

Monitorování vybraných těkavých organických látek v městském prostředí

Bc. Lucie Krásná

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie KRÁSNÁ**
Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Monitorování vybraných těkavých organických látek
v městském prostředí**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši týkající se měření imisí těkavých organických látek (TOL) v městských aglomeracích.
2. Na základě této studie zvolte vhodné podmínky odběru a analýzy vybraných vzorků imisí těkavých organických látek .
3. Provedte odběry vzorků imisí TOL ve vybraných lokalitách ve městě Zlín za období listopad 2009 až duben 2010.
4. Získané výsledky přehledně zpracujte do diplomové práce.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Vědecké práce zahrnuté v databázích Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, InterScience, Medline nebo SciFinder Scholar, případně práce dostupné z dalších zdrojů vědecké literatury.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marie Dvořáková, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání diplomové práce:

15. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

14. května 2010

Ve Zlíně dne 15. února 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Lucie Krásná

Obor: IOŽP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 14.5. 2010

Lucie Krásná
.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na stanovení vybraných těkavých organických látek, zejména BTEX (benzen, toluen, m, p, o- xyleny). Tyto látky mají toxické vlastnosti a negativně ovlivňují atmosféru a lidské zdraví. K odběru vzorků vzduchu pro stanovení koncentrací látek benzenu, toluenu a m, p, o-xylenů probíhalo ve městě Přerov ve dvou lokalitách a to v ulici Palackého a na benzinové čerpací stanici. Vzorky vzduchu byly odebírány na trubičky s aktivním uhlím (SKC 226-01), čerpadlem s membránou o průtoku 680ml/min, odběr probíhal cca 24 hodin. Poté byly vzorky extrahovány do 1ml sirouhlíku čistoty p.a. a analyzovány na plynovém chromatografu s FID detektorem. Koncentrace benzenu dosáhla maximální hodnoty $2,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, toluenu $6,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, m-xylenu $7,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, p-xylenu $6,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a o-xylenu $4,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Imisní limit pro benzen nebyl překročen.

Klíčová slova: Těkavé organické látky, BTEX, plynová chromatografie, imise, benzen

ABSTRACT

This thesis focused on the determination of selected volatile organic compounds, especially BTEX (Benzene, Toluene, m, p, o-xylenes). These substances have toxic properties that negatively affect the atmosphere and human health. The air sampling for determination of concentrations of benzene, toluene, m, p, o-xylene was carried out in the town Přerov in the regards to two sites at Palackého Street and a petrol station. Air Samples were collected on charcoal tubes (SKC 226-01) by membrane pump flow of 680ml/min, sampling was conducted for approximately 24 hours. Then the samples were extracted into 1 ml of carbon disulfide analytical grade and analyzed by gas chromatograph with an FID detector. Concentration of benzene reached the maximum value of $2.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $6.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of toluene, m-xylene $7.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, p-xylene $6.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and o-xylene $4.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The Limit value for benzene was not exceeded.

Keywords: Volatile organic compounds, BTEX, gas chromatography, air pollution, benzene

Děkuji vedoucí své diplomové práce Ing. Marii Dvořáčkové, Ph.D. za trpělivost, ochotu, poskytnuté rady a četné konzultace, které mi velmi pomohly při vypracování mé diplomové práce. V neposlední řadě také děkuji svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY	11
1.1 CHEMICKÉ REAKCE VOCs V OVZDUŠÍ	12
1.2 VYBRANÉ VOCs A JEJICH VLIV NA LIDSKÉ ZDRAVÍ	13
1.2.1 Benzen	13
1.2.2 Toluén	14
1.2.3 Ethylbenzen	15
1.2.4 Xyleny	15
1.3 IMISNÍ LIMITY BTEX	16
1.4 METODY STANOVENÍ TĚKAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK	18
1.5 NORMOVANÁ METODA STANOVENÍ BENZENU	20
2 IMISE ORGANICKÝCH TĚKAVÝCH LÁTEK	22
3 CÍL PRÁCE	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
4 POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A CHEMIKÁLIE	28
4.1 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ A POMŮCKY	28
4.2 CHEMIKÁLIE	28
5 LOKALIZACE A METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY PŘI ODBĚRU VZORKU	29
5.1 POPIS LOKALIT PRO ODBĚR VZORKŮ.....	29
5.1.1 Lokalita čerpací stanice	29
5.1.2 Lokalita Palackého ulice	29
5.2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY	30
6 PRACOVNÍ POSTUPY	32
6.1 PŘÍPRAVA KALIBRAČNÍCH ROZTOKŮ	32
6.2 KALIBRACE A ANALÝZA VZORKŮ	32
6.3 ODBĚR VZORKŮ	33
6.4 PŘÍPRAVA VZORKŮ K ANALÝZE NA GC	33
7 MĚŘENÍ A VÝSLEDKY	34
7.1 MĚŘENÍ	34
7.1.1 Kalibrační křivky	34
7.1.2 Záznamy chromatografu	37
7.1.3 Výpočty	39
7.2 VÝSLEDKY A DISKUSE	40
ZÁVĚR	51

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

Mobilní zdroje, jako je automobilová doprava, představují celosvětově významný zdroj znečišťování ovzduší. Emise produkované dopravou jsou dominantní především v městském prostředí, ale také v okolí páteřních komunikací vedoucích napříč krajinou. V mé práci se zabývám BTEX. Tyto látky mají toxické vlastnosti, negativně ovlivňují atmosféru i lidské zdraví.

Emise těkavých organických látek rostou s intenzitou automobilové dopravy a díky tomu roste i sledování ovzduší znečištěného aromatickými uhlovodíky, převážně benzenu, který je součástí automobilových benzínů. Do ovzduší se dostává výfukovými plyny z vozidel při nedokonalém spalování a také při manipulaci s pohonnými hmotami. Výfukové plyny z motorových vozidel – oxidy dusíku a těkavé organické látky jsou považovány za prekurzory ozónu, což jsou látky podmiňující vznik tzv. přízemního či troposférického ozónu. Tento přízemní ozón je opakem životu prospěšného ozónu ve stratosféře, je nebezpečný lidskému zdraví.

Benzen je nejen toxický, ale má také prokázané karcinogenní účinky a jako pro jedinou látku z BTEX je pro něj v České republice stanoven imisní limit ($5\mu\text{g}/\text{m}^3$).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY

Těkavé organické látky (Volatile Organic Compounds – VOCs) znění definice dle zákona o ochraně ovzduší Zákon 86/2006 Sb: „*těkavou organickou látkou (VOCs) je jakákoli organická sloučenina nebo směs organických sloučenin, s výjimkou methanu, která při 20°C má tlak par 0,01 kPa nebo více nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití*“.

Definice dle směrnice 1999/13/ES; v souladu s návrhem nové směrnice IPPC a také návrhem přílohy č. VI ke Gothenburskému protokolu.

Tato definice zní: „*těkavé organicky látky neboli VOC, jsou pokud není definováno jinak, všechny organické látky antropogenního původu, s výjimkou methanu, které jsou schopny za přítomnosti slunečního záření reagovat s oxidy dusíku za vzniku fotochemických oxidantů*“.

Jedná se o látky benzen, toluen, ethylbenzen, suma xylenů, styren, metylchlorid, trichlor methan, chlorbenzen, suma dichlorbenzenů, suma trime-tylbenzenů, dichlormetan, chlorid uhličitý, trichloretylen, tetrachloretylen, 1,1,1 -trichlorethan, Freon 11, Freon 12 a Freon 113 atd. Výhodou této definice je skutečnost, že vychází ze sledování nepříznivého působení látek na kvalitu ovzduší a tím ponechává prostor dalšímu vědeckému výzkumu souboru takto definovaných znečišťujících látek [1].

Patří do skupiny významně znečišťujících látek, které negativně ovlivňují atmosféru i lidské zdraví. Hrají roli ve stratosférickém vyčerpávání ozónu, vznikají sekundární vysoce toxické znečišťující látky a posilují globální skleníkový efekt. Mají toxické a některé i karcinogenní účinky na lidské zdraví. Těkavé organické látky rostou s intenzitou automobilové dopravy a díky tomu roste i sledování ovzduší znečištěné aromatickými uhlovodíky. Hlavním zdrojem emisí aromatických uhlovodíků, převážně benzenu a jeho alkyl derivátů, jsou výfukové plyny benzínových motorových vozidel.

Z celkového množství emisí aromatických uhlovodíků přibližně 85% představuje množství emisí z mobilních zdrojů, a převládající část připadá na emise z výfukových plynů. Stacionárním zdrojům se připisuje odhadem 15% emisí, přičemž rozhodující podíl připadá procesům produkujícím aromatické uhlovodíky, které tyto sloučeniny používají pro další výrobu chemikálií. Data získaná z monitoringu dokazují, že podíl aromatických uhlovodíků činí okolo 20 až 40 % z celkového množství nemethanických uhlovodíků v ovzduší Evropských měst.

Na koncentraci VOCs z výfukových plynů motorových vozidel má vliv hustota provozu, chemické složení používaných paliv, typ a stáří vozidla. Nemalý vliv mají meteorologické podmínky jako teplota, tlak, vlhkost, povětrnostní podmínky, rozptylové podmínky atd. [2].

1.1 Chemické reakce VOCs v ovzduší

Výfukové plyny z motorových vozidel – oxidy dusíku a těkavé organické látky jsou považovány za prekurzory ozónu, což jsou látky podmiňující vznik tzv. přízemního či troposférického ozónu. Mimo jiné i těkavé organické látky za působení slunečního záření, určité teploty a relativní vlhkosti ovzduší indikují v přízemní vrstvě fotochemický proces, jehož reakčním produktem je přízemní ozón. Rychlost tohoto chemického procesu ovlivňuje koncentrace prekurzorů. Tento přízemní ozón je opakem životu prospěšného ozónu ve stratosféře, je nebezpečný lidskému zdraví, způsobuje dráždění a nemoci dýchacích cest, dráždí oči a způsobuje bolest hlavy. Tento jev se souhrnně označuje jako suchý smog, fotochemický smog či losangelský smog. Ne všechny těkavé organické látky vytvářejí antropogenní ozon v přízemních vrstvách atmosféry stejně ochotně. Jejich závažnost a charakterizující schopnost jednotlivých těkavých organických látek tvořit přízemní ozón je rozlišována podle POCP (Photochemical Ozone Creation Potencial) potenciálu fotochemické tvorby ozónu.

Těkavé organické látky jsou majoritně chápány spíše z hlediska přímé toxicity, přičemž souvislost přítomnosti imisí těchto látek v ovzduší spojenou s tvorbou troposférického ozonů je velice závažná [3, 4].

1.2 Vybrané VOCs a jejich vliv na lidské zdraví

1.2.1 Benzen

Benzen je bezbarvá čirá kapalina s charakteristickým zápachem. Slouží jako rozpouštědlo, plastifikátor, extrakční činidlo. Je používán pro výrobu barviv, detergentů, syntetických vláken, pryskyřice, výbušnin atd. Získáváme jej z ropy, černouhelného dehtu či jako produkt rafinace a rektifikace. Benzen stejně jako 1,3 – butadien je považován za jednu z nejtoxičtějších těkavých organických sloučenin. Vzhledem k všudypřítomnosti a karcinogennímu potenciálu této látky je nutné pochopit její environmentální chování. Plynný benzen může reagovat, stejně jako ostatní těkavé organické látky, s hydroxylovými radikály za vzniku peroxyradikálů. Tyto peroxyradikály jsou spolu s oxidy dusíku příčinou fotochemického smogu. Benzen je spojován se spoustou zdravotních problémů.

Toxikologické účinky:

Vyšší koncentrace benzenu (nad 3200 mg/m^3) vyvolává neurotické příznaky. Trvalá expozice toxickým úrovním benzenu může mít vliv na poškození lidské kostní dřeně, což vede až k perzistentní pancytopenii (příznak leukémie nebo krevního onemocnění – náhlý pokles počtu všech typů krevních tělísek). Prvními příznaky toxicity je anémie (chudokrevnost, snížený počet červených krvinek), dále leukocytopenie či trombocytopenie (onemocnění sníženým počtem krevních destiček). Mohou nastat i smrtelné případy aplastické anémie způsobené inhibicí funkce kostní dřeně.

Karcinogenní účinky:

Benzen je nebezpečný lidský karcinogen. Je známo mnoho případů myeloblastické a erytroblastické leukémie, způsobeny chronickou expozicí působení benzenu. Expozice benzenu může vyvolat pancytopenii (pokles všech druhů krevních tělísek) z které se může dále vyvinout leukémie (onemocnění krvevotvorby), taktéž rakovina plic. Hodnocení karcinogenity podle IARC, 1– klasifikovatelný jako lidský karcinogen [5].

1.2.2 Toluén

Toluén je čirá, bezbarvá tekutina s charakteristickým zápachem. Je těkavý a hořlavý a je dobrým rozpouštědlem. Vyskytuje se v surové ropě. Toluén se používá při výrobě nátěrových hmot, ředitel, lepidel, laků apod. Také se používá jako přídatná směs do benzínu pro zlepšení oktanového čísla. Tudiž automobilová doprava je největším zdrojem emisí toluenu do ovzduší.

Toxikologické účinky:

Toxicitou toluenu je nejvíce ohrožován CNS (centrální nervový systém). Disfunkce centrálního nervového systému byly pozorovány u lidí, kteří byli vystaveni nízkým nebo středním úrovním expozice toluenu. Pokud dochází k dlouhodobému vdechování toluenu, ale nízkých dávkách dochází k únavě, ospalosti, bolesti hlavy, ztrátě paměti, nevolnosti a ztráty chuti k jídlu. Avšak tyto symptomy obvykle vymizí s přerušáním expozice toluenu. Chronické inhalační expozice lidí toluenu způsobuje podráždění horních cest dýchacích, bolesti očí a závratě.

Karcinogenní účinky:

Hodnocení karcinogenity podle IARC , 3 – neklasifikovatelná jako lidský karcinogen [6, 7].

1.2.3 Ethylbenzen

Ethylbenzen je bezbarvá hořlavá kapalina s charakteristickým aromatickým zápachem. Je lehce vznětlivý, rozpustný v alkoholu. Používá se při výrobě styrenu i dalších chemikálií (acetofenon, diethylbenzen), také se používá jako rozpouštědlo a ředidlo laků. Je obsažen v ropných látkách či kamenouhelném dehtu. Největším zdrojem emisí ethylbenzenu do ovzduší je těžba a zpracování ropy a taktéž použití užívání produktů, zejména spalování benzínu při automobilové dopravě.

Toxikologické účinky:

Ethylbenzen může vstupovat do lidského těla orálně či prostupem kůží. Chronická a akutní toxicita této látky je poměrně nízká. Pokud je člověk vystaven expozici etylbenzenu, může dojít k podráždění dýchacích cest a očí, taktéž může ovlivnit funkci mozku a poškodit kůži. Akutní expozice může způsobit neurologické poruchy, závratě, únavu. Chronická expozice má škodlivý účinek na funkci jater, ledvin a CNS.

Karcinogenní účinky:

Hodnocení karcinogenity podle IARC, 2B – možná karcinogenní pro lidi [2, 6].

1.2.4 Xyleny

Xylen tvoří tři izomery s různou polohou dvou methylových skupin navázaných na benzenové jádro: para-xylen (p-xylen, 1,4- dimethylbenzen), meta-xylen (m-xylen, 1,3- dimethylbenzen) a ortho-xylen (o-xylen, 1,2- dimethylbenzen). Xyleny jsou hořlavé kapalně látky. Používají se především jako rozpouštědla do barev a laků, také při výrobě polyesterových vláken. Rozhodujícím zdrojem atmosférických emisí aromatických uhlovodíků,

zejména benzenů a alkyl derivátů (mezi které patří xyleny), jsou především výfukové plyny benzinových motorových vozidel.

Toxikologické účinky:

Velké množství expozice xylenů může vyvolat podráždění kůže, očí, nosu a krku. Také může docházet k dýchacím potížím. Dlouhotrvající expozice velkého množství xylenů může mít škodlivé účinky na játra, ledviny, srdce, plíce či nervový systém.

Karcinogenní účinky:

Hodnocení karcinogenity podle IARC , 3 – neklasifikovatelná jako lidský karcinogen [6, 7].

1.3 Imisní limity BTEX

Automobilová doprava je závažným faktorem ovlivňujícím kvalitu životního prostředí. Proto je přirozené, že imisní limity pro jednotlivé kategorie silničních vozidel stejně tak jako požadavky na kvalitu motorových paliv jsou zpřísněny. Cílem je dosáhnout snížení plynných emisí a tím tedy negativní dopad na životní prostředí. Dříve se benzín získával prostou destilací ropy a tím byly dány vlastnosti náhodnou skladbou uhlovodíků v závislosti na původu zpracovávané ropy. S postupným vývojem a zdokonalováním benzinového motoru konstruktéři došli k závěru, že kvalita benzínu má vliv na výkon motoru. Z tohoto důvodu se začalo zvyšovat oktanové číslo benzínu a to úpravou složení benzínu nebo přidáváním vhodných přísad. Nejvíce organických těkavých látek jako BTEX se dostávají do ovzduší z benzínu. Uvolňuje se během výroby, přepravy a spalováním. Benzen, toluen a xyleny se přidávají do benzínu ke zvýšení oktanového čísla [6].

Data ukazují, že obsah benzenu v benzínu je cca 1,5%, zatímco paliva dieslových motorů obsahují relativně zanedbatelné koncentrace benzenu. Benzen obsažený ve výfukových plynech je především nespálený benzen z pali-

va. Dalším příspěvkem emisí benzenu z výfukových plynů je benzen vzniklý z nebenzenových aromatických uhlovodíků obsažených v palivu (70–80% benzenu v emisích). Částečně je benzen ve výfukových plynech tvořen také z nearomatických uhlovodíků.

Přípustné úrovně znečištění ovzduší, přípustné četnosti jejich překročení a požadavky na sledování kvality ovzduší

Všechny uvedené přípustné úrovně znečištění ovzduší pro plynné znečišťující látky se vztahují na standardní podmínky - objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa. U všech přípustných úrovní znečištění ovzduší se jedná o aritmetické průměry. Ze zákona č. 597/2006 Sb. Příloha 1 [9].

Tab. 1 Imisní limity benzenu pro ochranu zdraví [9, 10].

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mez tolerance [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Benzen	1 kalendářní rok 2005	5	5
Benzen	1 kalendářní rok 2006	5	4

Mez tolerance byla 100% při nabytí platnosti, přičemž termín pro dosažení limitní hodnoty 0% je 1.ledna 2010.

Pro benzen je v České republice stanoven Nařízením vlády ČR zákon č. 597/2006 Sb. Roční imisní limit viz. Tab.1 jedná se o průměr za kalendářní rok. Roční imisní limit pro benzen je stanoven i ve směrnici Evropské unie č. 2000/69/EC.

Pro toluen, ethylbenzen a xyleny není v České republice stanoven imisní limit. V nařízení vlády ČR zákonem č. 597/2006 Sb. Je pouze doporučeno měřit tyto látky, tzv. čichový práh, jedná se o minimální koncentraci, která vyvolá čichový vjem u 50% zkoumaných osob. Čichový práh u toluenu je $1,0 \text{ mg/ m}^3$ [11].

Emisní limity v ČR:

Specifický emisní limit pro ochranu ovzduší v České republice (koncentrace benzenu v kouřových plynech) není stanoven.

1.4 Metody stanovení těkavých organických látek

Metoda sorpce na aktivní uhlí a poté extrakce rozpouštědlem (sirouhlík), byla dosud nejběžnější metodou ke stanovení benzenu. Předpokladem je odběr na sorpční trubičku se 100 mg aktivního uhlí, odběrová rychlost do 0,2 ml/min o odebraném množství 20 l. Poté extrakce vzorku do 1 ml sirouhlíku a nástřik na chromatografickou kolonu a to 1 μl vzorku, což znamená, že z odebrané vzdušiny nasorbované na trubičku jde pouhá jedna tisícina ke stanovení. Tudíž podíl odebírané vzdušiny aplikované do GC je 0,1% , ale výhodou je možné opakování analýzy.

Metoda odběru na sorbent, termální desorpce, odběr na sorpční trubičku se směsí sorbentů. Odběrová rychlost je do 0,05 ml/min odebrané množství do 2,5 l. Termální desorpce do plynového chromatografu a odebrané množství vzdušiny jde ke stanovení celé. To znamená, že podíl odebírané vzdušiny aplikované do GC je 100% není možné opakovat analýzu [12].

Ve Španělsku v průběhu let 1999 až 2002 byly měřeny VOCs s cílem zjistit koncentrace těchto znečišťujících látek v ovzduší. Vzorky ovzduší byly odebírány pomocí adsorbentu Tenax TA. Systém odběru sestával ze skleněných trubiček (14 x 0,4 cm) naplněných 100 mg Tenax TA 60 – 80

mesh (Chrompack, Middelburg, Nizozemsko), konce trubičky byly utěsněné skelnou vatou. Tyto skleněné trubičky byly spojené inertní Tygon trubicí pro low-flow odběr čerpadla Pocket SKC 210 a SKC 224 44 EX (SKC, PA, USA), které byly pak napojeny na odběrové sondy. Většina VOCs byla měřena při průtoku 7 ml/min s výjimkou chloroformu, tetrachlormethanu a benzenu tyto sloučeniny byly odebírány při průtoku 5 ml/min po dobu 8 hodin. Vzorky byly uzavřeny a skladovány při teplotě -18°C . Poté byla Tenax TA trubička umístěná do trouby s tepelnou desorpcí. Zde byly VOCs tepelně desorbovány při 250°C . Následně byly vzorky vstříknuté do plynového chromatografu Hewlett-Packard model 5890 II vybavený hmotnostním spektrometrem. Vzorky byly analyzovány pomocí (GC/MS) plynové chromatografie/hmotnostního spektrometru. Tato analytická metoda umožnila stanovit 42 VOCs při velmi nízkých koncentracích a v této studii bylo pouze 32 z nich zjištěno v městském ovzduší [13].

Vícefázový přístup byl vyvinut pro správné a přesné stanovení těkavých látek organických sloučenin v různých mikroprostředích. Validace metody byla provedena na základě reálných podmínek prostředí na benziové pumpě, ale také v kancelářích. Vzorky byly odebírány pomocí Tenax TA adsorbentu (který je slabší sorbent) a Carboxen B (silnější sorbent). Proto byly vzorky odebírané na konci Tenax TA trubičky s cílem shromáždit těžší uhlovodíky jako první. Vzorky byly odebírány pomocí SKC vývěvy, průtok byl na začátku řízen rotačním průtokoměrem. Na odběry ve venkovním prostředí byly použita skříně z hliníkových plechů, aby byly přístroje v bezpečí a pod stálou teplotou, která zajistila řádné fungování nástrojů. Skříně byla vybavena topením a ventilátorem za účelem udržení konstantní teploty v zimě i létě. Vstupní otvor byl umístěn ve výši 1,5 m nad vozovkou. Stanovení probíhalo na GC-MS analyzátoru [14].

1.5 Normovaná metoda stanovení benzenu

ČSN EN 14662-1 Normovaná metoda stanovení benzenu- část 1 Odběr vzorku prosáváním sorpční trubici s následnou tepelnou desorpcí a analýzou plynovou chromatografií

ČSN EN 14662-2 Normovaná metoda stanovení benzenu- část 2 Odběr vzorku prosáváním sorpční trubici s následnou desorpcí rozpouštědlem a analýzou plynovou chromatografií

ČSN EN 14662-3 Normovaná metoda stanovení benzenu- část 3 Automatizovaný odběr vzorku prosátím sorpční trubici a analýzou plynovou chromatografií

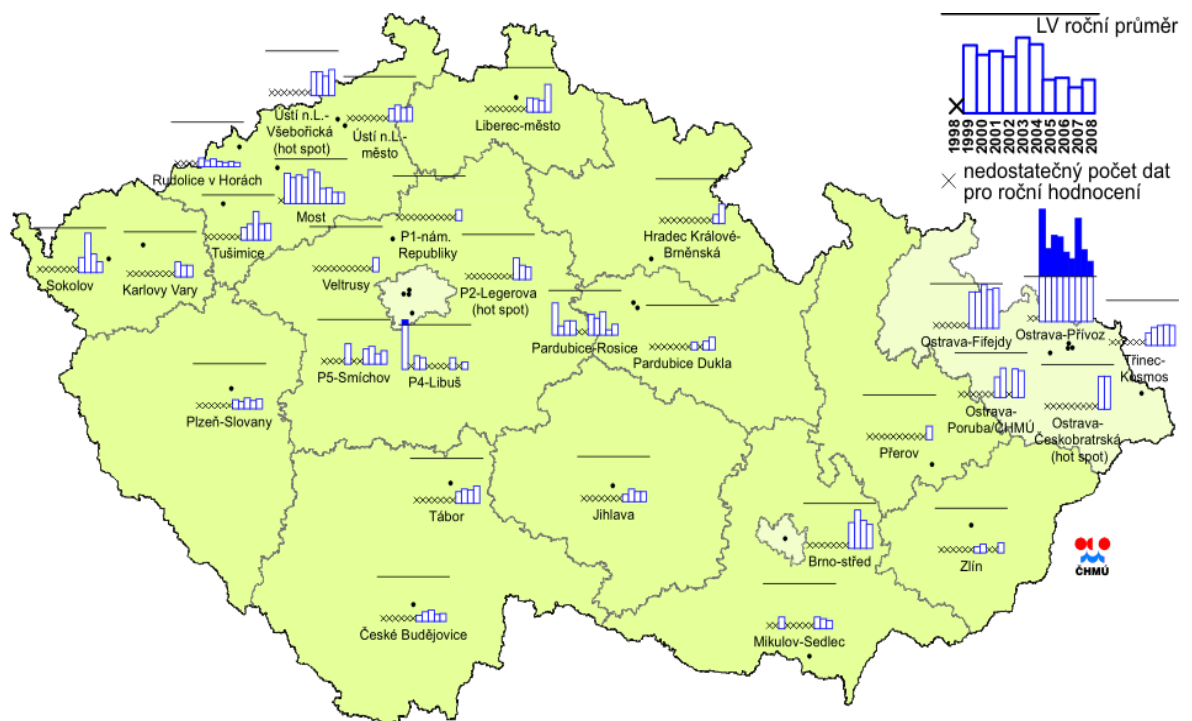
ČSN EN 14662 – 2 Kvalita ovzduší- normovaná metoda stanovení benzenu- část 2: Odběr vzorku prosáváním sorpční trubici s následnou desorpcí rozpouštědlem a analýzou plynovou chromatografií.

Vzorkovací zařízení musí být schopno udržet nastavený průtok v rozmezí 200 ml/min až 500 ml/min s odchylkou 5% v průběhu požadované doby odběru vzorku (běžně 24 hodin). K těmto účelům lze použít zařízení jako čerpadla s nastavitelným průtokem atd. Zařízení pro instalaci vzorkovacího zařízení a sorpční trubice v požadované výšce a vzdálenosti od překážek zajišťující nerušený odběr vzorku. Vzorkovací zařízení se zapne a ponechá se dostatečnou dobu v chodu do ustálení průtoku. Nastaví se průtok vzorku v rozmezí 100 ml/min až 500ml/min s reprezentativní sestavou sorpční trubice. Průtok se vypočítá jako průměr výsledku nejméně tří po sobě jdoucích měření. Co se týče zacházení se vzorkovací trubicí, oba konce se odstraní tak, aby vzniklé otvory nepřesáhly polovinu vnitřního průměru trubice. Doba odběru každého vzorku se zaznamenává, doporučený objem vzorku vzduchu je 1m³ po dobu 24 hodin. Desorpce se provádí tak, že se trubice se vzorkem nařízne v části obsahující hlavní náplň a aktivní uhlí s nasorbovaným vzorkem se převede do vialky se septem sorbentu a napipetuju se zde

1 ml sirouhlíku a vialka se ihned uzavře. Po dobu 30 min se vialka protřepává, aby byla zajištěna maximální desorpce. Analýza se provádí na plynovém chromatografu vybaveným plamenovým ionizačním detektorem, fotoionizačním detektorem, hmotnostně spektrometrickým detektorem nebo jiným. Plynový chromatograf musí být vybaven kapilární kolonou schopnou separovat benzen od ostatních složek plynné směsi.

2 IMISE ORGANICKÝCH TĚKAVÝCH LÁTEK

V České republice se monitoruje ze všech VOCs látek pouze benzen. V roce 2008 Český hydrometeorologický úřad naměřil koncentrace benzenu celkem ve 29 lokalitách s platným ročním průměrem. Imisní limit je definován jako průměrná roční koncentrace $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Roční průměrné koncentrace benzenu v letech 1998-2008 na vybraných stanicích

Obr. 1 Roční průměrná koncentrace benzenu na vybraných stanicích

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) naměřil v Ostravě - Přívoz v roce 2007 nejvyšší roční průměrnou koncentraci benzenu ($8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v České republice, stejně tak i v roce 2008 činila průměrná koncentrace ($6,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Tyto hodnoty indikují, že v Ostravě dochází k opětovnému překračování imisního limitu České republiky pro benzen. Vyšší koncentrace v oblasti Ostravska souvisejí nejen se zvýšenou automobilovou dopravou, ale také s průmyslovou činností (především výroba koksu) [2].

Centrum dopravního výzkumu sledovalo v průběhu roku 2004 a 2005 v Brně, v blízkosti velkých frekventovaných silnic, obsahy benzenu, toluenu, ethylbenzenu, xylenů a 1,3 - butadienu v ovzduší. Vzorky byly střídavě odebírány na dvou trubicích. Odebíraný plyn byl veden do první trubice, která je naplněna sorbentem pro aromatické a těkavé látky. Průtok vzorku byl regulován na $70\text{ml} / \text{min}$. Doba odběru vzorku byla 15 min.

Dělení na koloně probíhalo náhlým a rychlým vzestupem teploty sorbentu při souběžném proplachování plynem, což umožní desorpci látek, které jsou poté vedeny na chromatografickou kolonu. Použitá kolona EPA 624 optimalizována pro měření BTEX. Na výstupu kolony byly měřené látky detekovány fotoionizačním detektorem (PID). Teplota detektoru PID 140°C a měřící kolona naplněna dusíkem. Jako nosný plyn byl použit dusík. Průměrné naměřené koncentrace benzenu v pracovních dnech byly $1,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a o víkendu $1,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, toluenu pracovní dny $4,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ víkend $3,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ethylbenzen pracovní dny $2,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ víkend $1,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, m, p- xyleny pracovní dny $3,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a víkend $1,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a o-xylen pracovní dny $1,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ víkend $0,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [15].

Vzorky vzduchu byly shromážděny v Izmiru v Turecku v příměstské a městské části v roce 2002 až 2004. Cílem bylo stanovení imisních koncentrací VOCs, vzorky byly extrahovány do 1ml sirouhlíku poté analyzovány plynovou chromatografií (GC) (Agilent 6890N), chromatograf byl HP 5-MS. Výsledky ukázaly, že koncentrace VOCs v městské oblasti byla asi čtyřikrát vyšší než v oblasti příměstské. Nejhojněji se vyskytoval toluen (40,6 %), následován benzenem (7,4%), ethylbenzen (7,2 %) a o,m-xylen (6,5%). V této práci zjistili, že původcem imisí jsou výfukové plyny benzínových a naftových paliv, také výroba a aplikace barev a laků [16].

V Hong Kongu probíhala od roku 1997 do roku 1999 studie, která byla zaměřena na identifikaci, kvalifikaci a charekterizaci těkavých organických rozpouštědel v ovzduší. Odběr vzorků se prováděl v pěti různých městských oblastech Hong Kongu a to v době ranní špičky a odběry byly rozděleny do dvou sezon zimní a letní. Koncentrace těkavých organických sloučenin se pohybovaly v rozmezí nezjistitelném až do $1396 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mezi všemi druhy VOCs měl toluen nejvyšší koncentraci. Benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny (BTEX) byly hlavními složkami z celkového stanovení VOCs sloučenin, jejich podíl byl více jak 60%. Vysoká koncentrace toluenu ($137,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a benzenu ($15,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se přisuzuje velké automobilové dopravě v Hong Kongu a stejně tak i jiných velkých asijských městech. Koncentrace VOCs naměřené v zimě byly vyšší než ty naměřené v létě [17].

V Mexico City v rozmezí let 1999 až 2001 byly sledovány koncentrace benzenu a toluenu. K odběrům docházelo na třech různých místech v Mexico City a to v obytné oblasti, v blízkosti univerzity a na čerpací benzinové stanici. Vzorky byly shromažďovány do nerezových kanistrů po dobu 24 hodin a poté analyzovány na plynovém chromatografu s ionizačním plamenovým detektorem. Průměrné koncentrace benzenu byly asi 1,7 ppb. Kritické hodnoty byly zjištěny ze vzorků odebraných na benzinové pumpě, kde se průměrná koncentrace pohybovala okolo 25,8 ppb benzenu a maximální koncentrace byla až 141 ppb. Takto kritické hodnoty způsobuje, že více jak 60% vozidel nemá katalyzátory [18].

3 CÍL PRÁCE

Součástí diplomové práce je odzkoušení vhodné metodiky pro analýzu vybraných těkavých organických látek ve vzorcích vzduchu pomocí plynové chromatografie. Zpracování dat pro benzen, toluen a xyleny. Výsledky zpracovat do tabulek a sestrojít grafické závislosti.

Dalším úkolem mé práce je prozkoušení a nalezení vhodné vzorkovací metodiky odebrání vzorku vzduchu městského ovzduší, zvolení vhodného čerpacího zařízení, místa a zvolit optimální objem odebíraného vzduchu.

Dále prověřit jaké mají meteorologické podmínky jako počasí, povětrnostní podmínky či vlhkost vliv na koncentraci stanovovaných těkavých organických látek v ovzduší.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A CHEMIKÁLIE

4.1 Přístrojové vybavení a pomůcky

- Plynový chromatograf Hewlett Packard 5890 series II s FID detektorem, kolona Vocol 105
- Integrátor Hewlett Packard
- Injekční stříkačka Hamilton o objemu 10 μ l
- Čerpadlo s membránou MP1
- Čerpadlo Pocket Pump rozsah: 25- 250 ml/min SKC, United Kingdom
- Teploměr a vlhkoměr Hydropalm, Rotronig AG Švýcarsko
- Analytické laboratorní váhy Santorius
- Trubičky s aktivním uhlím 226-01, Anasorb CSC, SKC , USA
- vialky se septovým uzávěrem z PTFE, objem 1,8 ml
- ostatní běžné laboratorní pomůcky a vybavení

4.2 Chemikálie

Většina použitých chemikálií byla čistoty p.a. firmy Lachema a.s. Brno a Penta Chrudim.

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| – CS ₂ | Sírouhlík, čistoty p.a. 99,9% |
| – C ₆ H ₆ | benzen |
| – C ₇ H ₈ | toluen |
| – C ₈ H ₁₀ | m- xylen |
| – C ₈ H ₁₀ | p- xylen |
| – C ₈ H ₁₀ | o- xylen |
| – Na ₂ SO ₄ | síran sodný (bezvodný) |

5 LOKALIZACE A METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY PŘI ODBĚRU VZORKU

Vzorky byly odebírány na dvou místech v Přerově. A to čerpací stanice a ulice Palackého ve středu města. Původní plán byl provádět odběr vzduchu na více různých místech Zlína či Přerova avšak v průběhu měření se ukázalo, že odběr je komplikovanější a náročný na výběr místa jelikož bylo použito čerpadla s membránou, které muselo být po dobu sání připojeno k elektrickému napájení.

5.1 Popis lokalit pro odběr vzorků

5.1.1 Lokalita čerpací stanice

Benzínová pumpa se nachází v Přerově na okraji města podél jedné z hlavních cest. Na této stanici mají čtyři čerpací stojany. Zařízení pro odběr vzorků vzduchu bylo vzdáleno cca 4 m od posledního stojanu na čerpání benzínu. Čerpadlo bylo umístěno ve skladu a připojeno ke zdroji. Hadička vedená od čerpadla na které byla na konci nasazena trubička s aktivním uhlím byla vystrčena z okna ve výši cca 2 m od země. Okno je odvráceno na druhou stranu od čerpacích stojanů, ale otočena na stranu kde je výjezdová cesta pro auta z čerpací stanice.

5.1.2 Lokalita Palackého ulice

Palackého ulice je jednosměrná silnice v centru města, která je určena pouze k přepravě osobních automobilů. Je zde hustá doprava a k extrémní situaci jako dopravní zácpa dochází okolo 15 hodiny. Sací zařízení bylo umístěno a zapojeno v kanceláři a hadička s trubičkou vystrčena z okna cca ve výši 2,5 m nad zemí. Okno je natočeno přímo na stranu kde je silnice a trubička byla vzdálena od silnice cca 1,5 m.

5.2 Meteorologické podmínky

Při odběru jednotlivých vzorků vzduchu byly dvakrát denně zaznamenávány meteorologické podmínky. K měření byl použit teploměr a vlhkoměr Hydropalm, Rotroning AG Švýcarsko a možnost odebírat informace ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu, kde jsou každý den zaznamenávány aktuální meteorologické informace. Profesionální stanice ČHMÚ pro Přerov je umístěna na letišti v Bochoři, která je vzdálena cca 4,7 km od lokalit pro měření.

Tab. 2 Meteorologické podmínky při odběru vzorků vzduchu v ulici Palackého

Datum	Den	Oblačnost	Vítr [m.s ⁻¹]	Teplota [°C]	Teplota [K]	Tlak [Pa]	Vlhkost [%]
21.-22.2.	So	zataženo	2	-2,6	270,55	100920	69
22.-23.2.	Ne	oblačno	4	-1,8	271,35	102330	74
9.-10. 3.	Út	zataženo	2	-0,5	273,10	102610	39
10.-11.3.	St	oblačno	2	2,8	275,95	102400	33
11.-12.3.	Čt	polojasno	4	2,5	275,55	102420	45
9.-10. 4.	Pá	polojasno	7	5,6	278,75	101820	87
11.-12.4.	Ne	jasno	7	6,2	279,35	101200	72
12.-13.4.	Po	polojasno	5	7,2	280,35	101000	84
13.-14.4.	Út	polojasno	4	8,0	281,15	101430	82
14.-15.4.	St	zataženo- děšť	4	8,7	281,85	1010,7	94

Tab. 3 Meteorologické podmínky při odběru vzorků vzduchu na čerpací stanici

Datum	Den	Oblačnost	Vítr [m.s ⁻¹]	Teplota [°C]	Teplota [°K]	Tlak [Pa]	Vlhkost [%]
1.-2. 3.	Po	jasno	2	9,5	282,65	100950	48
2.-3. 3.	Út	polojasno	2	3,5	276,65	101630	50
3.-4. 3.	St	polojasno	1	5,2	278,35	102720	33
4.-5. 3.	Čt	jasno	3	5,5	278,65	101730	45
5.-6. 3.	Pá	zataženo	6	2,3	275,45	103040	59
15.-16. 3.	Po	oblačno	4	4,3	277,45	102800	52
16.-17. 3.	Út	oblačno	4	6,5	279,65	101120	55
17.-18. 3.	St	oblačno	5	13,5	286,65	102400	49
18.-20. 3.	Čt-Pa	polojasno	5	13,1	286,25	102300	48
20.- 21.3.	So	zataženo	5	15,2	288,35	101570	48
21.-22. 3.	Ne	polojasno	2	13,5	286,65	102230	58
22.-23. 3.	Po	jasno	2	13,1	286,25	102050	53
23.-24. 3.	Út	polojasno	1	10,6	283,75	102210	60
24.-25. 3.	St	oblačno	2	12,2	285,35	102000	58
25.-26. 3.	Čt	zataženo	1	10,3	283,45	102270	64
26.-27. 3.	Pá	polojasno	3	10,6	283,75	101800	60
27.-28. 3.	So	zataženo	2	13,3	286,45	101210	58
28.-29. 3.	Ne	oblačno	6	15,5	288,65	101010	55
29.-30. 3.	Po	oblačno	7	14,2	287,35	100420	54
30.-31. 3.	Út	oblačno	5	16,1	289,25	101730	52

6 PRACOVNÍ POSTUPY

6.1 Příprava kalibračních roztoků

Kalibrační zásobní roztoky jsem si připravila pro následující chemické látky: benzen, toluen, m-xylen, p-xylen, o-xylen. Připravovány byly vážkově a to následovně: do 10 ml odměrné baňky se zabroušenou zátkou jsem nadávkovala cca 9,5 ml sirouhlíku CS_2 umístila na analytické váhy, které jsem vytárovala a nadávkovala cca 0,02g dané chemické látky a odměrnou baňku doplnila po rysku CS_2 . Tento základní roztok jsem dále ředila a připravily si řadu kalibračních standardů o potřebné koncentraci. Po proměření těchto standardů jsme sestrojila kalibrační křivky (obr.2-6). roztoků

6.2 Kalibrace a analýza vzorků

Měření vzorků a kalibračních roztoků jsem prováděla na plynovém chromatografu Hewlett Packard HP 5980 s kapilární kolonou Vocol (firma Supelco), kolona o délce 105 m, vnitřním průměru 0,53 mm a 3 μm tlusté vrstvě stacionární fáze zakotvené na vnitřní stěně kapiláry. Jako nosný plyn zde sloužil dusík N_2 . Termostat byl nastaven v tomto režimu, pec byla nejprve vyhřátá na 35°C, při této teplotě setrvala 10 minut, poté se začala pec ohřívat rychlostí 4°C za minutu až na teplotu 150°C tato teplota byla udržována po dalších 5 minut. K detekci bylo používán plamenový ionizační detektor (FID) při teplotě 230°C. Injektor byl vyhříván na teplotu 200°C a nastaven v módu splitless. Dávkované množství pro analýzu byl 1 μl kalibračního roztoku či stanovaného vzorku. Celková doba analýzy jednoho vzorku byla 50,5 minut.

6.3 Odběr vzorků

V začátcích mé práce jsem k odběru vzorků používala čerpadlo Pocket Pump firmy SKC o rozsahu průtoku 20 – 250 ml/min. Zvolený průtok byl 250 ml/min, ovšem množství odebraného vzduchu bylo nedostačující, především zapříčiněno malou kapacitou baterie, která vydržela sát vzorek cca 5 hodin. Po odzkoušení různých alternativ jsem prováděla odběr dle normy ČSN-EN 14662- 2. Normovaná metoda stanovení benzenu- část 2 Odběr vzorku prosáváním sorpční trubicí s následnou desorpcí rozpouštědlem a analýzou plynovou chromatografií. Odběr vzorků ovzduší má být prováděn po dobu 24 hodin.

Odběr vzorků vzduchu byl prováděn na sorpční trubičky Anasorb CSC firmy SKC model 226-01. Před každým měřením jsem konce trubičky rovnoměrně ulomila a po ukončení odběru uzavřela plastovými koncovkami. Trubičky byly nasazené na hadičku vedoucí od čerpadla. K odběru vzorků bylo použito čerpadlo s membránou MP1, průtok čerpadla byl 680 ml/min a doba odběru vzorků se pohybovala okolo 24 hodin. Trubička na kterou byl nasáván vzduch byla umístěna cca ve 2 metrech nad zemí.

6.4 Příprava vzorků k analýze na GC

Normovaná metoda stanovení benzenu- část 2 Odběr vzorku prosáváním sorpční trubicí s následnou desorpcí rozpouštědlem a analýzou plynovou chromatografií.

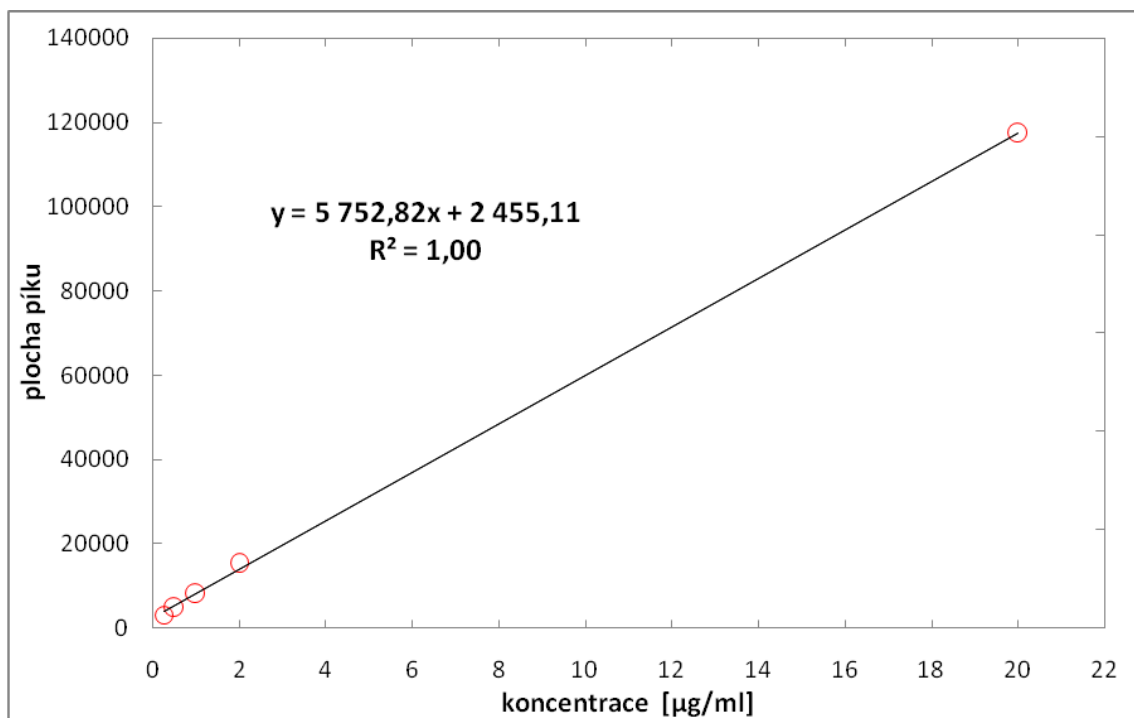
Obsah trubiček byl převeden do vialek o objemu 1,8 ml. Vzorky byly extrahovány v 1ml CS₂ čistoty p.a.. K případnému odstranění vlhkosti byla do vialek přidávána špetka bezvodného Na₂SO₄. Extrakci vzorku jsem prováděla ručním třepáním po dobu 30 minut a poté již následovala analýza na plynovém chromatografu.

7 MĚŘENÍ A VÝSLEDKY

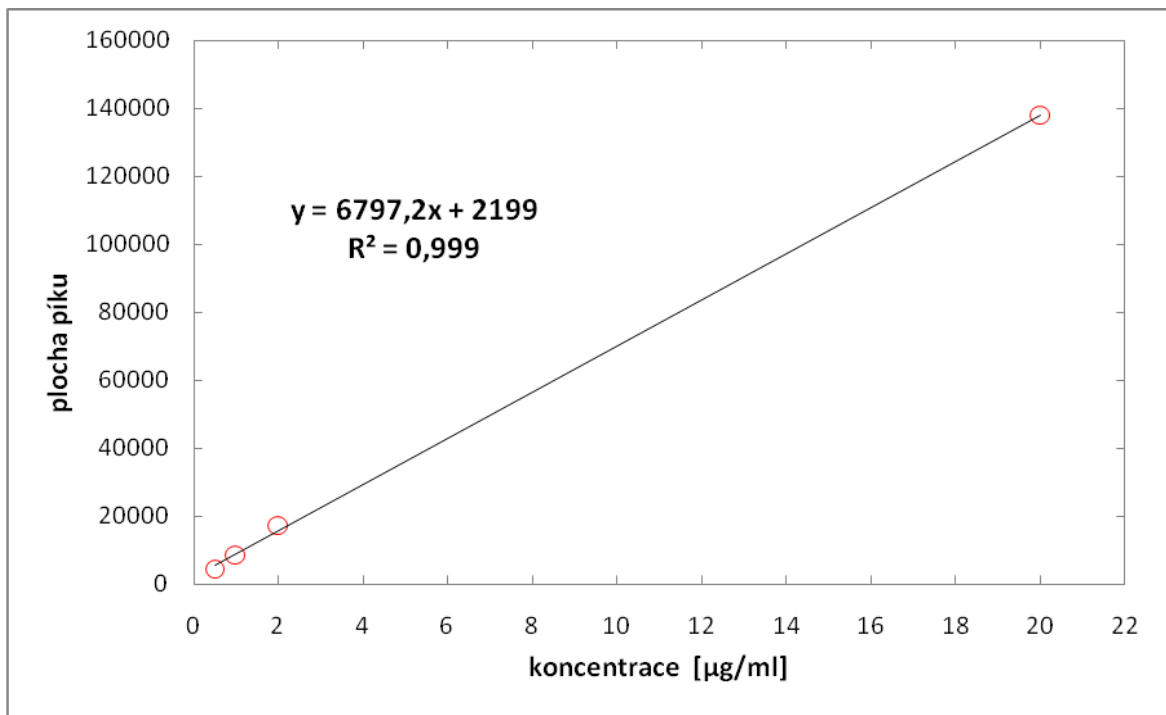
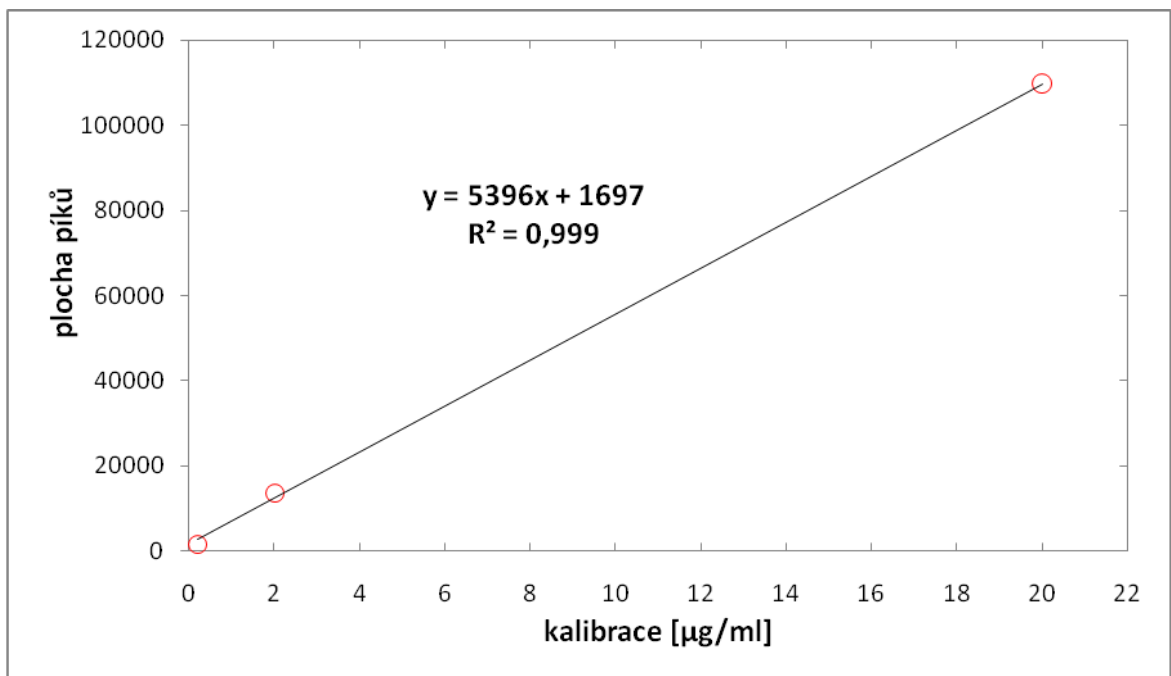
7.1 Měření

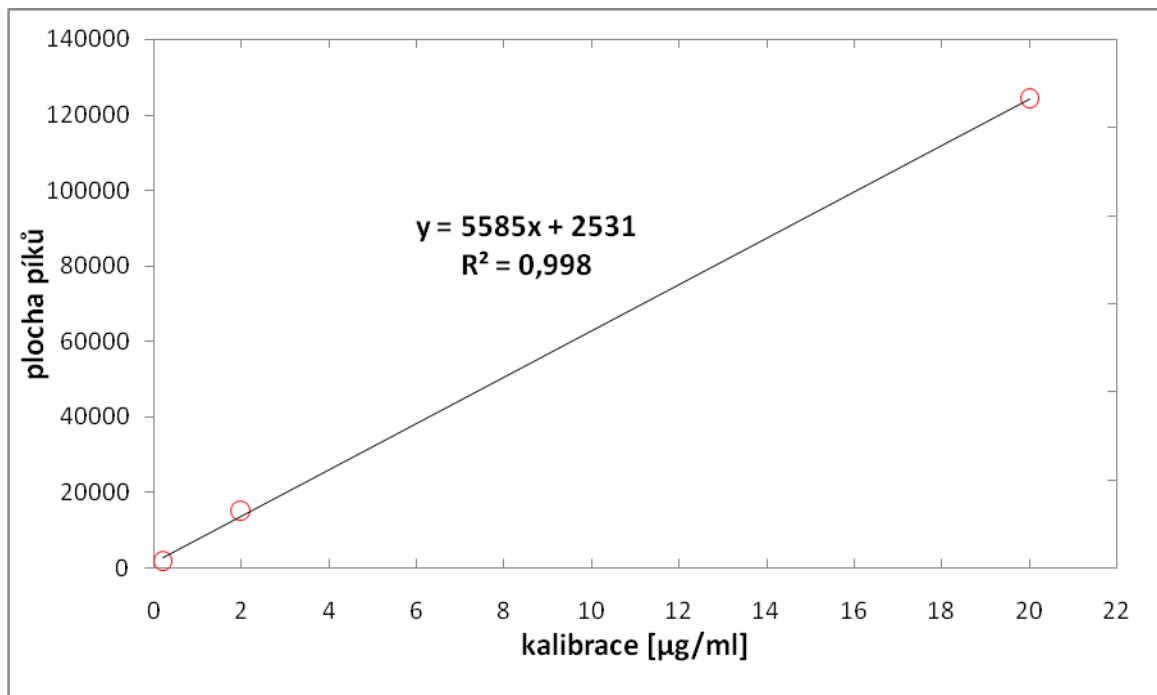
Sestrojila jsem kalibrační křivky pro benzen, toluen, m,p,o- xyleny a lineární rovnice regrese kalibračních křivek jsem použila pro výpočet jednotlivých koncentrací BTEX ve vzorcích vzduchu.

7.1.1 Kalibrační křivky

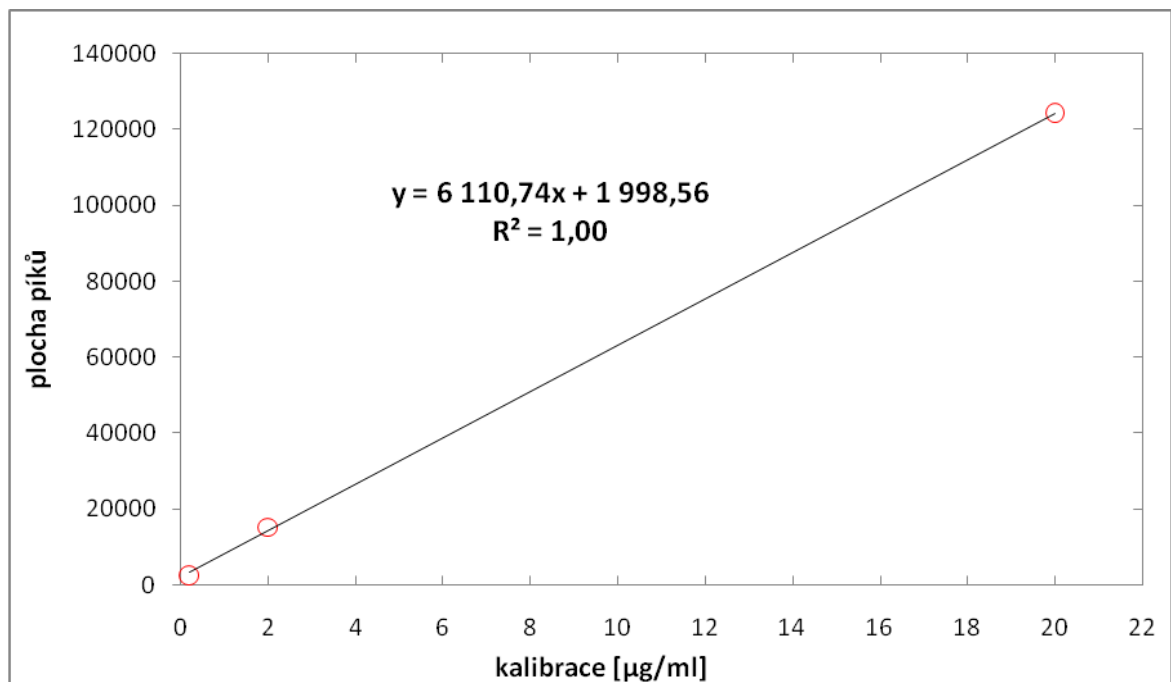


Obr. 2 Průběh kalibrační křivky benzenu

**Obr. 3** Průběh kalibrační křivky toluenu**Obr. 4** Průběh kalibrační křivky m- xylenu



Obr. 5 Průběh kalibrační křivky p- xylenu

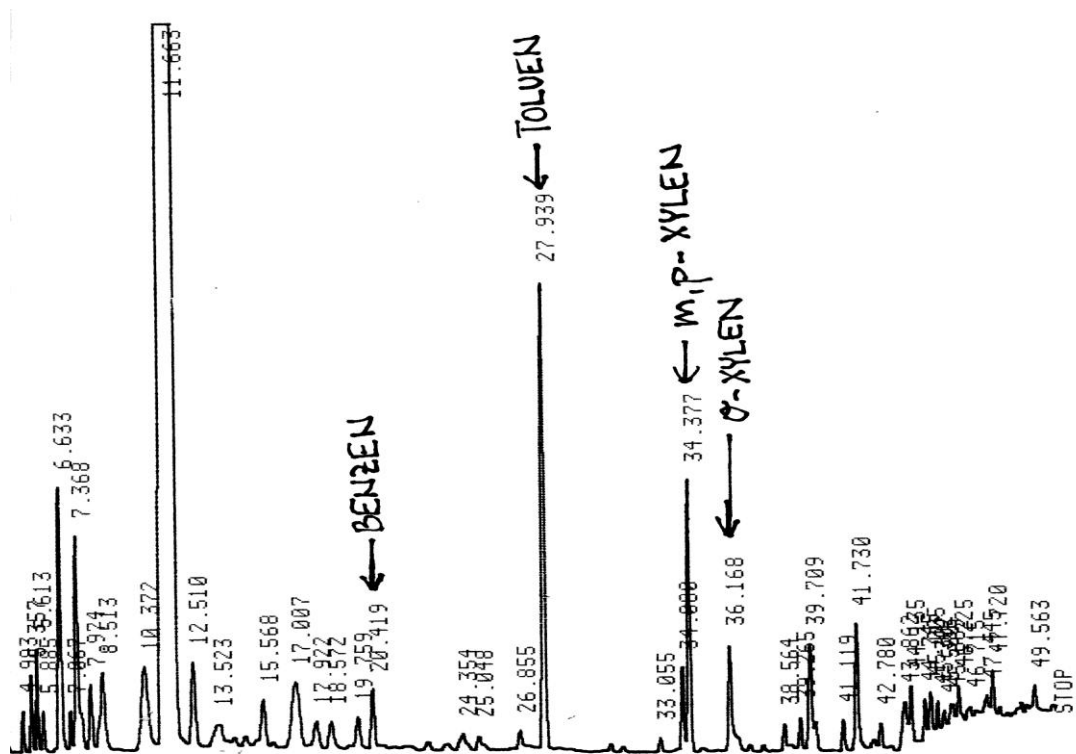


Obr. 6 Průběh kalibrační křivky o- xylenu

7.1.2 Záznamy chromatografu

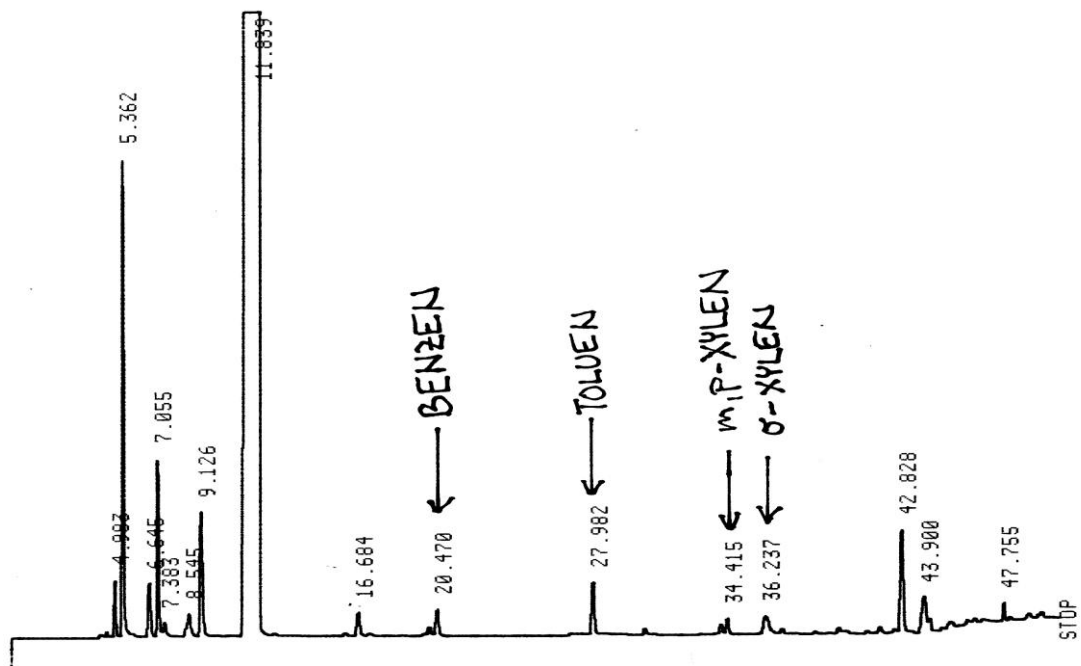
Tab. 4 Retenční časy vybraných stanovovaných látek

Stanovovaná látka	Retenční čas [min]
Benzen	20,419
Toluen	27,939
m- xylen	34,377
p- xylen	34,377
o- xylen	36,168



Obr. 7 Chromatografický záznam vzorku vzduchu odebraného 20.-21.3. 2010

na čerpací stanici v Přerově, odebraný objem 1,06m³.



Obr. 8 Chromatografický záznam vzorku vzduchu odebraného

9.-10.3. v ulici Palackého, odebraný objem vzduchu $1,31\text{m}^3$.

Porovnáním hodnot naměřených v lokalitě čerpací stanice a ulice Palackého jsou jasné rozdíly. Na benzínové pumpě byly naměřené větší koncentrace stanovovaných látek. Na chromatografických záznamech (Obr.7 a 8) vzorků vzduchu z čerpací stanice lze vidět že četnost i plochy peaků jsou větší než z chromatografického záznamu vzorku vzduchu odebraného v ulici Palackého.

7.1.3 Výpočty

Pro výpočet jednotlivých koncentrací stanovovaných látek byly použity lineární rovnice regrese kalibračních křivek (Obr. 2-6).

Vzorec pro přepočet množství odebraného množství vzduchu na normální podmínky:

$$V_N = V_z * \frac{T_N * P_a}{P_N * T_a}$$

Kde:

V_Nobjem odebraného vzduchu za normálních podmínek [l]

V_zodebraný objem vzduchu [l]

T_Nteplota za normálních podmínek [273,15 K]

T_ateplota okolního vzduchu při odběru vzorku [K]

P_Ntlak za normálních podmínek [102325 Pa]

P_atlak při odběru vzorku [Pa]

Vzorec pro přepočet koncentrace stanovované látky na 1 m³ odebraného vzorku vzduchu za normálních podmínek:

$$c_{vz} = \frac{c_{CS_2}}{V_N * 10^{-3}}$$

Kde:

C_{vz}koncentrace stanovované látky ve vzorku vzduchu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

C_{vz} koncentrace stanovované látky vzorku v sirouhlíku [$\mu\text{g}/\text{ml}$]

V_N množství odebraného objemu za normálních podmínek [dm^3]

7.2 Výsledky a diskuse

Tab. 5 Odebraný objem vzorku a vypočtené koncentrace BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných v ulici Palackého

Datum	Odebraný objem [m ³]	c [µg/ml]				
		benzen	toluen	m- xylen	p- xylen	o- xylen
21.-22. 2.	0,98	1,02	1,37	1,43	1,23	0
22.-23. 2.	0,98	0,70	0,97	1,06	0,87	0
9.-10. 3.	1,14	1,96	3,26	1,11	0,92	2,51
10.-11. 3.	1,31	1,47	0,97	0	0	0
11.-12. 3.	1,22	1,40	6,00	1,77	1,56	2,79
9.-10. 4.	0,98	0	0,20	0,08	0	0
11.-12. 4.	0,98	0	0,02	0	0	0
12.-13. 4.	0,98	0,04	0,39	0,53	0,37	0
13.-14. 4.	0,98	0,12	0,22	0,07	0	0,04
14.-15. 4.	0,98	0,16	0,26	0,33	0,17	0

Odběry vzorků ovzduší lokalitě ulici Palackého v Přerově (viz 5.1.2) byly prováděny v období od 21. února do 15. dubna 2010. Meteorologické podmínky tohoto měření jsou uvedeny v tabulce č. 2, kap. 5.2. V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty koncentrací BTEX, stanovené v odebraném vzorku po extrakci do 1ml sirouhlíku pomocí plynové chromatografie (kolona Vocol 105, detektor FID)

Tab. 6 Odebraný objem vzorku a vypočtené koncentrace BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici

Datum	Odebraný objem [m ³]	c [µg/ml]				
		benzen	toluen	m- xylen	p- xylen	o- xylen
1.-2. 3.	0,98	1,42	3,86	4,05	3,77	2,51
2.-3. 3.	1,96	4,54	9,31	12,77	12,19	6,13
3.-4. 3.	1,02	2,73	3,75	7,12	6,73	4,35
4.-5. 3.	0,98	1,46	1,90	3,35	3,09	1,59
5.-6. 3.	0,98	1,41	1,68	1,40	1,20	1,22
15.-16. 3.	0,98	0,21	3,08	5,27	4,95	1,65
16.-17. 3.	0,98	1,77	2,83	4,17	3,87	1,28
17.-18. 3.	0,98	1,17	3,17	4,44	4,14	1,33
18.-20. 3.	1,96	1,55	9,51	4,58	4,28	2,17
20.- 21. 3.	1,06	0,72	6,63	4,48	4,18	1,90
21.-22. 3.	0,98	0,11	1,67	0,96	0,78	0,15
22.-23. 3.	1,31	1,00	5,47	3,76	3,49	1,15
23.-24. 3.	1,96	1,79	9,82	6,54	6,17	3,35
24.-25. 3.	0,98	0	1,97	1,28	1,09	0,29
25.-26. 3.	0,98	0,05	0,92	0,67	0,50	0,15
26.-27. 3.	0,98	0,40	1,78	3,07	2,82	0,24
27.-28. 3.	0,98	0	1,51	1,02	0,84	0,51
28.-29. 3.	0,98	0,13	1,63	1,11	0,92	0,55
29.-30. 3.	0,98	0,06	1,50	0,96	0,78	0,41
30.-31. 3.	0,98	0	0,67	0,31	0,15	0

Odběry vzorků ovzduší lokalitě na benzínové stanici (viz 5.1.1) byly prováděny v období od 1.března do 31.března 2010 . Meteorologické podmínky tohoto měření jsou uvedeny v tabulce č. 3 , kap. 5.2 . V tabulce 6 jsou uvedeny hodnoty koncentrací BTEX, stanovené v odebraném vzorku po extrakci do 1ml sirouhlíku pomocí plynové chromatografie (kolona Vocol 105, detektor FID)

Tab. 7 Stanovené koncentrace BTEX ze vzorků vzduchu odebraných v ulici Palackého přepočtené na normální podmínky

Datum	Odebraný $V_{\text{norm. podmínek}}$ [m ³]	c [μg/m ³]				
		benzen	toluen	m- xylen	p- xylen	o- xylen
21.-22. 2.	0,98	1,04	1,39	1,45	1,25	0
22.-23. 2.	0,99	0,71	0,97	1,06	0,88	0
9.-10. 3.	1,16	1,69	2,82	0,96	0,80	2
10.-11. 3.	1,31	1,13	0,74	0	0	0
11.-12. 3.	1,23	1,14	4,89	1,44	1,27	2
9.-10. 4.	0,96	0,00	0,21	0,08	0	0
11.-12. 4.	0,95	0,00	0,02	0	0	0
12.-13. 4.	0,95	0,04	0,41	0,56	0,39	0
13.-14. 4.	0,95	0,13	0,23	0,08	0	0
14.-15. 4.	0,95	0,17	0,28	0,35	0,18	0

Odběry vzorků ovzduší v lokalitě ulice Palackého (viz 5.1.2) byly prováděny v období od 1.března do 31.března 2010 . Meteorologické podmínky tohoto měření jsou uvedeny v tabulce č. 2 , kap. 5.2 . V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty koncentrací BTEX, stanovené v odebraném vzorku a přepočtené na normální podmínky.

Tab. 8 Stanovené koncentrace BTEX ze vzorků vzduchu odebraných na čerpací stanici
přepočtené na normální podmínky

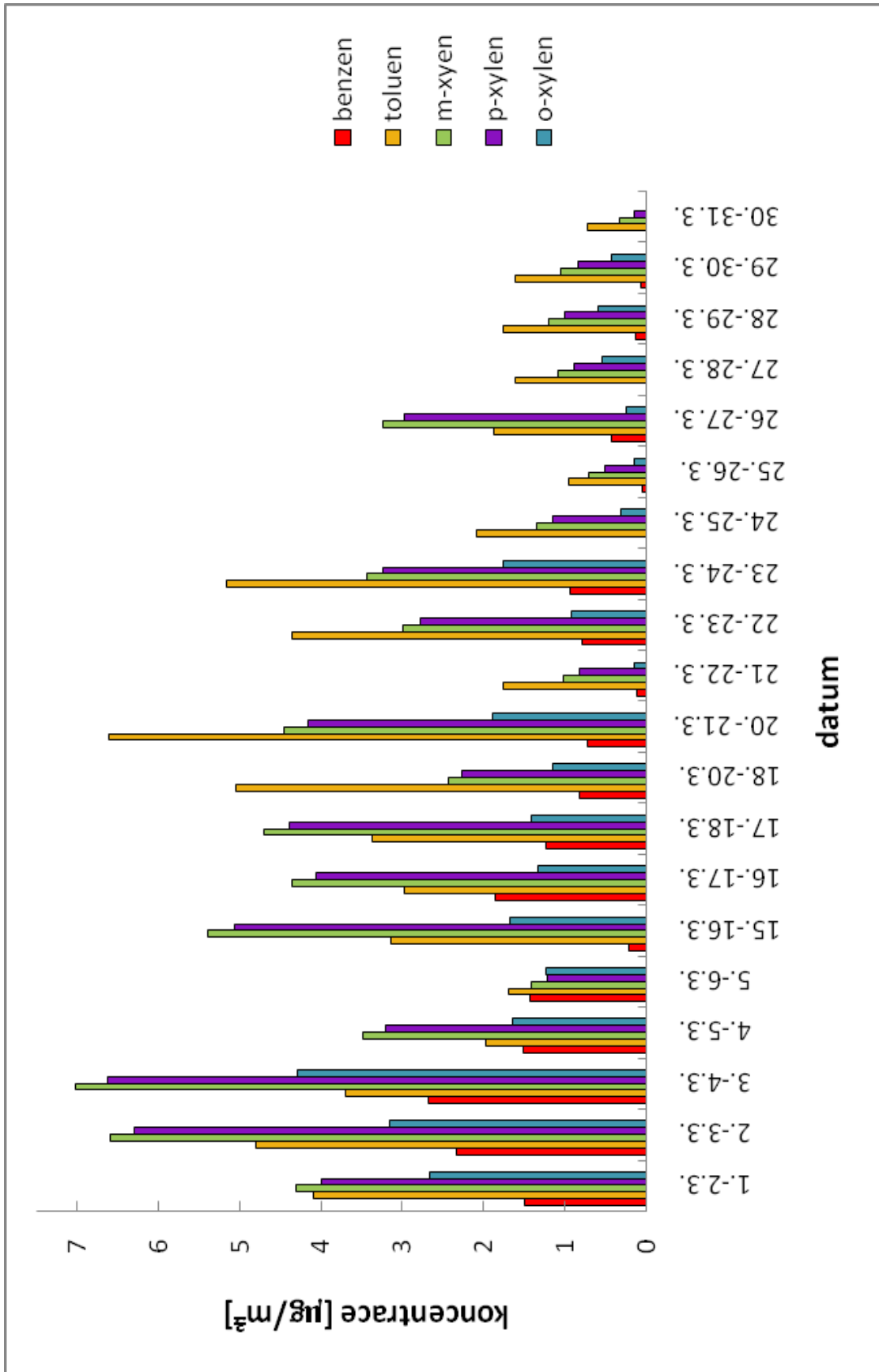
Datum	Odebraný $V_{\text{norm. podmínky}}$ [m ³]	c [μg/m ³]				
		benzen	toluen	m- xylen	p- xylen	o- xylen
1.-2. 3.	0,94	1,50	4,10	4,30	3,99	2,66
2.-3. 3.	1,93	2,34	4,80	6,59	6,29	3,16
3.-4. 3.	1,01	2,69	3,70	7,01	6,63	4,29
4.-5. 3.	0,96	1,51	1,97	3,48	3,21	1,65
5.-6. 3.	0,99	1,43	1,70	1,42	1,22	1,23
15.-16. 3.	0,98	0,22	3,15	5,39	5,06	1,68
16.-17. 3.	0,95	1,86	2,97	4,36	4,06	1,34
17.-18. 3.	0,94	1,24	3,37	4,71	4,39	1,41
18.-20. 3.	1,88	0,82	5,04	2,43	2,27	1,15
20.- 21 3.	1,00	0,72	6,61	4,46	4,16	1,90
21.-22. 3.	0,94	0,12	1,77	1,02	0,82	0,15
22.-23. 3.	1,25	0,80	4,36	3,00	2,78	0,92
23.-24. 3.	1,90	0,94	5,16	3,44	3,24	1,76
24.-25. 3.	0,94	0	2,09	1,35	1,15	0,31
25.-26. 3.	0,95	0,06	0,96	0,71	0,52	0,15
26.-27. 3.	0,95	0,43	1,88	3,24	2,97	0,25
27.-28. 3.	0,93	0	1,61	1,09	0,90	0,55
28.-29. 3.	0,92	0,14	1,76	1,20	1,00	0,59
29.-30. 3.	0,92	0,07	1,62	1,05	0,85	0,44
30.-31. 3.	0,93	0	0,72	0,34	0,16	0

Odběry vzorků ovzduší v lokalitě benzínová čerpací stanice (viz 5.1.1) byly prováděny v období od 1.března do 31.března 2010 . Meteorologické podmínky tohoto měření jsou uvedeny v tabulce č. 3, kap. 5.2. V tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty koncentrací BTEX, stanovené v odebraném vzorku a přepočtené na normální podmínky.

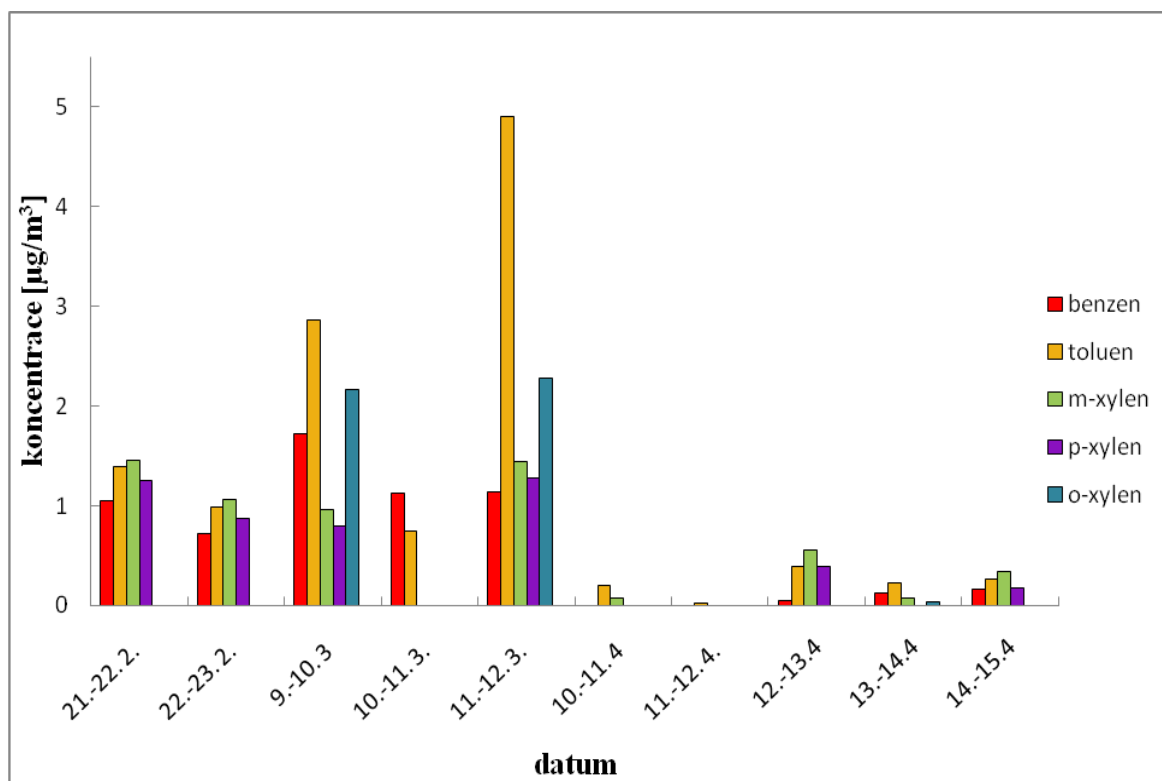
Porovnáním tabulky (Tab.7) výsledných koncentrací BTEX ze vzorků vzduchu s tabulkou meteorologických podmínek (Tab.2) lze v jistých případech vysledovat vliv počasí a povětrnostních podmínek na výsledné koncentraci.

Např. dne 9.-10.3. bylo zataženo a vítr dosahoval rychlosti 2 m/s a hodnoty benzenu, toluenu a xylenů byly téměř nejvyšší z veškerých naměřených hodnot z lokality ulice Palackého. Ve dnech 9.-10.4 a 11.-12.4. kdy bylo polojasno a jasno a vítr foukal rychlostí 7 m/s byly hodnoty nulové nebo se pohybovaly velice nízko.

Porovnáním tabulky (Tab.8) stanovených koncentrací BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici s tabulkou meteorologických podmínek (Tab.3), lze opět pozorovat vliv povětrnostních podmínek na výši stanovovaných koncentracích. Ve dnech 1.-4.3. se rychlost větru pohybovala okolo 1 až 2 m/s a bylo polojasno až jasno a hodnoty koncentrací benzenu, toluenu a xylenů byly v tyto dny nejvyšší. Ve dnech 28.-31.3. kdy vítr foukal rychlostí 5 až 7 m/s obloha byla oblačná se koncentrace stanovovaných těkavých organických látek pohybovaly v nízkých hodnotách.

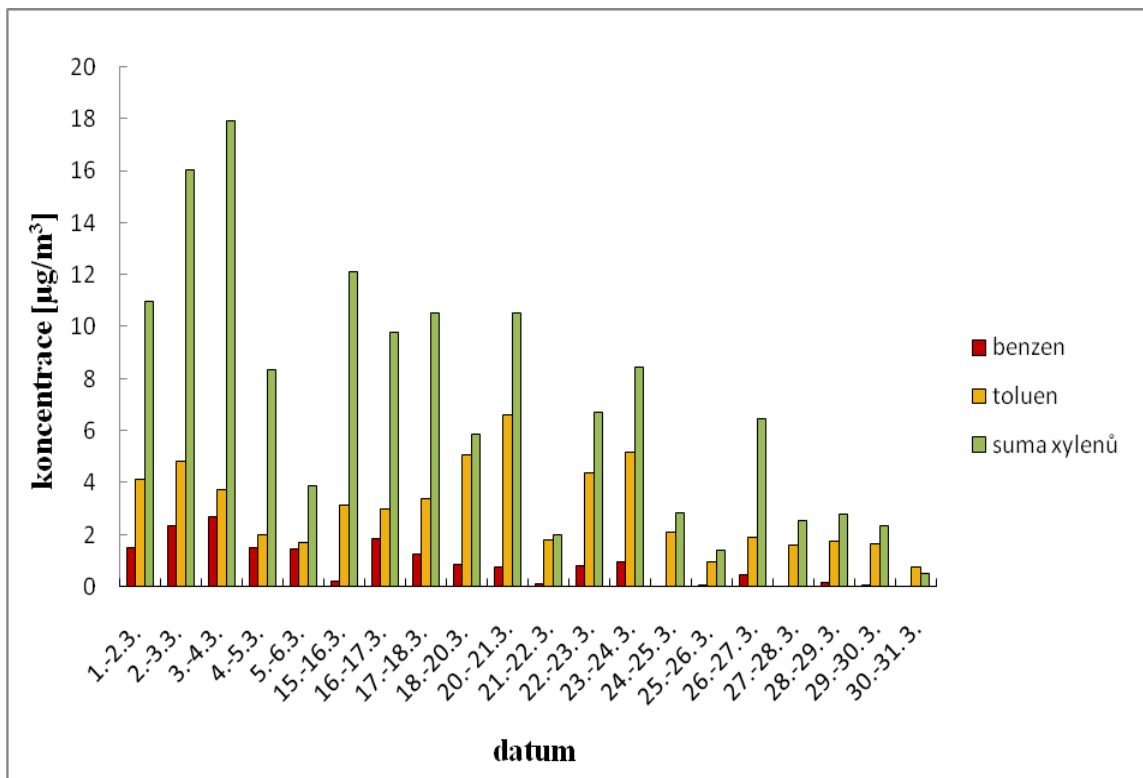


Obr. 9 Graf koncentrací BTEX stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici v jednotlivých dnech



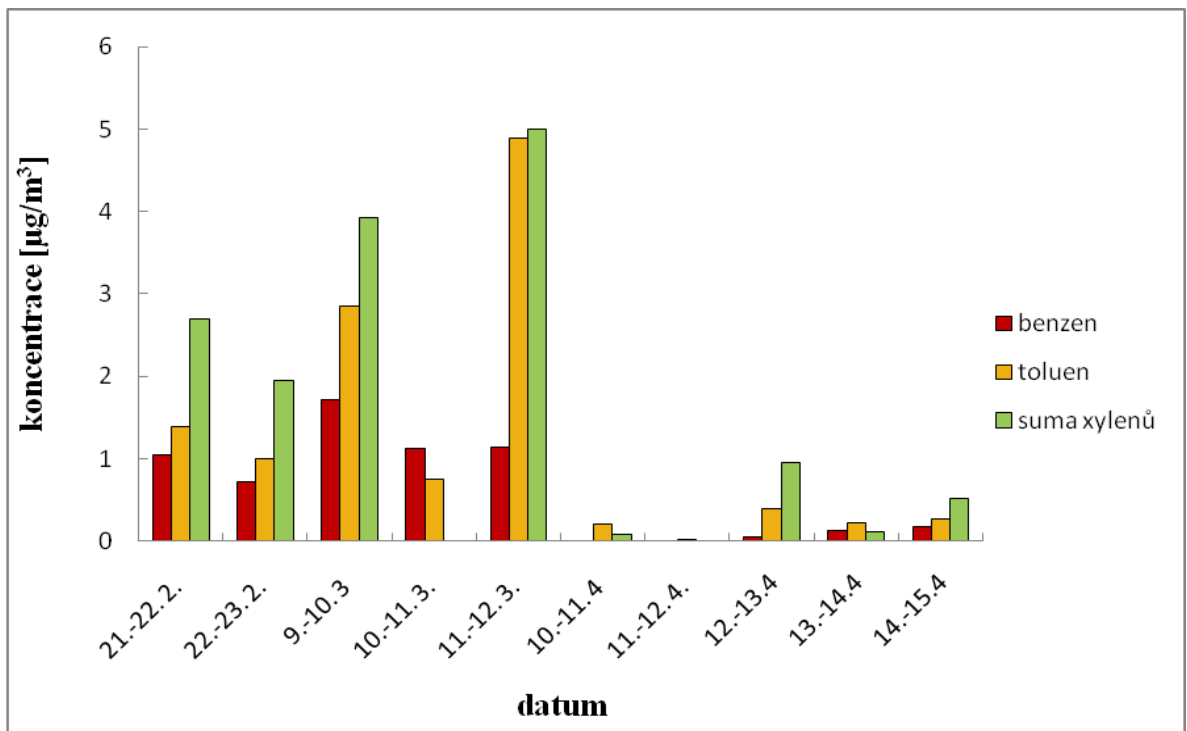
Obr. 10 Graf koncentrací BTEX stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných v ulici Palackého v jednotlivých dnech

Obrázky 9 a 10 jsou sestrojené grafy ukazující koncentrace stanovovaných látek přepočtené na normální podmínky v jednotlivých dnech odběru. Graf byl sestrojen z koncentrací benzenu, toluenu, m-xylenu, p-xylenu a o-xylenu. Z porovnání těchto dvou grafů je zřetelné, že v lokalitě čerpací stanice jsou vyšší koncentrace než v lokalitě ulice Palackého. Ze vzorku vzduchu z odběrového místa na čerpací stanici bylo dosaženo maximálních koncentrací m-xylenu až $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kdežto v ulici Palackého se koncentrace m-xylenů pohybovaly okolo $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Také koncentrace benzenu a toluenu byly v lokalitě čerpací stanice vyšší, ovšem ne tak zřetelně jako xyleny.



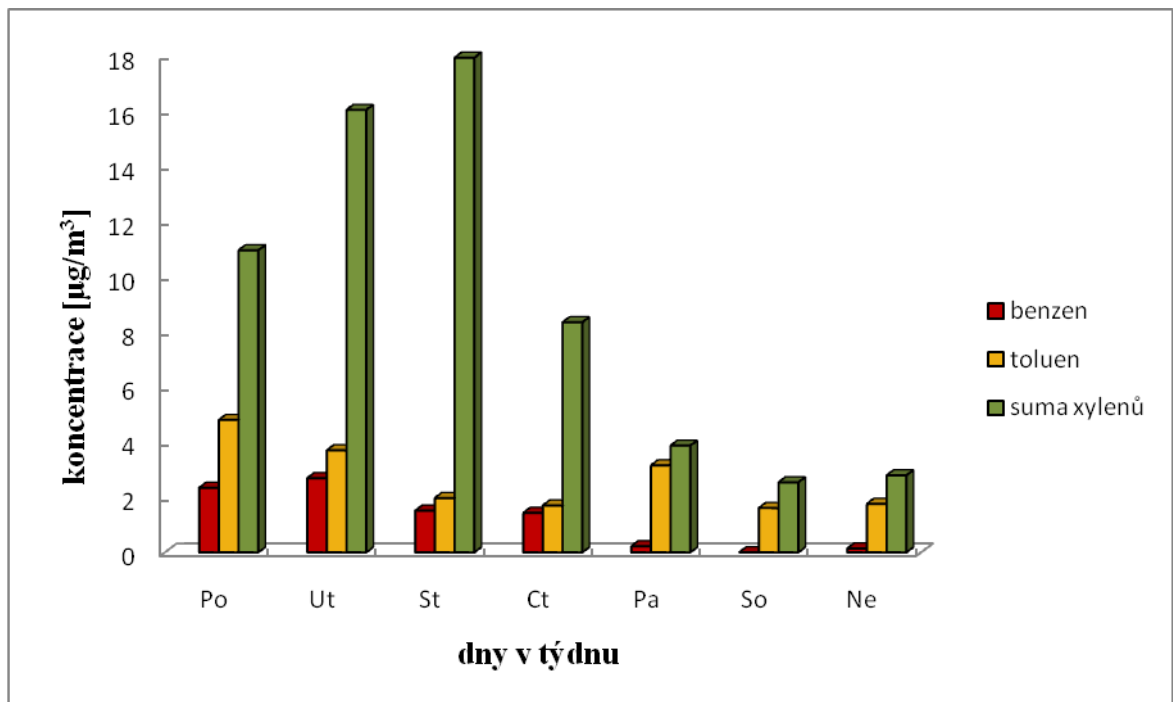
Obr. 11 Graf koncentrací benzenu, toluenu a sumy xylenů stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici v jednotlivých dnech

Na obr. 11 jsou sumarizovány hodnoty xylenů a je názorně vidět, že xylen značně převažuje stanovené hodnoty u benzenu a toluenu. Současně je zde vidět průběh snižování koncentrace všech stanovovaných sloučenin v průběhu měsíce března. S porovnáním s tabulkou meteorologických podmínek se v měsíci březnu zvyšovala teplota od 3,5 °C a to 3. března 2010 až do 16 °C (30. března 2010).

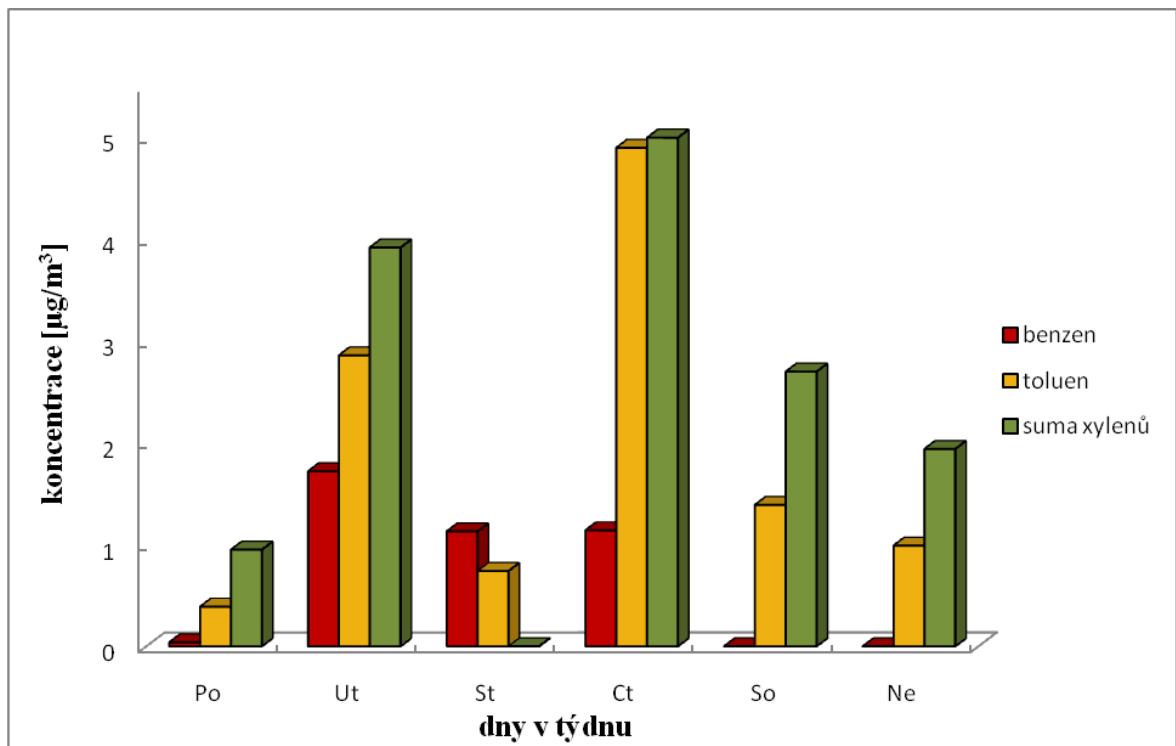


Obr. 12 Graf koncentrací benzenu, toluenu a sumy xylenů stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných v Ulici Palackého v jednotlivých dnech

Tyto grafy (Obr.11 a 12) byly sestrojeny pro větší přehlednost. Grafy ukazující koncentrace stanovených látek přepočtené na normální podmínky v jednotlivých dnech odběru. Graf byl sestrojen z koncentrací benzenu, toluenu a sumy xylenů. Je zde opět pozorovatelné, že koncentrace xylenů stanovené ze vzorků vzduchu odebraných na čerpací stanici jsou několikanásobně vyšší než koncentrace xylenů stanovené ve vzorcích vzduchů odebraných v ulici Palackého.



Obr. 13 Graf závislosti koncentrací stanovených BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici na jednotlivých dnech v týdnu



Obr. 14 Graf závislosti koncentrací stanovených BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných v ulici Palackého na jednotlivých dnech v týdnu

Obrázky 13 a 14 jsou grafy sestavené pro jeden týden a koncentrace stanovených látek jsou závislé na určitých dnech v týdnu. Z grafů lze vyčíst, že koncentrace látek jsou podstatně větší v průběhu pracovních dní nežli o víkendu.

ZÁVĚR

S měřením a hledáním vhodné odběrové techniky vzorků vzduchu pro mou diplomovou práci jsem začala již v listopadu 2009. Používala jsem čerpadlo Pocket Pump SKC s nastaveným průtokem 250 ml/min. Odběr vzorků byl prováděn ve Zlíně na parkovišti Čepkov, odebraného množství bylo okolo 10 l což bylo množství nedostačující pro následnou analýzu na plynovém chromatografu, kde se dávkuje 1 μl z vyextrahovaného množství v 1 ml CS_2 čistoty p.a.. Ovšem pro odebrání většího objemu vzorku vzduchu bylo čerpadlo Pocket Pump nevhodné vzhledem k malé kapacitě baterie, která vydržela nasávat vzduch v průměru cca 5 hodin (75 l), což bylo opět nedostačující množství. Přešla jsem tedy k používání čerpadla s membránou MP1, které musí být při provozu připojeno k elektrické síti. Tato okolnost vedla k pozměnění lokality pro odebrání vzorků a to do místa mého bydliště (Přerov), kde byla větší dostupnost, lepší proveditelnost a znalost míst vhodných pro odběr. V Přerově jsem odebírala vzorky vzduchu na dvou místech v ulici Palackého a na čerpací stanici. Průtok čerpadla byl 680 ml/min a odběr probíhal cca 24 hodin pro dosažení nasátí objemu vzduchu 1 m^3 . Odběr probíhal v měsících Únor, Březen a Duben 2010.

Koncentrace vybraných stanovovaných těkavých organických látek odebraných v lokalitě ulice Palackého se pohybovaly v rozmezí pro benzen 0 až 1,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro toluen 0,02 až 4,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro m-xylen 0 až 1,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, p-xylen 0 až 1,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a o-xylen 0 až 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

V lokalitě čerpací stanice se koncentrace látek pohybovala u benzenu 0 až 2,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro toluen 0,72 až 6,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro m-xylen 0,34 až 7,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, p-xylen 0,82 až 6,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a o-xylen 0 až 4,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Celkově byly nevyšší stanovené koncentrace toluenu, m-xyleny a p-xyleny. Hodnoty koncentrací jednotlivých látek se odlišovaly podle lokality odběru. V ulici Palackého byly koncentrace BTEX podstatně nižší než koncentrace látek stanovené ve vzorcích odebraných v lokalitě čerpací stanice. Koncentrace xylenů byly z lokality benzínové pumpy násobně vyšší než z lokality ulice Palackého. Benzínová pumpa je v blízkosti vlakové trati v industriální

zóně. Původ těchto xylenů naměřených v této lokalitě mě není znám. Taktéž v této práci bylo vyzorováno, že koncentrace jednotlivých stanovovaných látek jsou vyšší ve všední dny a to úterý a čtvrtek oproti víkendům. Také počasí ovlivňuje hodnoty koncentrací ve dnech, kdy bylo zataženo a vítr téměř nefoukal, byly koncentrace vyšší. Ve dnech kdy byla obloha jasná a polojasná a vítr se pohyboval větší rychlostí, byly koncentrace stanovovaných těkavých organických látek nižší. Jelikož vítr pomáhá rozfoukat tyto látky a jasná obloha vede k lepším rozptylovým podmínkám. I teplota má vliv na jednotlivé koncentrace na konci března a dubna, kdy teploty dosahovaly vyšších hodnot, koncentrace byly naopak nižší. V České republice je stanoven imisní limit pouze pro benzen ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), který nebyl ani v jednom případě překročen.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Integrovaný registr znečištění. *Nemetanové těkavé organické sloučeniny*.
[online], [cit. 2009 -28-12]. Dostupný z WWW:
<http://www.irz.cz/metody-mereni/nemethanove_tekave_o>
- [2] Český hydrometeorologický ústav. *Znečištění ovzduší na území České republiky*.
[online], [cit. 2009 -28-12]. Dostupný z WWW:
<<http://www.chmi.cz>>
- [3] Ing. DOBIÁŠOVÁ, J. Těkavé organické látky jako hlavní prekurzory tvorby fotochemického smogu a národní program jejich omezování [online], [cit.2009-26-2].
Dostupný z WWW:
<[http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/0A9C69D95AF7CA06C1256FC00043DA38/\\$file/Z_11orglatky.html](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/0A9C69D95AF7CA06C1256FC00043DA38/$file/Z_11orglatky.html)>
- [4] Otevřená encyklopedie. Wikipedie [online], [cit. 2010- 26-2]. Dostupný z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki>>
- [5] Air Quality Guildelines for Europe. Přeložilo a vydalo Ministerstvo životního prostředí České republiky. Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě [online]. 1996, [cit.2010-25-1].Dostupnýz WWW:
<http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/smernice6.htm>
- [6] U.S. Environmental Protection Agency. Technology Transfer Network Air Toxic Web Side [online], [cit. 2010- 26-1]. Dostupný z WWW:
<<http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/toluene.html>>
- [7] Agency For Toxic Substances and Disearre Registry. Public Health Sta tement for Toluen [online]. 2000, [cit. 2010- 26-1]. Dostupný z WWW:
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs56.html>

- [8] Ing. PRAŽÁK, V. Motorová paliva-Histirie a současnost [online], [cit.2010-26-1].Dostupný z WWW:
<http://www.ceskarafinerska.cz/data/publications/motorova_paliva_historie_soucasnost.pdf>
- [9] Portál veřejné zprávy České republiky [online], [cit. 2010-27-1]. Dostupný z WWW:
<http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701?kam=zakon&c=597/2006>
- [10] Imisní limity a cílové imisní hodnoty pro látky znečišťující venkovní ovzduší platné v České republice [online]. 2002, [cit. 2010- 13-2]. Dostupný z WWW:
<<http://www.chmi.cz/uoco/limit/imlim.html>>
- [11] RNDr. HŮNOVÁ, I. Ing. ŠANTRICH, J. CSc , Limitní hodnoty navrhované EK pro oxid uhelnatý a benzen [online], [cit. 2010- 13-2]. Dostupný z WWW:
<<http://www.chmu.cz/uoco/limit/tab16im.html>>
- [12] PAVLOSEK, J. KRAJÁK, V. Hygienické laboratoře v Pardubice a Chrudim. Zkušenosti se stanovením benzenu v ovzduší s využitím pevných sorbentů, tepelné desorpce a GC/MS koncovky.[online], [cit. 2010-13-2]. Dostupný z WWW:
<http://www1.szu.cz/chpnp/pages/education/16zkusenosti_se_stan_benzenu.pdf>
- [13] SEILA, RL, MAIN, HH. ARRIAGA, JL. MARTINEZ, G. RAMADAN, A. Atmospheric volatile organic compound measurements during the 1996 Paso del Norte Ozone Study. Science of the total environment. Vol. 276, 153-169 (2001)

- [14] KUNTASAL, O. KARMAN, D. WANG, D. TUNCEL, S.G. TUNCEL, G. Determination of volatile organic compounds in different microenvironments by multi-bed adsorption and short-path thermal desorption followed by gas chromatographic-mass spectrometric analysis. *Journal of chromatography*. Vol. 1099, 43-54, (2005)
- [15] HALUZÍK, J. ADAMEC, V. LIČBINSKÝ R. Centrum dopravního výzkumu. Monitoring těkavých škodlivých látek vznikajících v dopravě [online], [cit. 2010/13/2]. Dostupný z WWW:

<http://www.cdv.cz/text/szp/ovzdusi/tekave_latky.pdf>
- [16] TOLGA, E. BANU, C. EYLEM, C. ABDURAHMAN, B. MUSTAFA, O. Characterization of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Sources in the Air of Izmir, Turkey [online]. 2007, [cit. 2009- 28-12]. Dostupný z WWW:

<<http://www.springerlink.com/content/f604883870145813/fulltext.pdf>>
- [17] LEE, S.C. CHIU, M.Y. HO, K.F. YOU, S.C. WANG, X. Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong. *Chemosphere* 48 , 375- 382, 2002
- [18] BRAVO, H. SOSA, R. SANCHEZ, P. BUENO, E. GONZALEZ, L. Concentrations of benzene and toluene in the atmosphere of the southwest area at the Mexico City Metropolitan Zone. *Atmospheric Environment* 36, 3843 – 3849, 2002

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VOC _s	Těkavé organické látky (Volatile Organic Compounds)
BTEX	Benzen, toluen, etylbenzen, xyleny
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění (International Plant Protection Convention)
POCP	Potenciál tvorby přízemního ozonu (Photochemical Ozone Creation Potencial)
IARC	Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (International Agency for Research on Cancer)
CNS	Centrální nervový systém (central nervous system)
ČR	Česká republika
GC	Plynový chromatograf (Gas Chromatography)
GC-MS	Plynová chromatografie a hmotnostní spektrometrie (Gas Chromatography-Mass Spektrometry)
FID	Plamenově ionizační detektor (Flame Ionization Detector)
PID	Fotoionizační detektor (photoionization detector)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency)
PTFE	Polytetrafluorethylen
CS ₂	Sírouhlík
ČSN	Česká technická norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Roční průměrná koncentrace benzenu na vybraných stanicích	22
Obr. 2 Průběh kalibrační křivky benzenu	34
Obr. 3 Průběh kalibrační křivky toluenu.....	35
Obr. 4 Průběh kalibrační křivky m- xylenu	35
Obr. 5 Průběh kalibrační křivky p- xylenu.....	36
Obr. 6 Průběh kalibrační křivky o- xylenu.....	36
Obr. 7 Chromatografický záznam vzorku vzduchu odebraného 20.-21.3. 2010	37
Obr. 8 Chromatografický záznam vzorku vzduchu odebraného.....	38
Obr. 9 Graf koncentrací BTEX stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici v jednotlivých dnech.....	45
Obr. 10 Graf koncentrací BTEX stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných v ulici.....	46
Obr. 11 Graf koncentrací benzenu, toluenu a sumy xylenů stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici v jednotlivých dnech.....	47
Obr. 12 Graf koncentrací benzenu, toluenu a sumy xylenů stanovených ve vzorcích vzduchu odebraných v Ulici Palackého v jednotlivých dnech	48
Obr. 13 Graf závislosti koncentrací stanovených BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici na jednotlivých dnech v týdnu.....	49
Obr. 14 Graf závislosti koncentrací stanovených BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných v ulici Palackého na jednotlivých dnech v týdnu.....	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Imisní limity benzenu pro ochranu zdraví [9, 10].	17
Tab. 2 Meteorologické podmínky při odběru vzorků vzduchu v ulici Palackého	30
Tab. 3 Meteorologické podmínky při odběru vzorků vzduchu na čerpací stanici	31
Tab. 4 Retenční časy vybraných stanovovaných látek	37
Tab. 5 Odebraný objem vzorku a vypočtené koncentrace BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných v ulici Palackého	40
Tab. 6 Odebraný objem vzorku a vypočtené koncentrace BTEX ve vzorcích vzduchu odebraných na čerpací stanici	41
Tab. 7 Stanovené koncentrace BTEX ze vzorků vzduchu odebraných v ulici Palackého přepočtené na normální podmínky	42
Tab. 8 Stanovené koncentrace BTEX ze vzorků vzduchu odebraných na čerpací stanici přepočtené na normální podmínky	43

EVIDENČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Sigla (místo uložení diplomové práce)	Ústřední knihovna UTB ve Zlíně
Název diplomové práce	Monitorování vybraných těkavých organických látek v městském prostředí
Autor diplomové práce	Bc. Lucie Krásná
Vedoucí diplomové práce	Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	T.G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín
Fakulta (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Technologická
Katedra (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav Inženýrství ochrany životního prostředí
Rok obhájení DP	2010
Počet stran	58
Počet svazků	1
Vybavení (obrázky, tabulky...)	14 obrázků, 8 tabulek
Klíčová slova	Těkavé organické látky, BTEX, plynová chromatografie, imise, benzen