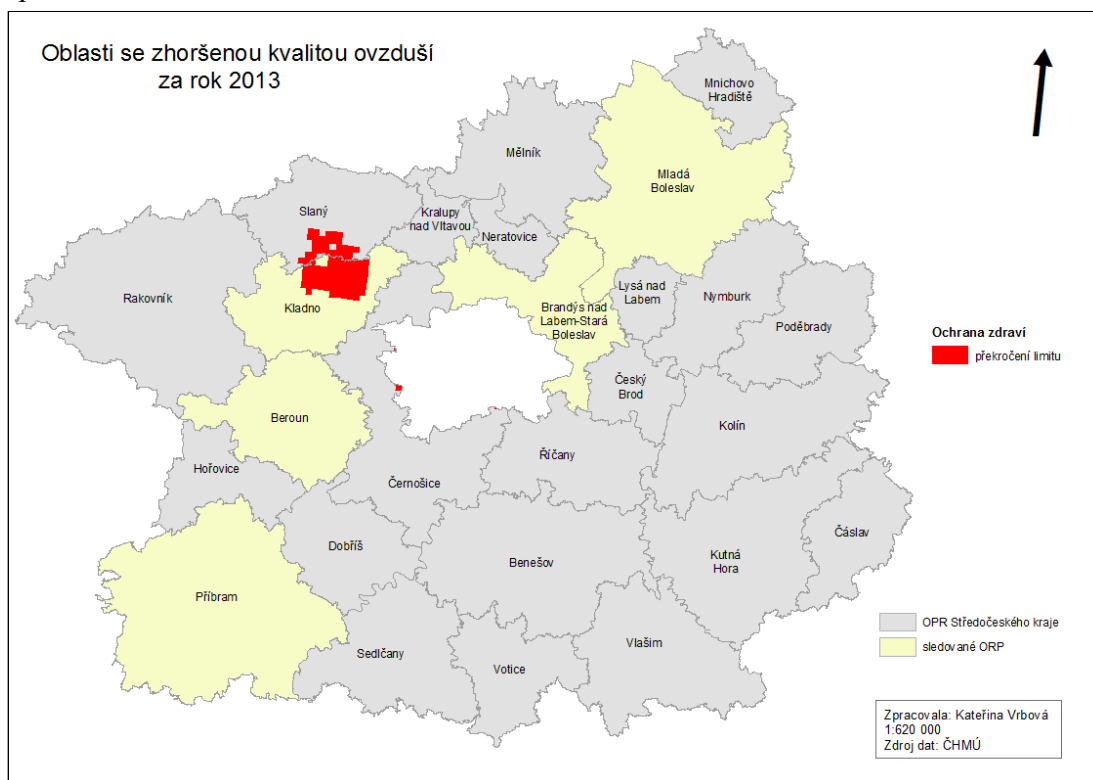
Příloha č. 19 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví za rok 2011, vlastní zpracování.



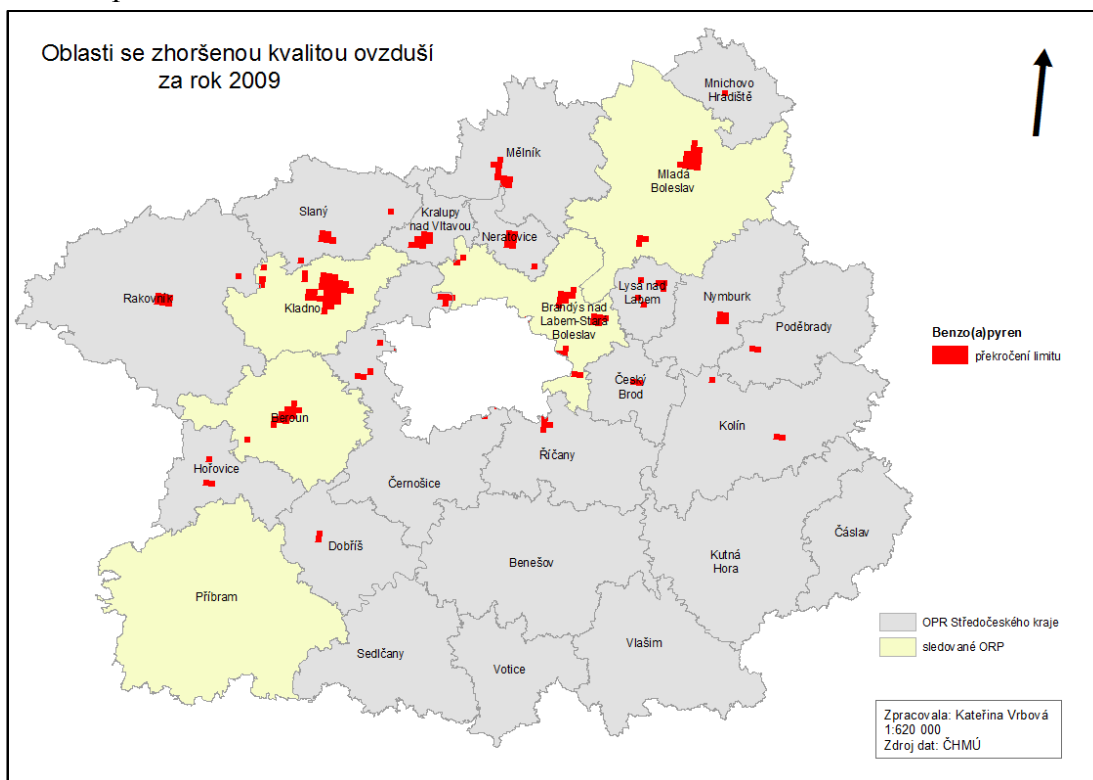
Příloha č. 20 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví za rok 2012, vlastní zpracování.



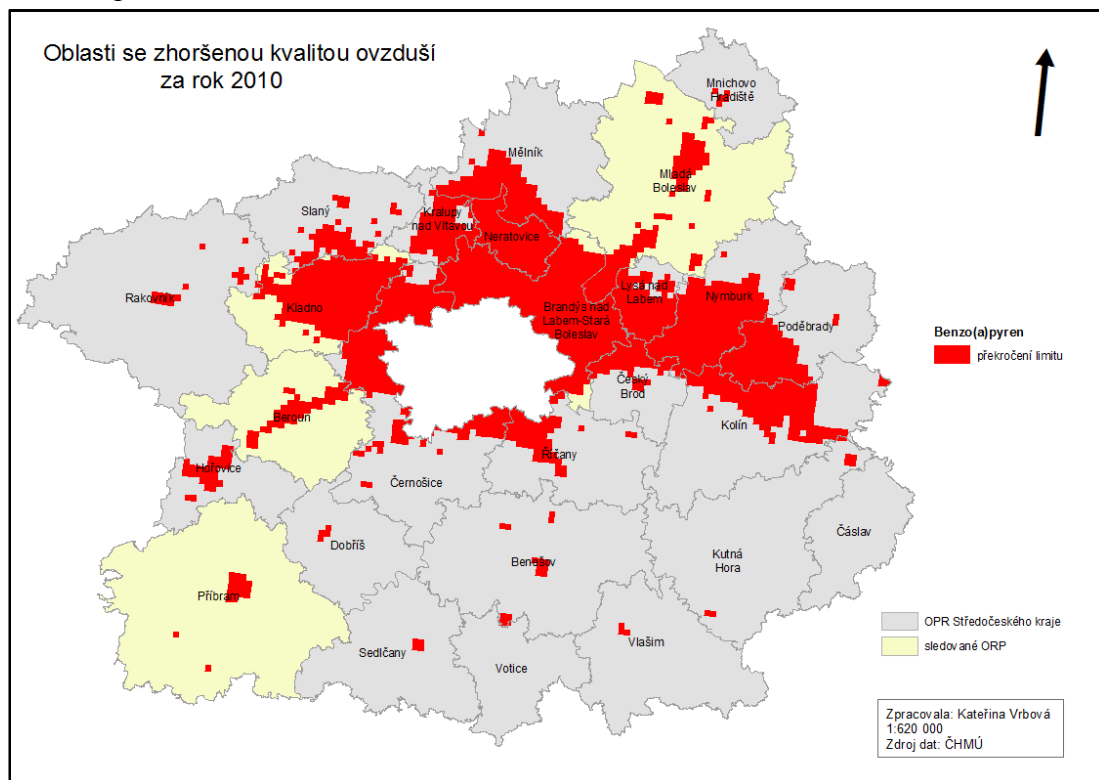
Příloha č. 21 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví za rok 2013, vlastní zpracování.



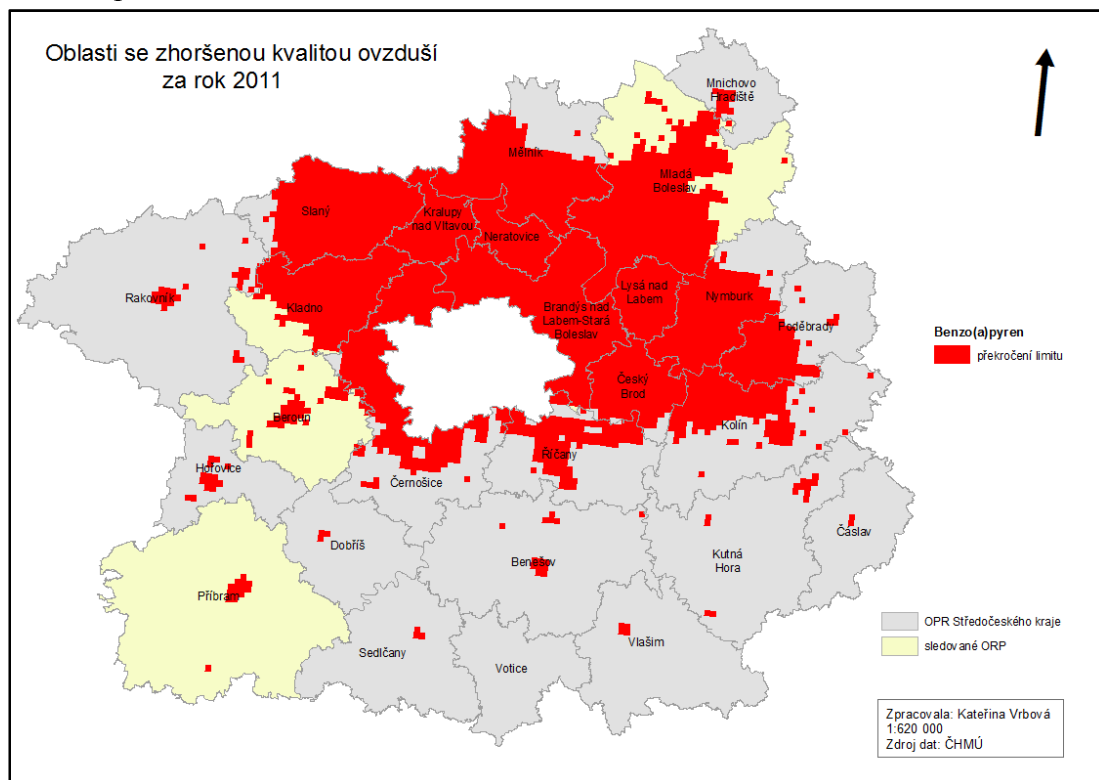
Příloha č. 22 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví (BaP) za rok 2009, vlastní zpracování.



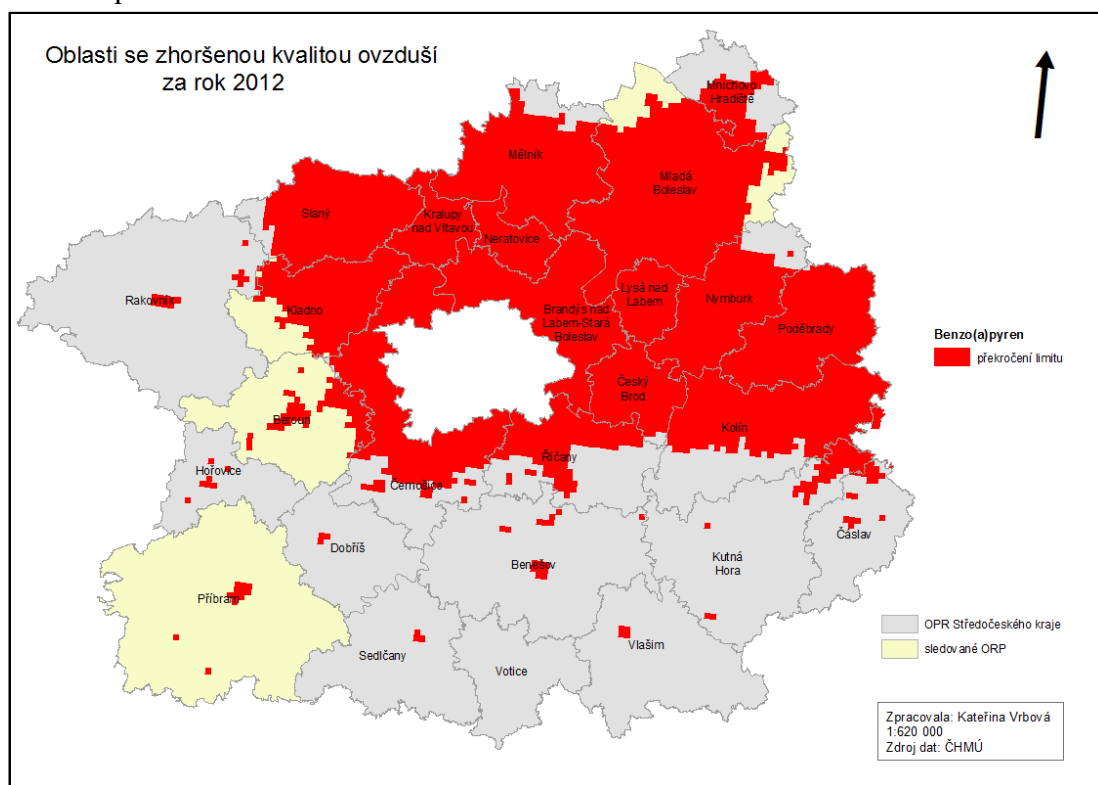
Příloha č. 23 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví (BaP) za rok 2010, vlastní zpracování..



Příloha č. 24 - Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví (BaP) za rok 2011, vlastní zpracování.



Příloha č. 25 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví (BaP) za rok 2012, vlastní zpracování.



Příloha č. 26 – Překročení imisních limitů pro ochranu zdraví (BaP) za rok 2013, vlastní zpracování..

