

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Petr ŘEZNÍČEK

Znečištění ovzduší polétavým prachem v Olomouci

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Olomouc 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci řešil samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

Pardubice, 1. 5. 2009

.....

Tímto upřímně děkuji RNDr. Martinu Jurkovi, PhD. za cenné rady a odborné vedení při řešení této práce. Dále děkuji Ing. Jitce Pudelové z oddělení ochrany ovzduší Magistrátu města Olomouce za poskytnutá verifikovaná data, ochotu a další cenné informace.



Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geografie

Akademický rok 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student

Petr **ŘEZNÍČEK**

Obor (studijní kombinace)

Regionální geografie

Název práce:

Znečištění ovzduší polétavým prachem v Olomouci

Air pollution by particulate matter in Olomouc

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit míru a vývoj úrovně znečištění polétavým prachem v Olomouci z imisních dat dostupných prostřednictvím Informačního systému kvality ovzduší a z odboru životního prostředí Magistrátu města Olomouce.

Struktura práce:

1. Úvod, cíle a metody práce
2. Analýza míry a vývoje úrovně znečištění polétavým prachem v Olomouci
3. Diskuze a závěr
4. Shrnutí – Summary (česky a anglicky), klíčová slova – key words

Bakalářská práce bude zpracována v těchto kontrolovaných etapách:

listopad 2008	rešerše pramenů
únor 2009	analýza imisních dat
březen 2009	diskuze a závěr

Rozsah grafických prací: text, grafy, mapy v rozsahu přiměřeném tématu práce

Rozsah průvodní zprávy: 10 000 až 12 000 slov základního textu + práce včetně všech příloh v elektronické podobě

Seznam odborné literatury:

Harrop, O. (2002) *Air Quality Assessment and Management : A Practical Guide*. London: Spon Press. ISBN 0-415-23411-5.

Griffin, R. D. (2007) *Principles of Air Quality Management*. 2nd ed. CRC Press. ISBN 978-0-8493-7099-1.

Moussiopoulos, N. (ed.) (2003) *Air Quality in Cities*. Springer. ISBN 3-540-00842-X.

Časopisy *Ochrana ovzduší a Meteorologické zprávy*.

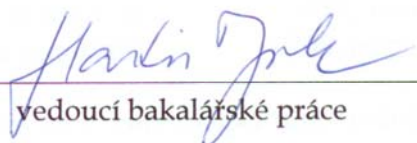
Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Martin Jurek, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 12. 6. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2009



vedoucí katedry



vedoucí bakalářské práce

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk a značek	8
Úvod.....	9
1 Cíl práce.....	10
2 Použitá data a metody zpracování	11
2.1 Data	11
2.2 Metody zpracování.....	11
3 Teoretická východiska	15
3.1 Znečištění ovzduší.....	15
3.2 Tuhé znečišťující látky v ovzduší	15
3.3 Záchyt prachových částic a odběr vzorků ovzduší	17
3.4 Metody měření PM ₁₀	18
3.4.1 Automatizované monitorovací stanice.....	19
3.4.2 Manuální stanice	20
3.5 Ochrana ovzduší před poléťavým prachem v české legislativě.....	21
3.6 Limity znečišťování ovzduší.....	21
3.6.1 Imisní limity pro poléťavý prach v České republice	22
3.6.2 Horní a dolní meze pro posuzování	22
3.6.3 PM ₁₀ a index kvality ovzduší	23
3.7 Referenční metody sledování kvality ovzduší	24
4 Olomoucký měřicí systém kontroly ovzduší	26
4.1 Vývoj v minulosti až po současnost.....	26
4.2 Charakteristika jednotlivých stanic	27
4.3 Výsledky olomouckého monitoringu.....	28
5 Výsledky analýzy.....	29
5.1 Měsíční průměrné koncentrace PM ₁₀ , průměrné koncentrace PM ₁₀ v ročních obdobích a průměrné koncentrace PM ₁₀ v chladných a teplých polovinách roků 2004-2008	29
5.2 Průměrné koncentrace PM ₁₀ ve dnech v týdnu a průměrné koncentrace PM ₁₀ v pracovních dnech a o víkendech v letech 2004-2008.....	32
5.3 Hodinový chod průměrných koncentrací PM ₁₀ v letech 2006-2008.....	34
5.4 Topná období v denostupních v letech 2004-2008	35

5.5 Průměrné koncentrace PM ₁₀ pro synoptické situace rozdělené na cyklonální, anticyklonální a brázdy s frontami v letech 2004-2008	36
5.6 Průměrné koncentrace PM ₁₀ pro rozdělené synoptické situace v chladných a teplých polovinách roků 2004-2008.....	37
5.7 Hodinový chod průměrných koncentrací PM ₁₀ pro rozdělené synoptické situace v letech 2006-2008.....	40
6 Diskuze	42
7 Závěr a klíčová slova	44
8 Summary.....	45
9 Seznam použité literatury	46
Přílohy.....	49

Seznam použitých zkratek a značek

AIM	Automatizovaný imisní monitoring
AMS	Automatizovaná monitorovací stanice
CO	Oxid uhelnatý
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
EoI	Klasifikace stanic pro výměnu informací
NH ₃	Amoniak (Čpavek)
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíku
PM _{2,5}	Poléťavý prach velikostní frakce do 2,5 mikrometrů
PM ₁₀	Poléťavý prach velikostní frakce do 10 mikrometrů
SPM	Prašný aerosol bez velikostního rozlišení částic
SO ₂	Oxid siřičitý
SZÚ	Státní zdravotní ústav
VOC	Těkavé organické sloučeniny
24h	Čtyřiaadvacetihodinový

Úvod

Střední Morava patří z hlediska imisí suspendovaných částic v rámci České republiky k nadprůměrně zatíženým oblastem. Prozatím samozřejmě není srovnatelná s nejzatíženějšími oblastmi České republiky, jako je například sousedící Moravskoslezský kraj, avšak v posledních letech dochází k vyššímu než povolenému počtu překročení 24hodinových imisních limitů pro suspendované částice frakce PM_{10} .

Polévatý prach je velmi závažnou znečišťující látkou ovzduší. Škodlivé účinky na zdraví lidí vznikají především díky vdechování polévatého prachu do plic člověka. Nebezpečí závisí na velikosti částic a na tom, jaká nebezpečná látka je na tyto pevné částice vázána, například těžké kovy, které jsou prokazatelně toxické již ve stopových koncentracích. Větší částice polévatého prachu se zachycují v horních partiích dýchacího ústrojí, částice frakce PM_{10} se dostávají do dolních cest dýchacích a jemnější částice $PM_{2,5}$ pronikají až do plicních sklípků.

Mezi klíčové příčiny tohoto jevu patří individuální aktivity obyvatel, především zdroje v podobě lokálních topenišť a silniční doprava. Ta v posledních letech nabírá na intenzitě a její vliv je stále markantnější. Do budoucna i přes přísnější limity a zlepšující se kvalitu vozového parku výhledové studie a modely uvádějí zhoršení znečištění ovzduší částicemi polévatého prachu právě díky narůstající intenzitě dopravy. Problém lokálních topenišť spočívá hlavně ve starých domech se zastaralými a nešetrnými způsoby vytápění, rozšiřující zástavba novými domy nemá díky novějším a úsporným technologiím vytápění tolik zatěžující vliv na ovzduší. Některé země Evropské unie již přikročily k zákazu topení jiným palivem než plynem nebo kapalných a šetří tak velkou měrou kvalitu ovzduší. Za pozitivní lze považovat klesající vývoj emisí PM_{10} z velkých a středních zdrojů znečišťování.

V současné době zvažuje město Olomouc kromě měření polévatého prachu PM_{10} také inovaci imisního monitoringu zakoupením zařízení na měření jemnějších částic prašného aerosolu, frakce částic $PM_{2,5}$. Tímto krokem by bylo možné lépe vyhodnocovat emisní situaci a její dopady ve městě a celkově zajišťovat lepší přehled o polévatém prachu v této lokalitě.

Je velice důležité zabývat se problematikou spojenou se znečištěním ovzduší polévatým prachem a bylo by dobré lépe informovat širokou veřejnost o jejím přímém vlivu na podílu této škodliviny, neboť právě lepší individuální uvědomění a chování lidí by mohlo v budoucnu pomoci zmírňovat negativní důsledky našeho jednání.

1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit míru a vývoj úrovně znečištění polétavým prachem v Olomouci z imisních dat z odboru životního prostředí Magistrátu města Olomouce. Vstupní data pro analýzu míry a vývoje úrovně znečištění ve formě hodinových hodnot, denních průměrů, maximálních a minimálních hodnot koncentrací prašného aerosolu frakce PM_{10} jsou převzata ze stanice městského imisního monitoringu Olomouc-Velkomoravská, a to z období let 2004 až 2008.

2 Použitá data a metody zpracování

2.1 Data

Data pro tuto bakalářskou práci byla převzata ze stanice pro sledování kvality ovzduší městského imisního monitoringu Olomouc-Velkomoravská. V podstatě v reálném čase jsou data z ní dostupná na internetových stránkách města Olomouce <http://www.olomouc.eu/ovzdusi>. Na konci února 2008 byl v podloubí radnice na Horním náměstí v Olomouci instalován světelný numerický informační panel, který z monitorovací stanice na ulici Velkomoravská zobrazuje hodnoty aktuálních naměřených koncentrací škodlivin v ovzduší (SO_2 , NO_2 a PM_{10}), zákonné limitní hodnoty znečišťujících látek a dále venkovní teplotu a aktuální čas (Loyka, P. online, 2002). Data použitá pro potřeby bakalářské práce vycházejí z tabulkových souhrnů z dat poskytnutých Odborem životního prostředí Magistrátu města Olomouce z let 2004 až 2008.

2.2 Metody zpracování

Základními metodami uplatněnými při zpracování bakalářské práce byly statické výpočty. Výsledky jsou pro větší přehlednost prezentovány ve formě grafů, které slouží k lepšímu porovnání hodnot a pochopení zpracovávané problematiky.

Hodnoty koncentrací PM_{10} , naměřené na stanici Velkomoravská, byly převzaty z dat poskytnutých Magistrátem města Olomouce z přehledových tabulek let 2004 až 2008, obsahujících již verifikací ošetřená data. Na sestavení grafů bylo využito těchto verifikovaných hodnot, avšak grafy s hodinovým chodem koncentrací jsou zpracovány z hodnot dat neverifikovaných a tudíž z dat zatížených chybami. Pro posouzení chyb v hodnotách koncentrací bylo provedeno srovnání verifikovaných měsíčních průměrů z přehledových tabulek za celé sledované období a mnou vypočtených měsíčních průměrů. Ty byly vypočteny aritmetickými průměry z denních průměrných koncentrací a tyto zase z neverifikovaných hodinových hodnot koncentrací PM_{10} . Z tohoto srovnání vyplynulo, že porovnávaná průměrná měsíční úroveň koncentrace PM_{10} se liší v letech 2004 a 2005, avšak pro roky 2006, 2007 a 2008 je téměř stejná a dá se tak předpokládat, že grafy s hodinovým chodem koncentrací jsou pro tyto roky sestaveny z hodnot přibližně odpovídajících verifikovaným. V důsledku tohoto zjištění jsou ve výsledcích

analýzy do grafů s hodinovým chodem koncentrací zařazeny pouze roky 2006, 2007 a 2008 (grafy na obrázcích 7 a 16).

Průměrné denní koncentrace PM_{10} v jednotlivých měsících v letech 2004 až 2008 zobrazují grafy na obrázcích 17 až 28, umístěné v příloze na konci této práce.

Z průměrných měsíčních hodnot koncentrací PM_{10} byl sestaven graf pro celé sledované období (Obr. 1) a dále byly vyznačeny minimální a maximální hodinové koncentrace v měsíci (Obr. 3). Vypočtením aritmetického průměru vždy tří po sobě logicky jdoucích měsíců byly získány hodnoty chodu koncentrací v ročních obdobích (graf na obr. 2). Z aritmetických průměrů šesti po sobě jdoucích měsíčních průměrných koncentrací vznikl graf na obr. 4, který znázorňuje průběhy koncentrací PM_{10} v teplých a chladných polovinách roků sledovaného období. Teplou polovinou roku se rozumí období od počátku dubna do konce září daného roku, chladnou polovinou roku období od začátku října do konce března roku následujícího.

Funkcí DENTÝDNE v MS Excel 2003 byla u všech dnů zjištěna číselná hodnota, vyjadřující číslo dne v týdnu dle kalendářního data. Průměrné koncentrace PM_{10} ve dnech v týdnu zobrazuje graf na obr. 5. Z průměrů pondělků až pátků byla aritmetickým průměrem vypočtena hodnota koncentrace v pracovních dnech a z aritmetických průměrů sobot a nedělí koncentrace ve dnech pracovního klidu – o víkendech (graf na obr. 6).

Hodinový chod průměrných koncentrací PM_{10} v letech 2006 až 2008 prezentuje graf na obr. 7. Zde je dále zobrazena směrodatná odchylka základního souboru dat, která vyjadřuje, jak se hodnoty liší od průměrné (střední) hodnoty. Vypočtena byla funkcí SMODCH z hodinových hodnot naměřených koncentrací.

Z Metodiky provádění emisní bilance malých zdrojů ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu byl převzat výpočtový vztah pro výpočet teploty topného období. Základem výpočtu je znalost průběhů venkovních teplot z meteorologických dat v měsících topného období, tedy od září do května následujícího roku. Výsledek je vypočítán v jednotce denostupňů. Hodnota se využívá pro další výpočty až k výsledné emisní bilanci, potřeby tepla na byt za topné období a hodnotě produkovaných emisí (ČHMÚ online, 2003). Pro mé účely byl využit pouze základní vzorec.

$$D(t_{is}) = d * (t_{is} - t_{es})$$

$$D_{21} = d * (21 - t_{es})$$

Počet denostupňů D , charakterizovaný průměrnou vnitřní teplotou vzduchu v bytech t_{is} , jež byla stanovena na $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, je dán součinem počtu topných dnů d a rozdílu průměrné vnitřní teploty vzduchu v bytech a průměrných denních venkovních teplot vzduchu v topném období t_{es} . Topné období se skládá z topných dnů d , kdy průměrná denní teplota je nižší nebo rovnající se $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot v 7, ve 14 a ve 21 hodin, přičemž teplota měřená ve 21 hodin se počítá dvakrát. Topné dny a topné období jsou popsány v současné legislativní úpravě, uvedené ve vyhlášce č. 152/2001 Sb. Topné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku (Vyhláška č. 152/2001 Sb, online, 2001). Výsledek zobrazuje graf na obr. 8.

Hodnoty koncentrace PM_{10} byly ještě vyhodnocovány v souvislosti s nastalým typem povětrnostní synoptické situace v každém dni. Typ povětrnostní situace je soubor povětrnostních podmínek se společnými základními rysy rozhodujícími o šíření příměsí v atmosféře (Vysoudil, M. 2002). Data o jednotlivých typech situací v náležitých dnech sledovaného období byla získána z kalendáře synoptických typů pro území ČR z internetových stránek ČHMÚ (ČHMÚ online, 2008). Kalendář synoptických typů situací za předchozí rok je k dispozici obvykle v průběhu dubna následujícího roku, tudíž do analýzy mohl být využit i nejnovější kalendář pro rok 2008.

Synoptické situace byly rozděleny do tří skupin na skupinu cyklonálních situací, skupinu situací anticyklonálních a skupinu brázd a front. Do skupiny cyklonálních situací byly zahrnuty povětrnostní situace z kalendáře synoptických typů s indexem c , konkrétně Wc - západní cyklonální situace, Wcs - západní cyklonální situace s jižní dráhou, NWc - severozápadní cyklonální situace, Nc - severní cyklonální situace, NEc - severovýchodní cyklonální situace, Ec - východní cyklonální situace, SEc - jihovýchodní cyklonální situace, $SWc1-3$ - jihozápadní cyklonální situace, C - cyklóna nad střední Evropou, Cv - cyklóna výšková.

Do skupiny anticyklonálních povětrnostních situací byly zahrnuty povětrnostní situace z kalendáře synoptických typů s indexem a , konkrétně Wa - západní anticyklonální situace, Wal - západní anticyklonální situace letního typu, NWa - severozápadní anticyklonální situace, NEa - severovýchodní anticyklonální situace, Ea - východní anticyklonální situace, SEa - jihovýchodní anticyklonální situace, Sa - jižní anticyklonální situace, SWa - jihozápadní anticyklonální situace, A - anticyklóna nad střední Evropou, $Ap1-4$ - putující anticyklóna.

Třetí skupinu brázd a front tvoří synoptická situace B - brázda nízkého tlaku nad střední Evropou, Bp - brázda postupující přes střední Evropu a Vfz - vchod frontální zóny.

Vyhodnocována byla nejen hodnota aritmetického průměru koncentrací PM₁₀ v jednotlivých skupinách synoptických situací, ale také suma průměrných četností výskytu synoptických situací vždy pro každou skupinu (grafy na obr. 9 až 15). Dále bylo období sledovaných let opět rozděleno na chladné a teplé poloviny roků a zároveň dle typu skupiny situací. Na závěr byl vyhodnocen hodinový chod průměrných koncentrací PM₁₀ pro skupiny rozdělených synoptických situací v letech 2006-2008.

3 Teoretická východiska

3.1 Znečištění ovzduší

Většina škodlivin znečištěného ovzduší se nachází ve výšce do 2 km. Znečišťování ovzduší má své příčiny a následky. Při znečišťování ovzduší dochází k vnášení znečišťujících látek do atmosféry (emise). Důsledkem tohoto děje nastává znečištěné ovzduší, což je stav, kdy kontaminující látky jsou již rozptýleny a pozměněny reakcemi (imise). Vyskytují se v přízemní vrstvě atmosféry a působí škodlivě na zdraví lidí, přírodu a hmotné statky. Dle Kaličinské, J. (2006) lze znečištěné ovzduší rozdělit na lokální, regionální a globální.

Lokální znečištění je vztažené na určitou lokalitu s rozměry 1 km² až 10 km². Z hlediska analýzy ovzduší se jedná o stanovení škodlivin v městských aglomeracích nebo naopak v chráněných oblastech. Výsledky analýz slouží k porovnávání s imisními limity (Kaličinská, J. 2006). ČHMÚ v České republice provozuje síť automatizovaných monitorovacích stanic (AMS), měřících oxid siřičitý, oxidy dusíku, prašný aerosol, oxid uhelnatý a na vybraných lokalitách i ozon a uhlovodíky (ČHMÚ online, 1999).

Regionální znečištění je vztažené k územním celkům s rozlohou 10² km² až 10³ km². Tyto stanice jsou budovány dle doporučení WMO mimo bezprostřední dosah velkých zdrojů znečištění v reprezentativních polohách. V České republice se nacházejí ve Svatouchu a v Košeticích a provozovatelem je ČHMÚ.

Globální znečištění se projevuje hlavně u látek dlouhodobě stálých, dostávajících se do ovzduší v souvislosti s lidskou činností. Patří sem prachový aerosol, oxid uhličitý a halogenmethany. Při hodnocení globálního znečištění je třeba neopomenout, že některé škodliviny v malých koncentracích jsou přirozenou složkou ovzduší (Kaličinská, J. 2006).

3.2 Tuhé znečišťující látky v ovzduší

Sledování tuhých znečišťujících látek v ovzduší ve formě tuhého aerosolu, polétavého prachu nebo celkové prašnosti probíhá od počátku hodnocení přízemní vrstvy atmosféry. Poznatky o působení tuhých látek anorganického, organického nebo biologického původu na lidský organismus bylo významným podnětem pro jejich podrobnější studium a vedlo k zařazení těchto látek mezi rizikové polutanty. Všeobecné působení některých tuhých látek způsobuje typické příznaky potíží, jako jsou bolesti

hlavy, závratě, únava, pocit stresu, nespavost nebo oční potíže. Mnoho látek ale vyvolává specifické potíže, například alergie, metabolické poruchy nebo záněty dýchacích cest (Machálek, P. 2003).

Škodlivý účinek tuhých znečišťujících látek je z obecného pohledu závislý na jejich velikosti a na jejich složení (a případně na morfologii). Ve vzduchu setrvávají tuhé částice větší než 100 μm velmi krátkou dobu a sedimentují jako prach. Podstatně delší dobu (přibližně 2 týdny) setrvávají v ovzduší menší částice, schopné dálkového transportu. Nejmenší částice velikosti menší než 5 μm , vykazující vlastnosti aerosolu (nesedimentujícího polétavého prachu), zůstávají v ovzduší až do doby, kdy z nich fyzikální nebo chemické procesy vytvoří větší částice (Machálek, P. 2003).

Na charakteru emisního zdroje závisí další důležitý faktor tuhých znečišťujících látek, jejich chemické složení. Prachové částice tak dle Kurfürsta, J. (1998) můžeme klasifikovat do několika skupin podle obsahu škodlivých příměsí:

1. prachové částice s obsahem toxických látek (např. těžké kovy, persistentní organické látky, biologicky aktivní toxické látky)
2. prachové částice neobsahující toxické látky:
 - prachové částice s fibrogenním účinkem (např. azbestový prach, černouhelný prach, grafit, mastek, slída, keramické jíly, živec, kaolin, šamot, prachy v metalurgickém průmyslu)
 - prachy bez fibrogenního účinku s výrazným dráždivým účinkem (např. bavlna, len, konopí, juta, srst, peří, čedičová a skleněná vlákna, uhličitany alkálií, pálené vápno)
 - prachy bez fibrogenního a dráždivého účinku (hnědouhelný prach, jiné než výše jmenované průmyslové a neprůmyslové prachy).

Na území České republiky (a bývalého Československa) je prach dlouhou řadu let sledovanou charakteristikou znečištění ovzduší (Machálek, P., online 2003). Obecně dávají vznik primárním částicím a jsou hlavními původci imisního zatížení polétavým prachem spalovací, technologické a mechanické procesy. Technologickými procesy se rozumí například výroba kovů, cementu, stavební činnost a podobně. Mezi mechanické procesy patří víření usazeného prachu, obrus pneumatik, vozovek, obkladů brzd a odnos půdních částic. Sekundární částice vznikají v atmosféře chemickými procesy díky prekurzorům SO_2 , NO_x , NH_3 a VOC (Zákony online, 2004).

Primární prašnost zejména vzniká ze zdrojů spalujících tuhá paliva bez odlučování, prašnost sekundární je způsobena vířením prachových částic větrem, stavební činností, dopravou a podobně. Při hodnocení celkové úrovně životního prostředí je prašný spad významný pomocný ukazatel. Velmi podstatným faktorem je větrná eroze, kterou je postiženo v rámci aglomerace asi 12 % rozlohy orných půd, avšak lze předpokládat výrazně vyšší procento. Především v suchých obdobích na plochách bez vegetačního krytu může přenos půdních částic a spolu s nimi i agrochemikálií a dalších substancí způsobovat značné znečištění atmosféry, což bylo na mnoha místech prokázáno. Zabránit tomuto jevu je velmi obtížné vzhledem k neutěšenému stavu krajinné zeleně a místy k jejímu značnému nedostatku (Ústav územního rozvoje online, 2003).

Intenzitu působení znečišťujících látek v lidském těle ovlivňuje druh vniknutí těchto látek do organismu. Cesta prostřednictvím potravy se dá před kontaminací tuhými látkami z ovzduší do značné míry chránit. Hlavním vstupem do těla pro tuhé látky jsou dýchací orgány. Pro tuhé částice vytváří cesta od nosní a ústní dutiny přes průdušky až do plicních sklípků přirozené překážky tak, že jen nejmenší částice se dostávají až do plic. Machálek, P. (online, 2003) dále pro klasifikaci částic podle jejich velikosti a tím možného vstupu do organismu navrhuje třídění, které také umožňuje určit vhodnost zařízení, uplatňujících se v systému ochrany pracovního prostředí nebo pomůcek osobní ochrany. Třídění je uvedeno v následující tabulce 1.

Tab. 1 Velikost částic a možnost jejich penetrace podle konvence ISO

Oblast vstupu částic do organismu	Hranice velikosti částic [μm]
nosní a ústní dutiny, hrtan	100
průdušky, průdušnice	30
plíce	8,5

Pramen: Machálek, P. (online, 2003)

3.3 Záchyt prachových částic a odběr vzorků ovzduší

Při zachycování prachových částic dochází zároveň k záchytu jemných kapiček látek, které se vyskytují ve vzduchu v kapalně formě. Prach a kapalně částice v ovzduší zahrnuje pojem aerosol, což je jakýkoliv materiál přítomný v tuhém nebo kapalném skupenství v atmosféře. Nejkritičtější krokem celého postupu stanovení složek

kontaminujících ovzduší je odběr vzorku. Vzduch můžeme z hlediska nečistot považovat za zředěný aerosol, obsahující plynnou fázi, tuhé prachové částice a kapalnou fázi ve formě kapiček nebo zachycenou na povrchu prachových částic. Mnohé z komponent se nacházejí ve všech fázích aerosolů a mohou mezi nimi přecházet a vzájemně spolu reagovat. Volbou metody odběru vzorku z ovzduší je třeba předcházet změně složení jednotlivých fází, která by mohla během odběru nastat. Dále je třeba provádět celou řadu měření v různých místech a časech, neboť značně variabilní a ovlivňovaný mnoha faktory je i obsah mikrokomponent (Kaličinská, J. 2006).

Při vzorkování emisí je koncentrace škodliviny poměrně vysoká se a mění se jen málo. Odběr se většinou provádí na výstupu z komína, z výfukového potrubí nebo uvnitř a obvykle nepřináší velké problémy. Pro odebrané vzorky je třeba dodržet reprezentativnost pro celý průřez a zabránit ztrátám analyzované složky v důsledku kondenzace, adsorpce na stěnách nebo chemických reakcí při vedení od místa odběru do místa analýzy. Vzorkování emisí se provádí ve volné krajině a vzorkovací body je třeba měnit. Odběr se uskutečňuje po jistou periodu a získané hodnoty mohou být závislé na místě odběru, denní a roční době, rychlosti a směru větru, teplotě vzduchu, relativní vlhkosti, srážkách (déšť, sníh, mlha), slunečním svitu, celkové povětrnostní situaci. Vhodně zvolený soubor měření poskytuje informace například o zatížení oblasti škodlivinami, překračování mezních hodnot, vztah ke škodlivým účinkům, šíření škodlivé látky v atmosféře a podobně. Odběrem ovzduší ve vnitřní místnosti se provádí vzorkování pracovního ovzduší, většinou v oblasti dýchací zóny pracovníků v továrnách, dolech, výrobních halách a domácnostech. Proces vzorkování je jednodušší a naměřené hodnoty závisí na umístění měřicího zařízení vůči zdrojům, kontaminace (Kaličinská, J. 2006).

3.4 Metody měření PM₁₀

Následující kapitola je věnována popisu jednotlivých typů měření polévatého prachu velikostní frakce do 10 µg.

3.4.1 Automatizované monitorovací stanice

Tab. 2 Metody měření v síti AMS

Komponenta	Zkratka	Metoda	Typ metody
SPM, PM ₁₀ , PM _{2,5}	RADIO	radiometrie	ekvivalentní
	TEOM	oscilační mikrováhy	ekvivalentní

Pramen: ČHMÚ (online, 2007)

Radiometrie - absorpce beta záření (RADIO)

Metoda je založena na absorpci beta záření ve vzorku zachyceném na filtračním materiálu. Z rozdílu absorpce beta záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem, který je úměrný hmotnosti zachycených částic aerosolu, je odvozen údaj o jeho koncentraci. Určení hodnoty koncentrace SPM a PM₁₀ na stanicích AIM (ČHMÚ online, 2007). Tato metoda je v Olomouci využita na stanici Olomouc-Velkomoravská.

Křemenné oscilační mikrováhy (TEOM)

Měří hmotnostní množství vzorku zachyceného na výměnném filtru podle změny frekvence oscilujícího kuželovitého nosiče. Vzorek vzduchu prochází filtrem, kde se zachytávají částice prachu a pokračuje dutým kuželovitým elementem přes elektronické ovládání průtoku do vývěvy. Na stanicích AIM ke stanovení koncentrace PM₁₀. Tato metoda je v Olomouci využita na stanici SZÚ Olomouc-Šmeralova (ČHMÚ online, 2007).

3.4.2 Manuální stanice

Tab. 3 Metody měření v síti manuálních stanic

Komponenta	Zkratka	Metoda	Typ metody
SPM, PM ₁₀ , PM _{2,5}	GRV	gravimetrie	referenční

Pramen: ČHMÚ (online, 2007)

Gravimetrie (GRV)

Odběr vzorku probíhá spojitým záchytem prachových částic filtrací venkovního ovzduší účinným čerpadlem přes filtr s vhodným materiálem (membránový nitrocelulózový o střední velikosti pórů 0,85 µm, teflonový o střední velikosti pórů 2 µm nebo ze skleněných vláken s účinností záchytu větší než 99,5 %). Gravimetrické stanovení z rozdílu hmotnosti filtru po a před expozicí (ČHMÚ online, 2007).

Dle Kaličinské, J. (2006) musí soudržnost filtru splňovat podmínku, že se při vyjímání z držáku zachycené částice neuvolní a současně se nesmí uvolňovat materiál samotného filtru. ČHMÚ (online, 2007) na svých stránkách uvádí konkrétní použití pro stanovení PM₁₀ a PM_{2,5} filtrů Milipore 1,2 µm o průměru 47 mm. Pro prostou gravimetrii se využívají filtry ze skleněných vláken.

Mnohdy se pro vzorkování z volného ovzduší (imisi) používají speciálně konstruované sondy, které zachytávají částice různé velikosti s různou účinností závisující na rychlosti a směru větru vůči sondě. Zároveň je možné sestavit sondu pro odběr prachových částic pouze do určité velikosti. Velký význam pro odstraňování škodliviny z atmosféry má měření depozic na zemský povrch. Pro měření celkové depozice ve formě tuhých a kapalných částic se používají srážkoměry opatřené nálevkou, jejíž průměr vymezuje velikost záchytné plochy. Jelikož se za suchého počasí uplatňuje zcela odlišný mechanismus depozice než při atmosférických srážkách, má velký význam oddělené jímání depozic suchých a vlhkých. K tomuto účelu jsou konstruovány automatické jímače, které při dešti automaticky uzavřou či otevřou vstupní otvor (Kaličinská, J. 2006).

3.5 Ochrana ovzduší před polétavým prachem v české legislativě

Emise škodlivin do ovzduší postihuje zákonodárný systém České republiky pomocí zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., pomocí Nařízení vlády č. 350 – 354/2002 Sb. a vyhlášek MŽP č. 355 – 358/2002 Sb. Úplné znění zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů pojednává zákon č. 472/2005 Sb. (Imisní limity online, 2002).

Zákon stanoví práva a povinnosti osob a působnost státních orgánů při ochraně vnějšího ovzduší, včetně stanovení poplatků za vnášení znečišťujících látek do ovzduší, zacházení s regulovanými látkami, které poškozují ozonovou vrstvu Země, či výrobky, které takové látky obsahují, včetně regulovaných látek. Dále stanoví podmínky pro další snižování látek znečišťujících ovzduší, působících nepříznivým účinkem na život lidí, zvířat, na životní prostředí a hmotný majetek (včetně pachových látek obtěžujících obyvatelstvo a seznamu paliv, jejichž spalování v malých spalovacích zdrojích může orgán obce ve svém obvodu zakázat). Zákon je rovněž nástrojem pro snižování množství látek ovlivňujících klimatický systém Země a definuje také skupiny znečišťovatelů ovzduší na velké, střední a malé zdroje znečišťování. Všechny tyto skupiny mají povinnost platit za vnášení znečišťujících látek do atmosféry (Kaličinská, J. 2006).

3.6 Limity znečišťování ovzduší

Cílem imisních limitů, jejichž úroveň je stanovena na základě vědeckých poznatků, je ochránit lidské zdraví nebo životní prostředí jako celek před škodlivými účinky znečišťujících příměsí ve venkovním ovzduší. Pro dlouhodobé škodlivé účinky znečištění ovzduší byly stanoveny hodnoty cílových imisních limitů. Úroveň, nad níž je pro stanovení kvality venkovního ovzduší povinné měření a která je specifikovaná pro každou znečišťující příměs v direktivách EU, se nazývá horní mez pro posuzování. Dle podmínek specifikovaných v Direktivě 96/62/EC je mezi tolerance procentuální podíl imisního limitu, o který může být imisní limit překročen. Dolní mez pro posuzování je úroveň, pod níž je pro stanovení kvality venkovního ovzduší plně postačující modelování nebo odborný odhad (Imisní limity online, 2002).

3.6.1 Imisní limity pro polétavý prach v České republice

Nařízení vlády č. 350/2002 Sb., v platném znění (novela č. 597/2006 Sb.), zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje způsob sledování a vyhodnocování kvality ovzduší. Stanovuje imisní limity a přípustné četnosti jejich překročení, cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle, kterých je třeba postupně dosáhnout, pro vybrané znečišťující látky. U plynných znečišťujících látek se objem přepočítává na standardní podmínky. U PM_{10} , $PM_{2,5}$ a znečišťujících látek, které se analyzují v PM_{10} , se objem odběru vzorků vztahuje k vnějším podmínkám (Portál veřejné zprávy ČR online, 2003).

Tab. 4 Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a přípustné četnosti překročení

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
PM_{10}	24 hodin	$50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
PM_{10}	1 kalendářní rok	$40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	

Pramen: Portál veřejné zprávy ČR (online, 2003)

PM_{10} je tímto nařízením definován jako „částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr $10 \mu\text{m}$ odlučovací účinnost 50 %“. Znečišťující látka $PM_{2,5}$ („částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr $2,5 \mu\text{m}$ odlučovací účinnost 50 %“) nemá stanoveny přípustné úrovně znečištění ovzduší a posuzuje se tedy z hlediska ročního aritmetického průměru, ročního mediánu, ročního 98. percentilu a ročního maxima ze 24h průměrných hodnot (Portál veřejné zprávy ČR online, 2003).

3.6.2 Horní a dolní meze pro posuzování

Horní a dolní meze pro posuzování PM_{10} jsou popsány v příloze č. 3 k nařízení vlády č. 597/2006 Sb. Překročení horní a dolní meze pro posuzování se zjišťuje na základě úrovně znečištění ovzduší během předcházejících pěti let, pokud jsou k dispozici dostatečné údaje. Mez pro posuzování se považuje za překročenou, pokud byla během těchto pěti let překročena nejméně ve třech kalendářních letech. Pokud je k dispozici méně údajů, než za období pěti let, určí se překročení horních a dolních prahů

posuzování na základě spojení výsledků krátkodobých měřicích kampaní během roku a v místech, která budou pravděpodobně reprezentativní pro nejvyšší úroveň znečištění ovzduší, a výsledků získaných z údajů z emisních inventur a modelování (Portál veřejné zprávy ČR online, 2003).

Tab. 5 Horní a dolní meze pro posuzování PM₁₀

Imisní limit	Horní mez pro posuzování	Dolní mez pro posuzování
24h	30 µg.m ⁻³ / 7 ¹⁾	20 µg.m ⁻³ / 7 ¹⁾
Roční imisní limit	14 µg.m ⁻³	10 µg.m ⁻³

Poznámka: ¹⁾ Povolený počet překročení za kalendářní rok.

Pramen: Portál veřejné zprávy ČR (online, 2003)

3.6.3 PM₁₀ a index kvality ovzduší

Z vyhodnocení koncentrací oxidu siřičitého (SO₂), oxidu dusičitého (NO₂), oxidu uhelnatého (CO), ozonu (O₃) a suspendovaných částic odvozuje ČHMÚ index kvality ovzduší. S výjimkou koncentrací oxidu uhelnatého jsou pro stanovování indexu kvality ovzduší použity hodinové koncentrace, v CO se používá osmihodinový průměr. Index je odstupňován do šesti tříd a koncentrace prašného aerosolu frakce PM₁₀ jsou uvedeny v následující tabulce (ČHMÚ online, 2005).

Tab. 6 Hodnoty koncentrací PM₁₀ v indexu kvality ovzduší podle ČHMÚ

Index	Kvalita ovzduší	Hodinový průměr koncentrace (µg.m⁻³)
1	velmi dobrá	0 – 15
2	dobrá	16 – 30
3	uspokojivá	31 – 50
4	vyhovující	51 – 70
5	špatná	71 – 150
6	velmi špatná	nad 150

Pramen: ČHMÚ IKO (online, 2005)

3.7 Referenční metody sledování kvality ovzduší

Příloha 6 referenční metody sledování kvality ovzduší novely č. 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší uvádí, že pro stacionární měření a odběr vzorků PM_{10} se použije referenční metoda podle české technické normy EN 12341:1999 "Kvalita ovzduší - Stanovení frakce PM_{10} v suspendovaných částicích - Referenční metoda a polní zkouška k prokázání ekvivalence metod měření". Pro odběr vzorků a stacionární měření $PM_{2,5}$ se použije referenční metoda podle české technické normy EN 14907:2005 "Normalizovaná metoda gravimetrického měření ke stanovení hmotnostní frakce suspendovaných částic $PM_{2,5}$ ve vnějším ovzduší".

Dále novela obsahuje seznam referenčních metod pro modelování. Pro znečišťující látky s krátkou dobou setrvání v atmosféře nebo rychle reagující znečišťující látky (např. troposférický ozon) není modelování vhodné a není vhodné ani pro zjištění pozadových úrovní znečištění ovzduší způsobených vlivem vzdálenějších zdrojů znečišťování ovzduší. Modely nezahrnují sekundární ani resuspendované částice PM_{10} a $PM_{2,5}$ (Portál veřejné zprávy ČR online, 2003).

Tab. 7 Referenční metody pro modelování znečištěného ovzduší

Název modelu	Oblasti použití	Velikost výpočetní oblasti	Určen pro znečišťující látky
SYMOS '97	venkovské oblasti (bodové, plošné a mobilní zdroje znečišťování ovzduší)	do 100 km od zdroje znečišťování ovzduší	SO ₂ , NO ₂ , CO, PM ₁₀ , PM _{2,5} a další méně reaktivní látky (např. benzen)
ATEM	městské oblasti nad úrovní střech budov (bodové, plošné a mobilní zdroje znečišť. ovzduší)	do 100 km od zdroje znečišťování ovzduší	SO ₂ , NO ₂ , CO, PM ₁₀ , PM _{2,5} a další méně reaktivní látky (např. benzen)
AEOLIUS	městské oblasti v uličních kaňonech (mobilní zdroje znečišť. ovzduší)	jednotlivé ulice	znečišťující látky emitované mobilními zdroji

Pramen: Portál veřejné zprávy ČR (online, 2003)

4 Olomoucký měřicí systém kontroly ovzduší

4.1 Vývoj v minulosti až po současnost

Městský imisní monitoring ovzduší provozuje město Olomouc již od března roku 1994 jako jedno z mála měst České republiky. Různě zatížené oblasti města sledovalo v průběhu let devět měřicích stanic. Následkem povodní v roce 1997 bylo několik stanic zničeno a zrušeno. Stanice umístěná v klidové zóně v centru města v podloubí radnice na Horním náměstí byla důsledkem velké části zplynofikovaného centra města a následným dlouhodobým poklesem měřených koncentrací odstraněna. Městský měřicí systém také prošel z důvodů nového zákona o ochraně ovzduší č.86/2002 Sb., a s tím souvisejících prováděcích předpisů, rekonstrukcí. Stanice instalovaná v oblasti hustě obydlené a zatížené dopravou kolem ulice Velkomoravská v Hotelovém domě byla na počátku března roku 2004 přemístěna, protože její umístění již nevyhovovalo tehdejším normám. V okolí zde také byla přerostlá zeleň, která by mohla zkreslovat výsledky měření. Stanice byla přesunuta do volného prostoru a speciálního kontejneru a umístěna v areálu středního odborného učiliště ve stejné lokalitě, u komunikace Velkomoravská. Další stanice, umístěná u plaveckého bazénu, je nyní uložena ve hmotných rezervách města Olomouce a čeká na určení nové vhodné polohy pro opětovné uvedení do provozu (Koukalová, Z. online, 2004).

V současné době monitorují ovzduší města Olomouce tři měřicí stanice. Již zmíněná základní stanice dopravního typu pro sledování kvality ovzduší u komunikace Velkomoravská, dále stanice umístěná a zachovaná v podstatě beze změn dodnes v průmyslové oblasti Hodolan v České droždářenské a.s. Olomouc (dnes Lesaffre Česko a.s.) a třetí v areálu vysokoškolských kolejí na ulici Šmeralova. Polétavý prach frakce do 10 mikrometrů sledují dvě z nich, Velkomoravská a Šmeralova (ISKO online, 2009).

V následující tabulce jsou uvedeny současné monitorovací stanice kvality ovzduší ve městě Olomouci, včetně stanice nyní dočasně uložené ve hmotných rezervách města, a popsána je jejich podrobnější charakteristika.

Tab. 8 Měřicí stanice v Olomouci

Kód	Lokalita	Klasifikace	Vlastník	Staré č. ISKO	Typ m.p.	Metoda
MOLO	Olomouc	B/U/R	ČHMÚ	1075	A	RADIO
MOLS	Olomouc- Šmeralova	B/U/R	SZÚ	1197	A, TK	TEOM
MOLV	Olomouc- Velkomoravská	T/U/R	Město Olomouc	1622	K	RADIO
MOLD	Olomouc- Hodolany		Městský úřad Olomouc		K	

Pramen: ISKO (online, 2009) Seznam lokalit měřících znečištění

Vysvětlivky: A – automatizovaný, TK - měření těžkých kovů v PM₁₀, K - kombinované měření

4.2 Charakteristika jednotlivých stanic

Olomouc

Jednalo se o pozadřovou městskou obytnou měřicí stanici v nadmořské výšce 214 m n.m., která shromažďovala data okrskového měřítka (z okruhu 0,5 km až 4 km). Nacházela se v dobré lokalitě ve sportovním areálu u plaveckého bazénu a od 26. 10. 2006 byla stanice posunuta cca o 20 metrů. Z důvodu úprav ve sportovním areálu je od 31. 03. 2007 stanice mimo provoz a je uložena ve hmotných rezervách města Olomouce. ČHMÚ se snaží nalézt vhodnou lokalitu pro nové umístění této stanice, avšak tomu brání četně rostoucí keřovitá zeleň a vzrostlé jehličnany, které by zkreslovaly naměřené hodnoty. Automatizovaný měřicí program s cílem stanovit reprezentativní koncentrace pro osídlené části území sledoval hodnoty SPM, PM₁₀, PM_{2,5} metodou RADIO. Dále zde probíhalo měření těžkých kovů v PM₁₀ a měření polycyklických aromatických uhlovodíků. V okolí stanice probíhala od dubna roku 2006 intenzivní stavební činnost (ISKO online, 2009).

Olomouc - Šmeralova

Stanice je umístěna na Šmeralově ulici v areálu VŠ kolejí v nadmořské výšce 220 m n.m. a ve velmi málo zvlněném terénu. Dle klasifikace EOI se jedná o stanici

požadovnou městskou obytnou. Stanice sbírá reprezentativní vzorek oblastního měřítka. Zachycuje částice PM₁₀ metodou TEOM (oscilační mikrováhy) v intervalu 30 minut a cíleně pro určení vlivu prachu na zdravotní stav obyvatelstva měří zároveň i těžké kovy v PM₁₀. Garantována je Státním zdravotním ústavem (ISKO online, 2009).

Olomouc - Velkomoravská

Umístěna je v lokalitě Olomouc-Velkomoravská, v zahradě středního odborného učiliště, v blízkosti rušné komunikace. Typem dle EOI je dopravní městská obytná, ve výšce 209 m n.m., s okrskovým reprezentativním měřítkem (0,5 km až 4 km). V kombinovaném typu měření získává data o částicích PM₁₀ metodou radiometrie - absorpce beta záření. Cílem měřicího programu jsou data pro výzkumné projekty, modely, verifikace a podobné. Data po sběru vyhodnocuje stanice v místě měření a přenosem datové linky je odesílá k dalšímu zpracování (ISKO online, 2009).

Olomouc - Hodolany

Stanice Olomouc - Hodolany ve výšce 220 m n.m. je umístěna ve staré zástavbě východní okrajové čtvrti. Reprezentativně poskytuje vzorek středního měřítka (100 - 500 m). Kombinovaným programem měření a metodou coulometrie získává data o SO₂, NO_x a teplotě. Data stanice sbírá pro využití při operativním řízení a regulaci (ISKO online, 2009).

4.3 Výsledky olomouckého monitoringu

Výsledky monitoringu jsou každoročně zpracovány do ročenky Monitoring ovzduší města Olomouce a také předávány ČHMÚ a zveřejňovány v Ročenkách ČHMÚ. Posloužily k vytvoření skutečné představy o kvalitě ovzduší města Olomouce a ze zpracovaných měření bylo území města vyhodnoceno jako mírně zhoršené, a to především zplodinami z dopravy a sekundárním prachem (rozestavěnost, eroze polí, skládky). Město Olomouc vypracovává ze všech znečišťujících látek s vyhlášenými limitními hodnotami Místní program kvality ovzduší, ve kterém dlouhodobě sledované údaje o kvalitě ovzduší mají velký význam. Program je upřesňující nadstavbou programu krajského (Koukalová, Z. online, 2004).

5 Výsledky analýzy

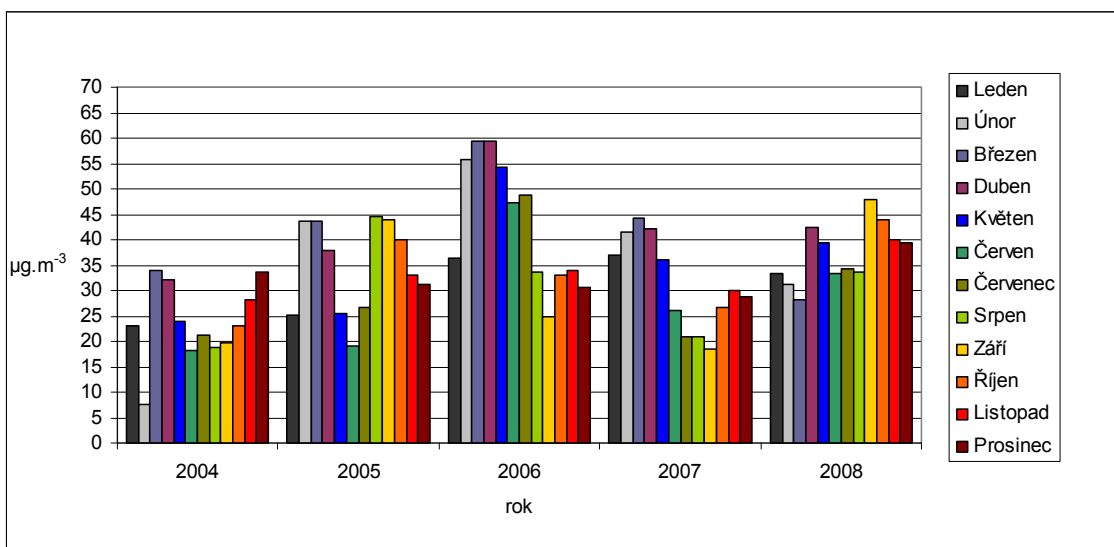
5.1 Měsíční průměrné koncentrace PM_{10} , průměrné koncentrace PM_{10} v ročních obdobích a průměrné koncentrace PM_{10} v chladných a teplých polovinách roků 2004-2008

Z grafů na obrázcích 1 a 3 lze dobře vidět průběh koncentrace PM_{10} v jednotlivých měsících. Nejvyšší průměrné měsíční koncentrace PM_{10} nastaly v měsících únor, březen ($60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), duben a květen v roce 2006, kdy jsou tyto hodnoty dokonce nad hodnotou měsíčního limitu koncentrace pro PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Velmi vysoké jsou v tomto období i maximální hodinové koncentrace v měsíci (dosahující v únoru roku 2006 hodnoty až $176 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a nárůst je pozorovatelný i u minimálních hodinových koncentrací v měsíci (Obr. 3).

Zvýšené hodnoty minimálních hodinových koncentrací v měsíci zapříčiňují vyšší úroveň průměrné koncentrace v podzimních měsících v roce 2005 (Obr. 2 a 3). Jinak je chod minimálních hodinových koncentrací v měsíci přibližně vyrovnaný a nejvíce kolísá v rozmezí hodnot 5 až $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Vysoká maxima lze dále pozorovat v jarních měsících roků 2007 a 2008 a na podzim roku 2008 a toto má vždy vliv na nárůst průměrné měsíční koncentrace (Obr. 3).

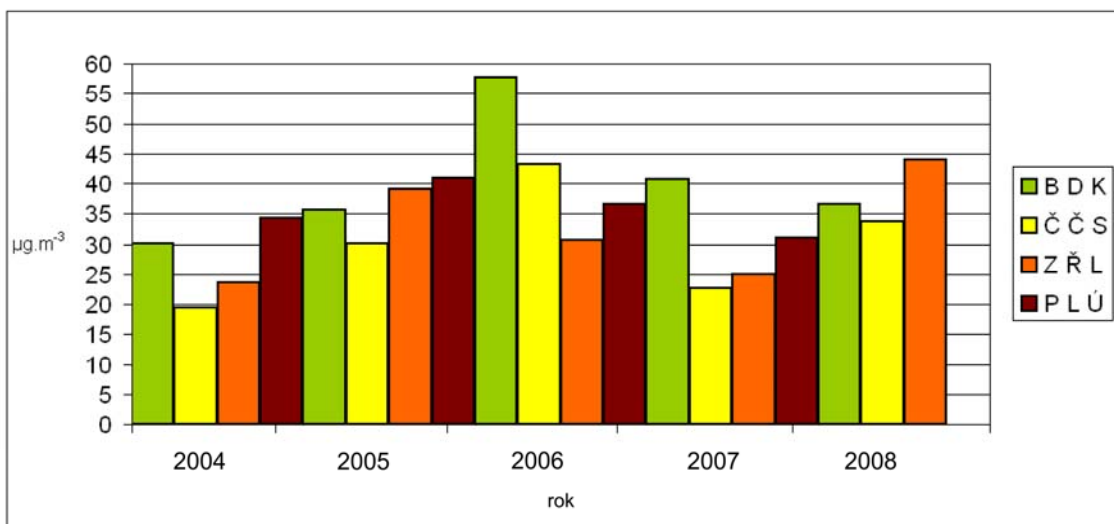
Minimální hodnoty průměrné měsíční koncentrace dosahovaly emise PM_{10} v únoru roku 2004, avšak tento měsíc nelze považovat za reprezentativní v důsledku nedostatku výchozích dat a dále vzhledem k přemístování stanice z Hotelového domu na současnou pozici k ulici Velkomoravská. Nejnižší průměrné měsíční koncentrace byly vypočteny v letních a podzimních měsících roku 2004, v měsících květnu, červnu a červenci roku 2005 (avšak zde je poté patrný velký skokový nárůst koncentrace v srpnu a podzimních měsících), v září roku 2006, v druhé polovině roku 2007 a v březnu roku 2008 (Obr. 1 a 2). Všechny tyto průměrné koncentrace jsou do hodnoty $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Rozdíl mezi maximální průměrnou měsíční koncentrací z března roku 2006 a minimální vyhodnocovanou hodnotou průměrné měsíční koncentrace stejnou pro červen 2004 a září roku 2007 ($18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) činí $42 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což vykazuje poměrně velký rozptyl v měsíčních průměrných hodnotách koncentrací.

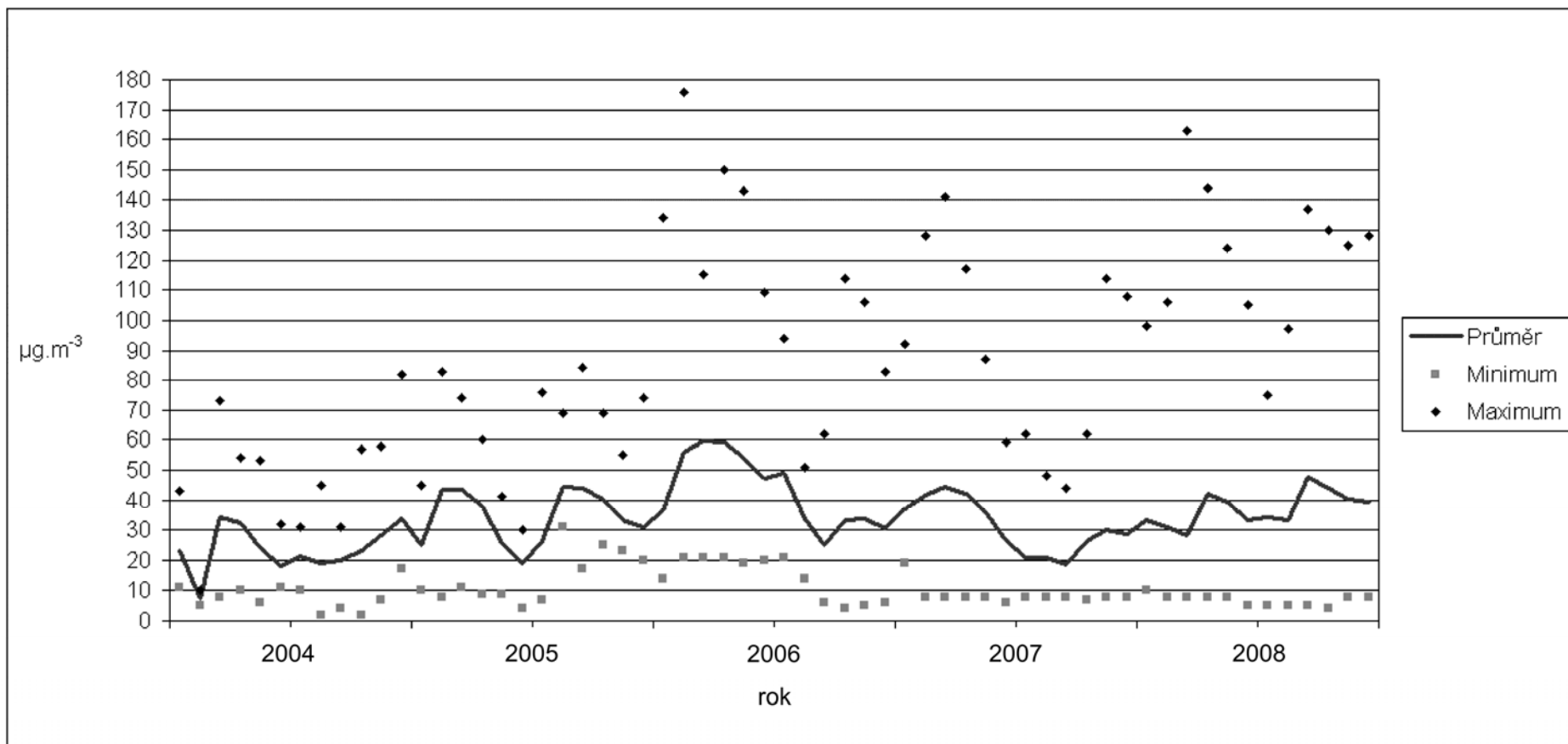


Obr. 1: Měsíční průměrné koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008

Graf na obr. 2 prezentuje situaci již více méně popsanou výše, avšak v chodu koncentrace PM₁₀ pro jednotlivá roční období ve sledovaných letech 2004 až 2008. Opět se zde projevují vysoké hodnoty koncentrace PM₁₀ na jaře a v létě roku 2006 a dále pak ovlivnění vysokými maximy na podzim roku 2008. Nejnižší úroveň koncentrace lze dobře pozorovat v létě v letech 2004 a 2007.

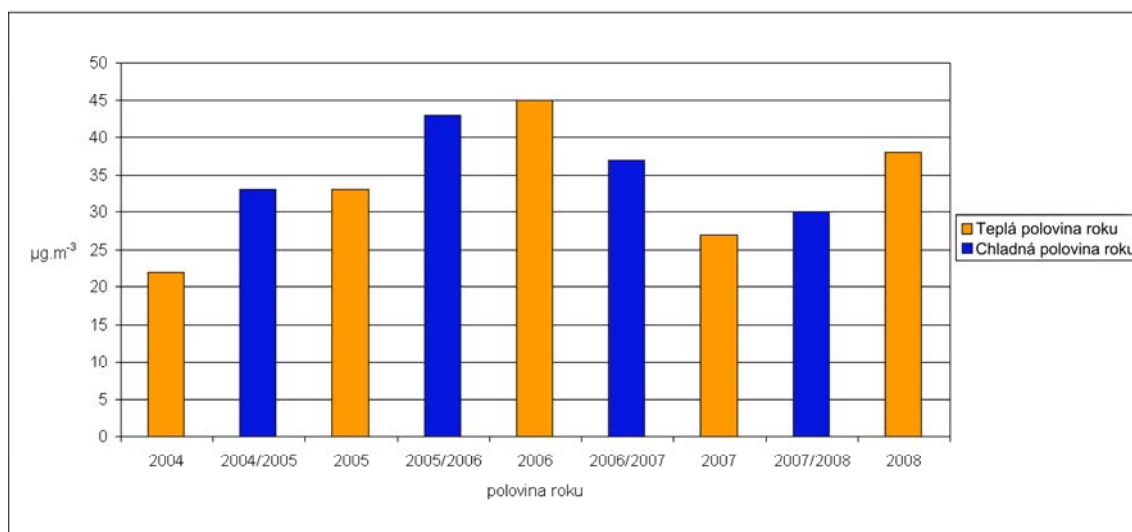


Obr. 2: Průměrné koncentrace PM₁₀ v ročních obdobích v letech 2004-2008



Obr. 3: Měsíční průměrné koncentrace PM₁₀ a maximální a minimální hodinová koncentrace v měsíci v letech 2004-2008

Pro lepší charakteristiku vzestupných a sestupných trendů v koncentraci PM_{10} bylo zkoumané pětileté období znázorněno rozdělením do po sobě jdoucích teplých a chladných polovin roků 2004 až 2008 (Obr. 4). Do teplé poloviny roku 2006, kdy dosáhl svého maxima $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, je celkový trend koncentrací v chladných i teplých polovinách roků vzestupný se stagnací v chladné polovině roku 2004/2005 a teplé polovině roku 2005. Poté do teplé poloviny roku 2007 prudce klesá a od chladné poloviny roku 2007/2008 opět narůstá. Trend chodu koncentrace v chladných polovinách roků je méně výrazný (maximální rozdíl v dílčích koncentracích činí $13 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) než trend chodu koncentrace v teplých polovinách roků (rozdíl mezi roky 2004 a 2006 je $23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). V chladných obdobích do značné míry záleží na charakteru konkrétní zimy. Zřetelné je chladné období zimy 2005/2006 (což lze i dobře pozorovat na grafu na obr. 8). Mírná zima 2006/2007 dle grafu na obr. 8 se v chodu koncentrace v chladné polovině roku 2006/2007 na grafu na obr. 4 příliš nepromítla, jelikož její hodnota je po nejchladnější polovině roku 2005/2006 druhá nejvyšší.

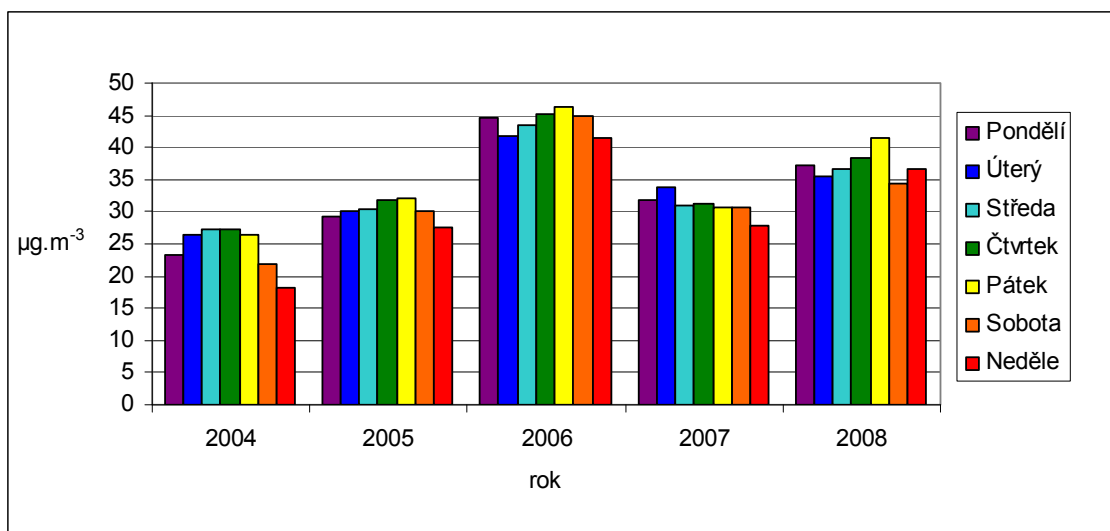


Obr. 4: Průměrné koncentrace PM_{10} v chladných a teplých polovinách roků 2004-2008

5.2 Průměrné koncentrace PM_{10} ve dnech v týdnu a průměrné koncentrace PM_{10} v pracovních dnech a o víkendech v letech 2004-2008

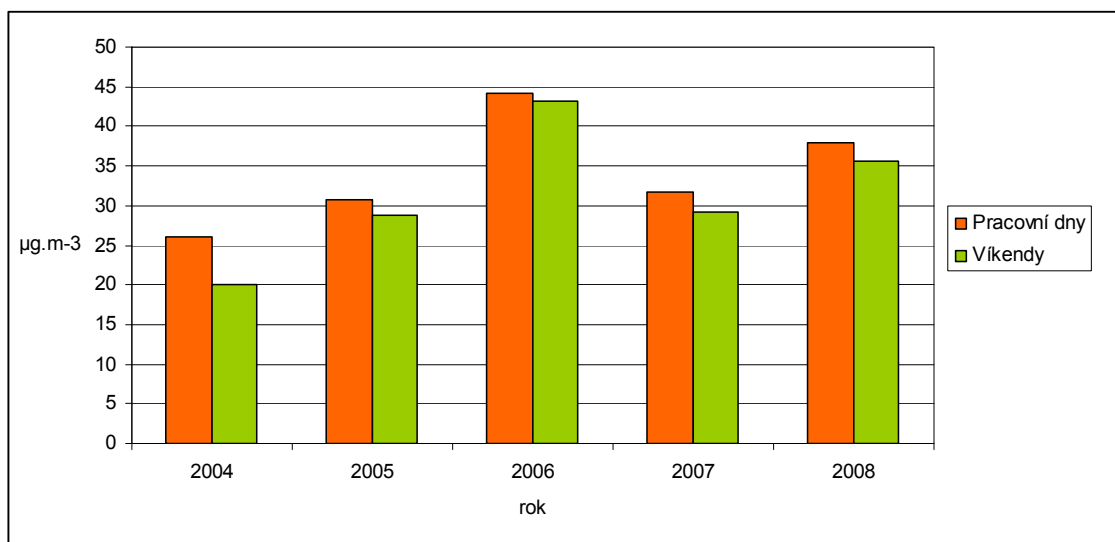
V grafu na obr. 5 je velmi dobře patrný skokový nárůst koncentrace PM_{10} v roce 2006 k hodnotě kolem $45 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Celkově jsou průměrné koncentrace ve dnech v týdnu

vyšší ve druhých polovinách týdnů sledovaných let (čtvrtky a pátky let 2005, 2006 a 2008) a s následným mírným poklesem hodnot o sobotách a nedělích. Tomuto trendu příliš neodpovídá stav v roce 2007, kdy k největším hodnotám průměrných koncentrací docházelo v úterý, avšak jinak je hodnota koncentrace pro zbylé dny v týdnu přibližně stagnující (na hodnotě $31 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) s poklesem koncentrace akorát v neděli. V roce 2004 nastal nejvýraznější pokles průměrné koncentrace o víkendu, čemuž odpovídá i situace v grafu na obr. 6.



Obr. 5: Průměrné koncentrace PM_{10} ve dnech v týdnu v letech 2004-2008

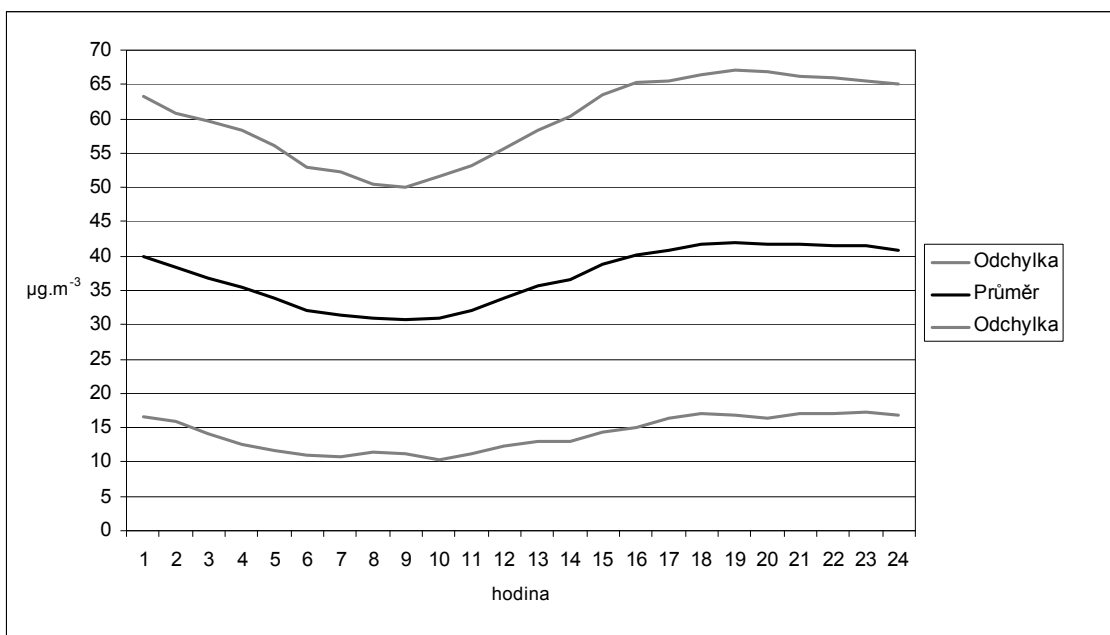
V grafu průměrných koncentrací PM_{10} v pracovních dnech a o víkendech na obr. 6 je dobře patrný pokles průměrné koncentrace znečištění ve dnech pracovního klidu, avšak tento pokles je ve všech letech nepatrný, maximálně pouze o $6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ o víkendech v roce 2004. V ostatních letech je tento rozdíl pouhých 2 až $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Obr. 6: Průměrné koncentrace PM₁₀ v pracovních dnech a o víkendech v letech 2004-2008

5.3 Hodinový chod průměrných koncentrací PM₁₀ v letech 2006-2008

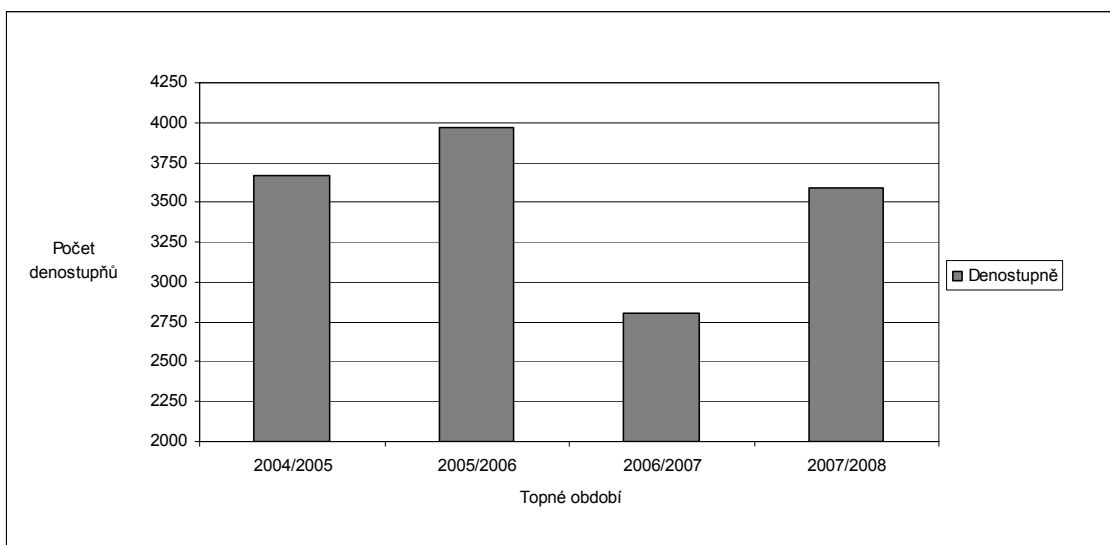
V hodinovém chodu průměrných koncentrací PM₁₀ v letech 2006-2008 na obr. 7 lze pozorovat největší pokles hodnot v ranních hodinách na 31 µg.m⁻³, mezi sedmou a desátou hodinou dopolední. Poté hodnota průměrné koncentrace v průběhu odpoledne plynule narůstá a nejvyšší je hodnota chodu průměrných hodinových koncentrací večer mezi osmnáctou a dvaadvacátou hodinou (42 µg.m⁻³). Posléze plynule klesá k ranním minimům. V grafu je znázorněna i směrodatná odchylka naměřeného souboru průměrných hodinových koncentrací a její hodnota se pohybuje v rozmezí 19 µg.m⁻³ až 25 µg.m⁻³. Největší odlišnost od střední hodnoty nastává ve večerních a nočních hodinách, nejmenší v hodinách ranních.



Obr. 7: Hodinový chod průměrných koncentrací PM₁₀ v letech 2006-2008

5.4 Topná období v denostupních v letech 2004-2008

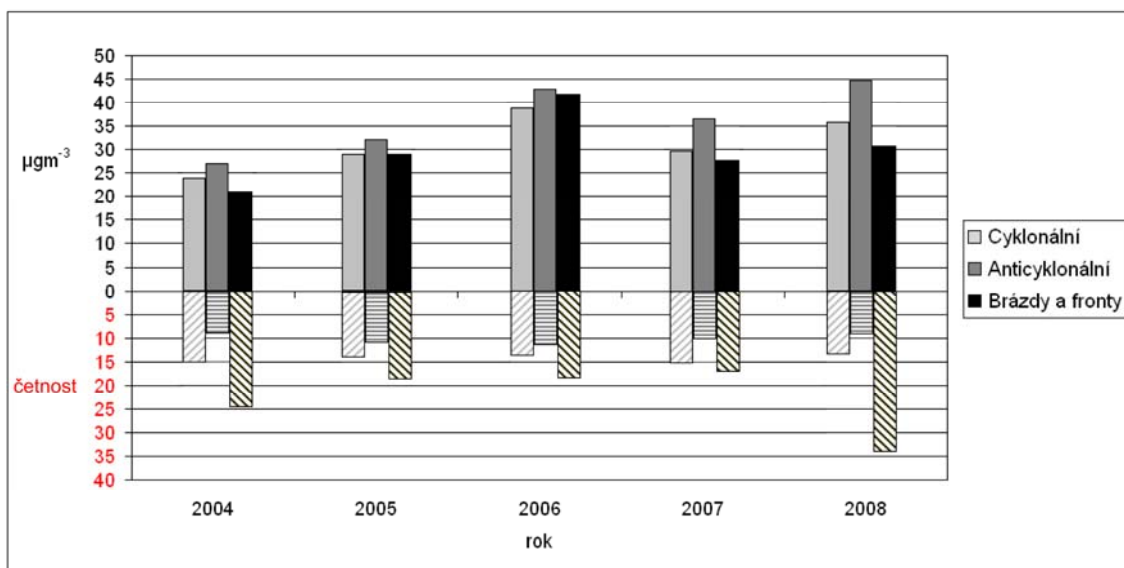
Počet denostupňů, reprezentující graf na obr. 8, dosáhl svého maxima v topné sezóně 2005/2006, necelých 4000 denostupňů (3965 denostupňů), což bylo zapříčiněno chladnou zimou (nízkou průměrnou teplotou ve dnech topení a poměrně vysokým počtem dnů topení) a nepříznivými rozptylovými podmínkami. Naopak v další sezóně na přelomu let 2006 a 2007 byla zima velmi mírná a bylo vypočteno minimum denostupňů (2806 denostupňů). Topná sezóna 2004/2005 je počtem denostupňů podobná topné sezóně 2007/2008, kdy počet denostupňů kolísá kolem hodnoty 3600 denostupňů. To je zapříčiněno podobně vysokým počtem dnů topení a obdobně vysokou průměrnou teplotou ve dnech topení.



Obr. 8: Denostupně v topných obdobích v letech 2004-2008

5.5 Průměrné koncentrace PM_{10} pro synoptické situace rozdělené na cyklonální, anticyklonální a brázdy s frontami v letech 2004-2008

V celkovém přehledovém grafu (Obr. 9) pro roky 2004-2008 lze vidět největší průměrné koncentrace PM_{10} při anticyklonálních situacích, avšak naopak nejnižší průměrné četnosti výskytu těchto situací. Největší průměrné četnosti výskytu vykazuje skupina situací brázd a front, obzvláště v roce 2008, avšak ve většině hodnocených let má tato skupina nejnižší průměrnou hodnotu koncentrace PM_{10} . Celkově byla průměrná koncentrace PM_{10} nejvyšší pro skupinu anticyklonálních situací v roce 2008 a nejnižší pro skupinu brázd a front v roce 2004. Průměrně se synoptické situace ze skupiny cyklonálních situací vyskytovaly do patnácti výskytů za rok, anticyklonální situace průměrně kolem deseti výskytů za rok a situace ze skupiny brázd a front od sedmnácti do třicet čtyř výskytů. Trend průběhu průměrné koncentrace PM_{10} je pro všechny skupiny situací podobný, narůstá do roku 2006, poté v roce 2007 poklesl, avšak v roce 2008 opět narůstá. Limitní roční hodnota PM_{10} $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nebyla překročena žádnou skupinou synoptických situací v hodnocených letech.

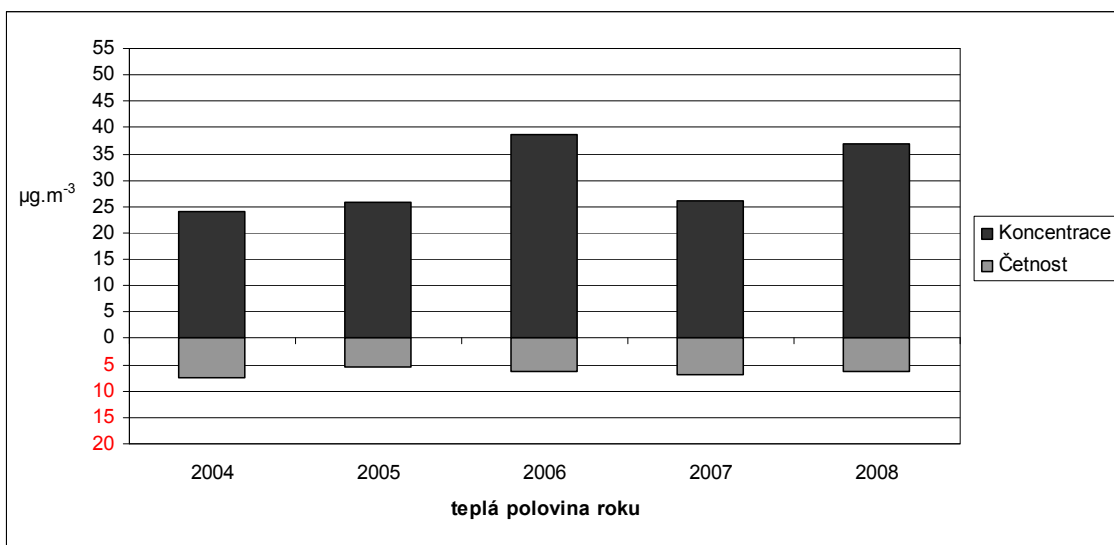


Obr. 9: Průměrné koncentrace PM_{10} pro synoptické situace rozdělené do skupin na cyklonální, anticyklonální a brázdy s frontami v letech 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu synoptických situací v jednotlivých kategoriích (pozn. četnosti šrafovanými sloupci)

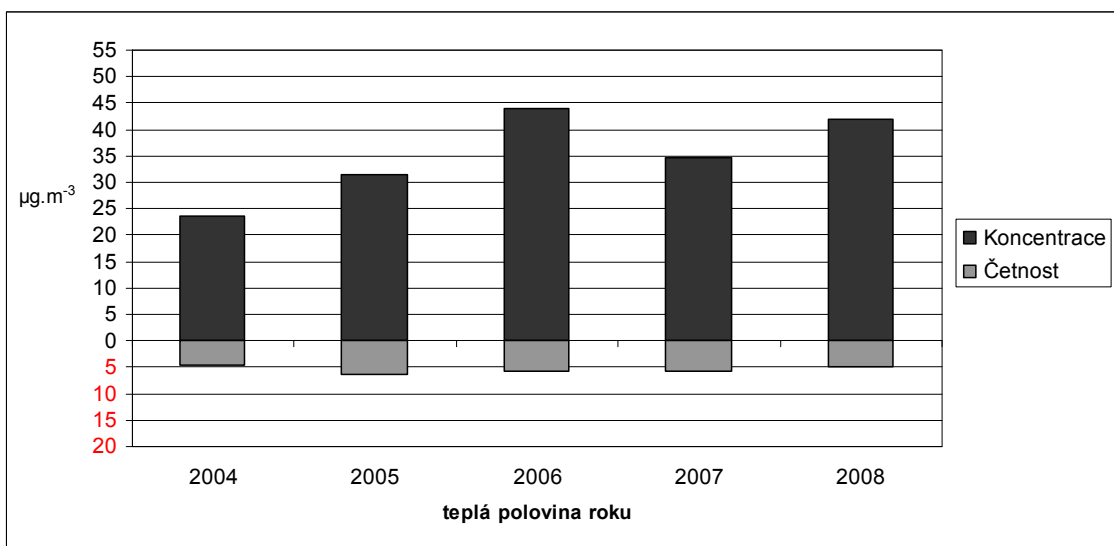
5.6 Průměrné koncentrace PM_{10} pro rozdělené synoptické situace v chladných a teplých polovinách roků 2004-2008

Také pro skupiny synoptických situací bylo vyhodnocované období rozděleno na teplé a chladné poloviny roků. V četnostech průměrného výskytu pro jednotlivé skupiny synoptických situací se téměř nevyskytují výkyvy, výraznější jsou pouze u skupiny brázd a front v roce 2008 (grafy na obr. 12 a 15).

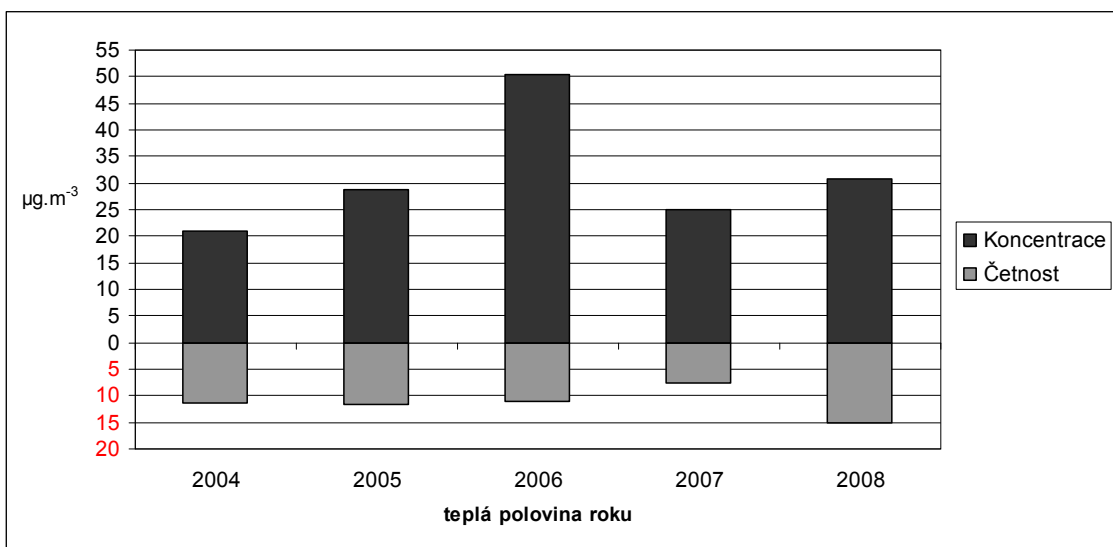
V teplých polovinách roků 2004 až 2008 kopíruje trend hodnot průměrné koncentrace celkový stav průměrných ročních koncentrací. Zpočátku mírně roste, poté se projevuje větším až skokovým nárůstem hodnoty v teplém půlroce 2006, v teplé polovině roku 2007 klesá a v teplém půlroce 2008 opět roste (grafy na obr. 10, 11 a 12). Maximální hodnoty koncentrace dosáhla skupina front a brázd v teplém půlroce 2006, kdy byla průměrná půlroční hodnota $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (graf na obr. 12).



Obr. 10: Průměrné koncentrace PM_{10} pro cyklonální situace v teplých polovinách roků 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu v jednotlivých letech

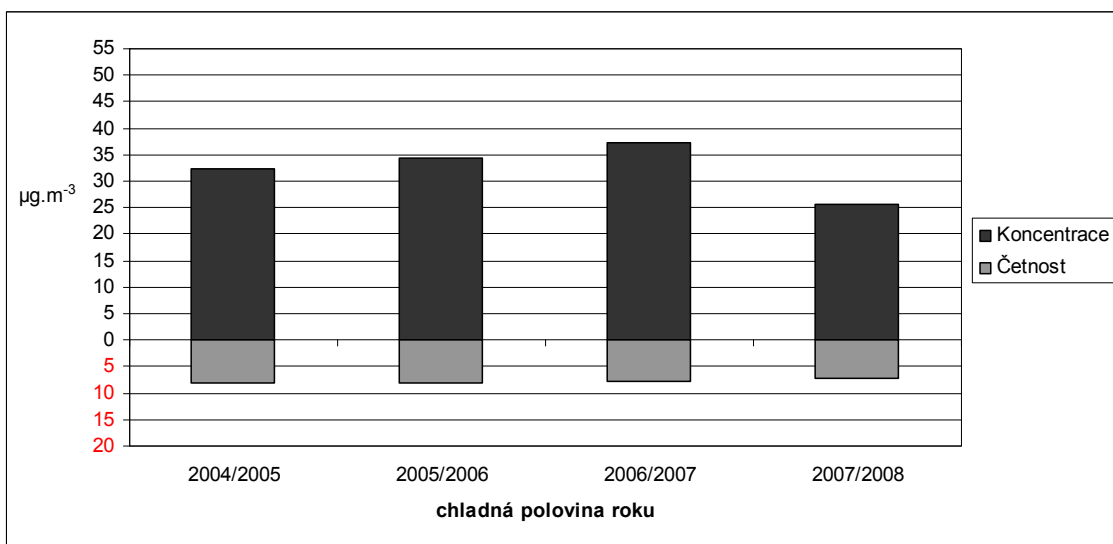


Obr. 11: Průměrné koncentrace PM_{10} pro anticyklonální situace v teplých polovinách roků 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu v jednotlivých letech

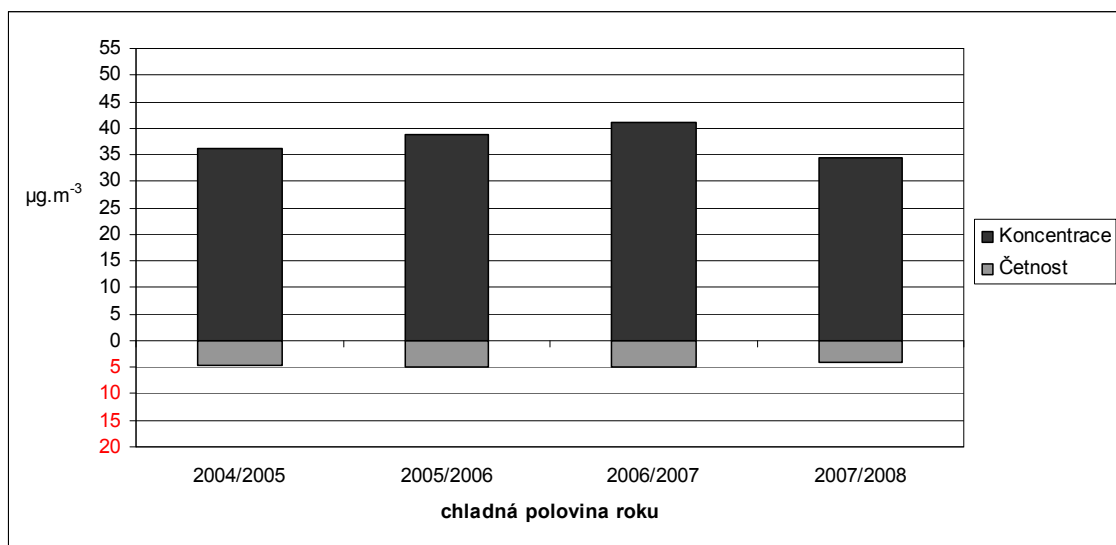


Obr. 12: Průměrné koncentrace PM_{10} pro synoptické situace brázd a front v teplých polovinách roků 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu v jednotlivých letech

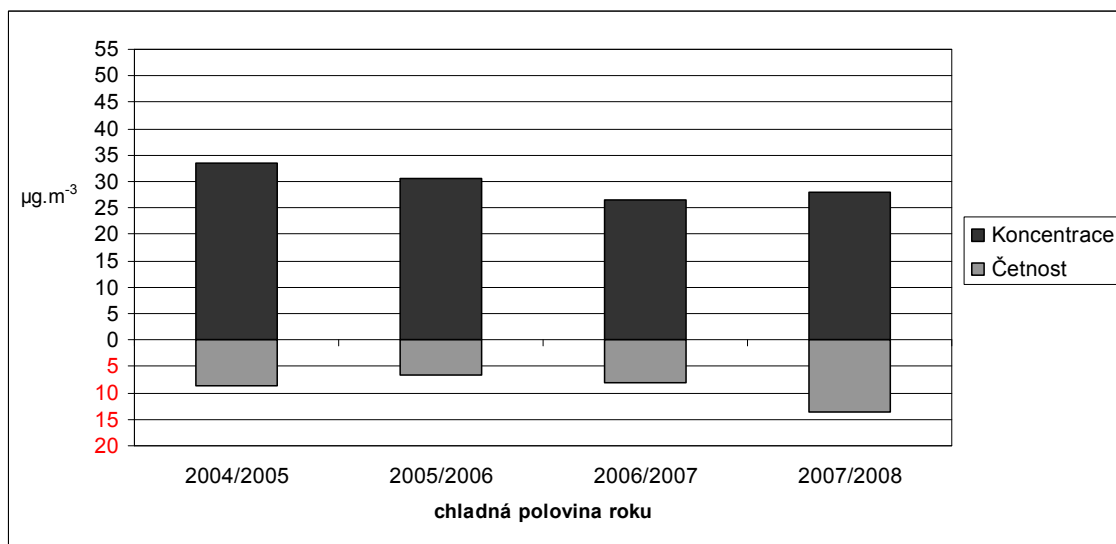
V chladných polovinách roků je vývoj koncentrací poměrně stagnující s pouze mírnými výkyvy a hodnoty průměrných půlročních koncentrací se pohybují v rozmezí od 28 do 41 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (grafy na obr. 13, 14 a 15). Postupný mírně klesající pokles průměrných koncentrací lze pozorovat u skupiny situací brázd a front (obr. 15).



Obr. 13: Průměrné koncentrace PM_{10} pro cyklonální situace v chladných polovinách roků 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu v jednotlivých letech



Obr. 14: Průměrné koncentrace PM₁₀ pro anticyklonální situace v chladných polovinách roků 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu v jednotlivých letech

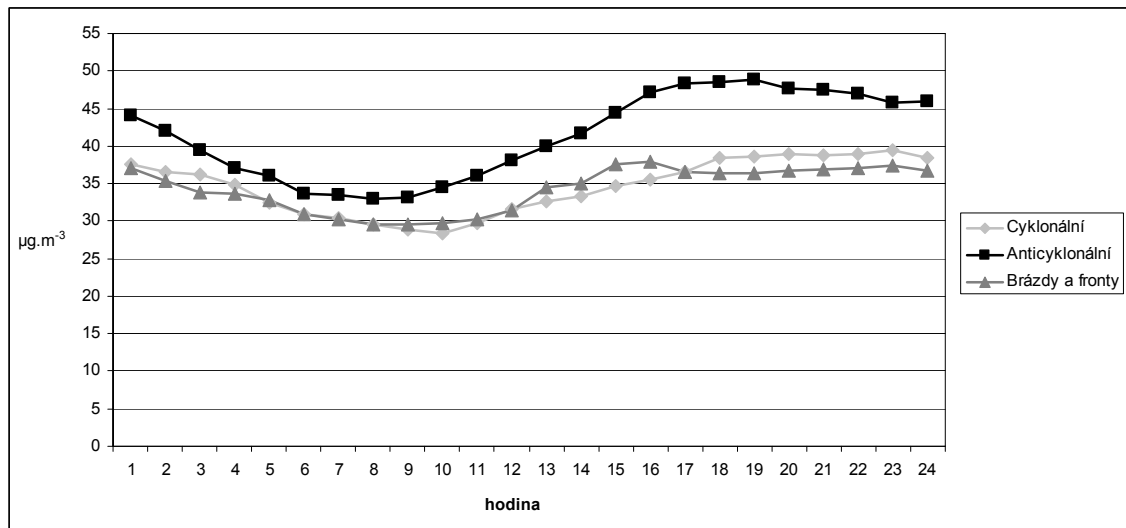


Obr. 15: Průměrné koncentrace PM₁₀ pro synoptické situace brázd a front v chladných polovinách roků 2004-2008 a průměrné četnosti výskytu v jednotlivých letech

5.7 Hodinový chod průměrných koncentrací PM₁₀ pro rozdělené synoptické situace v letech 2006-2008

V hodinovém chodu průměrných koncentrací PM₁₀ pro rozdělené synoptické situace v letech 2006-2008 na obr. 16 lze pozorovat největší pokles hodnot u všech skupin synoptických situací v dopoledních hodinách mezi sedmou a jedenáctou hodinou. Absolutně nejnižší průměrné hodinové koncentrace dosahuje skupina cyklonálních situací v devět hodin ráno (29 µg.m⁻³). Nejvyšší je hodnota chodu

průměrných hodinových koncentrací večer mezi osmnáctou a dvacátou hodinou pro skupinu situací cyklonálních a anticyklonálních, pro brázdy a fronty je to spíše v odpoledních hodinách mezi patnáctou a šestnáctou. V hodinovém chodu průměrných koncentrací PM₁₀ v grafu na obr. 16 lze znovu pozorovat nejvyšší průměrné koncentrace u skupiny anticyklonálních situací. Rozdíl mezi jednotlivými skupinami situací kolísá v hodinových průměrech od 3 do 12 μg.m⁻³.



Obr. 16: Hodinový chod průměrných koncentrací PM₁₀ pro rozdělené synoptické situace v letech 2006-2008

6 Diskuze

Komunikace Velkomoravská je významný čtyřproudový silniční tah Olomoucí ze severozápadu na východ. Nejvýznamnějšími zdroji polétavého prachu zde jsou doprava a lokální topeniště. K celkové situaci přispívají i nepříznivé meteorologické podmínky s často se vyskytujícími inverzemi (Seminář Olomouc, 2009).

Vysoudil, M. (2002) uvádí, že jakákoliv teplotní inverze jako případ stabilního stavu (teplotního zvrstvení) atmosféry je nejnepříznivějším stavem atmosféry z pohledu kvality ovzduší. Právě povětrnostní situace mají vliv na kolísání znečištění ovzduší, a proto je dobré porovnávat hodnoty naměřených koncentrací znečištění polétavým prachem s ostatními daty z monitorovacích stanic, především s údaji o proudění vzduchu, tlaku, teplotě a srážkách. Srážky pozitivním vlivem působí na kvalitu ovzduší vymýváním atmosféry, avšak negativní je jejich dopad v podobě kyselých dešťů. Teplotní stratifikace (zvrstvení) atmosféry úzce souvisí s teplotními inverzemi a podmínkami rozptylu. S rozložením tlakového pole souvisí výskyt základních tlakových útvarů, tj. anticyklon a cyklon, a pro míru prostorového rozptylu je rozhodující směr a rychlost větru.

Řešením ke snížení celkového množství emisí by proto mohl být přechod na šetrnější způsoby vytápění lokálních topenišť, například větším využitím solární a větrné energie, přechodem na vytápění kotlí na plyn ve zplynifikovaných oblastech namísto spalování tuhých paliv, uvědomění obyvatel o netopení odpady (Pudelová, J. online, 2008; Seminář Olomouc, 2009). Dobře lze vliv lokálních topenišť vypočítat na vypočtených denostupních ze zimy 2005/2006, kdy i hodnoty naměřeného prachu dosáhly maxim.

Místní a tranzitní automobilová doprava je rozhodujícím vlivem zodpovědná za vysoké koncentrace polétavého prachu na dopravní stanici Olomouc-Velkomoravská. Množství produkovaných emisí narůstá se stále se zvyšující intenzitou dopravy a také souvisí s rychlostí dopravy (Seminář Olomouc, 2009). Nejvyšší nárůst se v budoucnu očekává právě u prachových částic, u emisí ostatních znečišťujících látek je díky vývoji spalovacích motorů předpokládán spíše pokles. Emise tuhých znečišťujících látek z mobilních zdrojů tvoří v celém Olomouckém kraji více než 40 % z celkového množství primárních emisí tuhých znečišťujících látek a z toho dvě třetiny tvoří emise z otěrů vozovek, brzd, pneumatik a podobně. Snížování přímých emisí ze spalování paliv není proto samo o sobě dostačujícím řešením problému s rostoucí intenzitou

dopravy. K lepší analýze tohoto zdroje znečišťování by pomohly i analyzátoři dopravy, které dnes již dokáží nejen počítat množství projetých automobilů, ale také snímají délku automobilů a pruh, ve kterém auta jedou.

Ke snížení emisí produkovaných dopravou ve městě by přispělo motivování občanů k většímu využívání hromadné veřejné dopravy či jinému ekologickému způsobu přepravy namísto zbytečného používání soukromých a služebních automobilů (Pudelová, J. online, 2008). Dále by ke zlepšení ovzduší přispělo odklonění tranzitní dopravy mimo město. Zprovozněním další části komunikace R35 u Olomouce na podzim roku 2007 v úseku Křelov - Slavonín získalo město Olomouc téměř plnohodnotný dálniční obchvat. Situace však výrazně nesnížila automobilovou dopravu v centru města, neboť cesta městem je kratší a bez mýtných bran. Město tedy přistoupilo k radikálnímu opatření, zákazu vjezdu na silnici I/35 automobilům s hmotností nad 12 tun, a vytvořilo tak téměř kilometrovou překážku pro nákladovou tranzitní dopravu, která byla touto úpravou provozu převedena na západní tangentu ve směru na Mohelnici a Hradec králové, aniž by to komplikovalo zásobování a dopravu k místním firmám (Internetový zpravodaj doprava online, 2009).

K lepšímu porozumění situace znečištěného ovzduší ve městě Olomouci by bylo vhodné, kdyby se ČHMÚ podařilo nalézt novou vhodnou lokalitu pro umístění stanice uložené ve hmotných rezervách města a zvýšit tak počet stanic měřících znečištěné ovzduší ve městě. Mezi hlavní úkoly ČHMÚ pro toto tisíciletí patří inovace automatizovaného imisního monitoringu se zaměřením na jemné částice prашného aerosolu - frakce částic PM_{10} a $PM_{2,5}$. Umístění zařízení na měření $PM_{2,5}$ na stanice v Olomouci by pomohlo lépe monitorovat znečištění ovzduší a jeho vliv na obyvatelstvo.

7 Závěr a klíčová slova

Práce byla zaměřena na vyhodnocení míry a vývoje úrovně znečištění polétavým prachem v Olomouci z imisních dat z odboru životního prostředí Magistrátu města Olomouce. Vzorky pro tato data byly naměřeny dopravním typem měřicí stanice Olomouc-Velkomoravská a následně prošla data verifikací a dalším zpracováním. Výsledky jsou pro lepší přehlednost zpracovány do grafů.

Těžištěm práce bylo zpracovat dostupné údaje pětiletého období a zhodnotit a okomentovat možné vlivy na kolísání hodnot znečištění ovzduší polétavým prachem ve sledovaných letech. Množství výsledných grafů dokumentuje průběh kvality ovzduší v hodnoceném období s výraznějším nárůstem pouze na jaře roku 2006, avšak znečištění ovzduší polétavým prachem zůstává nadále vážným problémem, neboť hodnoty průměrných koncentrací opět narůstají a stále více se přibližují limitním hodnotám. Město Olomouc je zařazeno do oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší.

I přes určené limitní hodnoty koncentrace je však velice těžké určit reálné dopady znečištění polétavým prachem. Naprosto zřejmé je jeho nepříznivé působení na zdraví lidí, obzvláště pak na citlivé skupiny populace, jako jsou děti a staří lidé. Na polétavý prach jsou vázány toxické a karcinogenní těžké kovy a mutagenní polyaromatické uhlovodíky, tudíž ani zhodnocením hodnot naměřených koncentrací není jasný jeho reálný účinek a prioritou by tak mělo být co největší snížení koncentrace této znečišťující látky v ovzduší pro lepší život všech živých organismů na Zemi.

Pokračováním této práce by mohlo být analytické vyhodnocení a srovnání dat ze stanice Olomouc-Velkomoravská s daty ze stanice Státního zdravotního ústavu Olomouc-Šmeralova, druhé stanice měřicí v Olomouci PM_{10} . Toto by však vyžadovalo množství dalších analýz a provedení tohoto srovnání by bylo překračováním rámce této bakalářské práce.

Klíčová slova: Znečištění ovzduší, město Olomouc, suspendované částice PM_{10} , monitoring kvality ovzduší

8 Summary

Bachelor thesis is focused on assessment of levels and progress of air pollution by particulate matter 10 μm per pollution data from department of environment of town-council Olomouc city. Samples for this data were measured by traffic type of measuring station Olomouc-Velkomoravská and subsequently passed through data verification and next processing. Results are for better lucidity processed to the graphs.

Focal point of work was to elaborate available data from five – year period and evaluate and annotate possible influences upon variance of air pollution values of particulate matter in monitored years. Quantity of consequent graphs document course of atmosphere quality in assessed period with marked growth only in the spring of 2006, but air pollution by particulate matter still stays serious problem because values of average concentration rise again and increasingly approximate to limit values. Olomouc city is registered to the regions with aggravated atmosphere duality.

Despite of set concentration limits values is although very difficult to establish real impacts of pollution by PM_{10} . Adverse impact of PM_{10} on human health is absolutely evident, especially dangerous is for sensitive individuals, like children and older people. Toxic and carcinogenic heavy metals and mutagenic polyaromatic carbohydrates are fixed on particlar matter thus nor evaluation of measured concentration values shows his clear effect. In the light of these findings our priority should be reducing of this pollutant in atmosphere for better life of all live organisms on Earth.

Continuance of this work could be analyst evaluation and confrontation dates from station Olomouc-Velkomoravská with data from station of the state's health constitution Olomouc-Šmeralova, the second station which measures PM_{10} in Olomouc city. However this would request lot of other analysis, implementation of this confrontation is not part of thesis target.

Key words: Air pollution, Olomouc city, suspended particulate matter 10 μm , air quality monitoring

9 Seznam použité literatury

Tištěné dokumenty

KALIČINSKÁ, J. (2006): *Monitorování životního prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Pavel Klouda. 88 s.

KURFÜRST, J. (1998): *Klasifikace ochrany ovzduší*. Podnik a životní prostředí. Raabe

JANČÍK, P., PAVLÍKOVÁ, I. (2009): *Systém řízení kvality ovzduší ve městě Olomouci – Sborník ze Semináře pro pracovníky v ochraně ovzduší 14. května 2009*. Olomouc, 19 s.

Vysoudil, M. (2002): *Ochrana ovzduší*. 1. vyd. Olomouc, 114 s.

Elektronické dokumenty

ČHMÚ (1999): *Společné úkoly meteorologické a hydrologické služby ČHMÚ* [online, cit. 2009-03-24]. Dostupný z WWW:

<<http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526san.html>>.

ČHMÚ (2003): *Emise* [online, cit. 2009-03-23]. Dostupný z WWW:

<<http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/emise.html>>.

ČHMÚ (2005): *Groc2005 kap26 cz* [online, cit. 2009-02-18]. Dostupný z WWW:

<<http://www.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr05cz/kap26.html>>.

ČHMÚ IKO (2005): *Groc2005 tab261 cz* [online, cit. 2009-02-18]. Dostupný z WWW:

<<http://www.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr05cz/tab/t261.html>>.

ČHMÚ (2007): *Tabelární přehled, znečištění ovzduší a chemické složení srážek v ČR - 2007* [online, cit. 2009-03-13]. Dostupný z WWW:

<http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/2007_enh/cze/index.html>.

ČHMÚ (2008): *Typizace synoptických situací* [online, cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW <<http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/syntypiz/kalendar.html>>.

Imisní limity (2002): *Imisní limity* [online, cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.chmu.cz/uoco/limit/legisl.html>>.

Internetový zpravodaj doprava (2009): *Město Olomouc učí řidiče kamionů jezdit po obchvatu!* [online, cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.izdoprava.cz/view.php?navezclanku=mesto-olomouc-uci-ridice-kamionu-jezdit-po-obchvatu&cisloclanku=2009020012>>.

ISKO (2009): *ISKO – Seznam lokalit měření znečištění* [online, cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/isko2/locality/pollution_locality/region_2742_CZ.html>.

Koukalová, Z. (2004): *Informační server statutárního města Olomouce* [online, cit. 2009-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.olomouc.eu/phprs/view.php?cisloclanku=2004021901>>.

Loyka, P. (2002): *Informační server statutárního města Olomouce* [online, cit. 2009-02-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.olomouc.eu/phprs/view.php?cisloclanku=2008022801>>.

Machálek, P. (2003): *Emise tuhých znečišťujících látek : Toxikologicky závažné látky v emisích PM10, problematika emisí prachu a obsahy těžkých kovů v uhlí* [online, cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW: <http://www.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_3_02/dp1dod.pdf>.

Portál veřejné zprávy ČR (2003): *Vyhledávání - Portál veřejné zprávy České republiky* [online, cit. 2009-03-18]. Dostupný z WWW: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=597/2006&PC_8411_p=P%F8%ED1.6&PC_8411_l=597/2006&PC_8411_ps=10#10821>.

Pudelová, J. (2008): *Informační server statutárního města Olomouce* [online, cit. 2009-02-15]. Dostupný z WWW:

<<http://www.olomouc.eu/phprs/view.php?cisloclanku=2008101701>>.

Ústav územního rozvoje (2003): *Ústav územního rozvoje - Příčiny devalorizace* [online, cit. 2009-02-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.uur.cz/default.asp?ID=1239>>.

Vyhláška č. 152/2001 Sb. (2001): *Vyhláška č. 152/2001 Sb.* [online, cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=15&i=163>>.

Zákony (2004): *Věstník Olomouckého kraje - Zákony* [online, cit. 2009-03-22]. Dostupný z WWW:

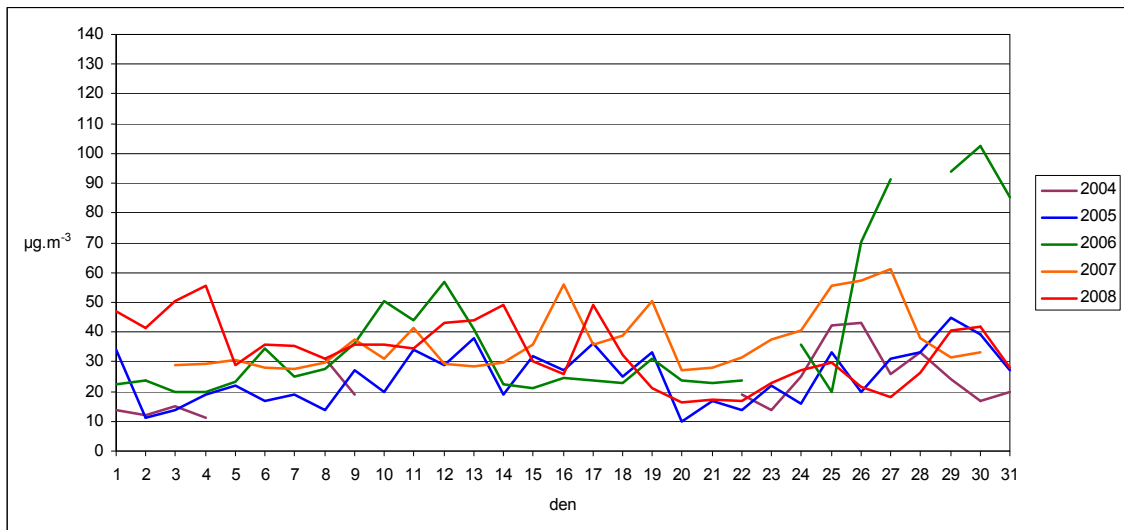
<[http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/704/.cmd/ad/.c/310/.ce/10825/.p/8415/_s.155/704?PC_8415_l=3/2004%20\(KO\)&PC_8415_zdroj=KO&PC_8415_ps=10&PC_8415_p=P%C5%99%C3%ADL.2](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/704/.cmd/ad/.c/310/.ce/10825/.p/8415/_s.155/704?PC_8415_l=3/2004%20(KO)&PC_8415_zdroj=KO&PC_8415_ps=10&PC_8415_p=P%C5%99%C3%ADL.2)>.

Další zdroje informací

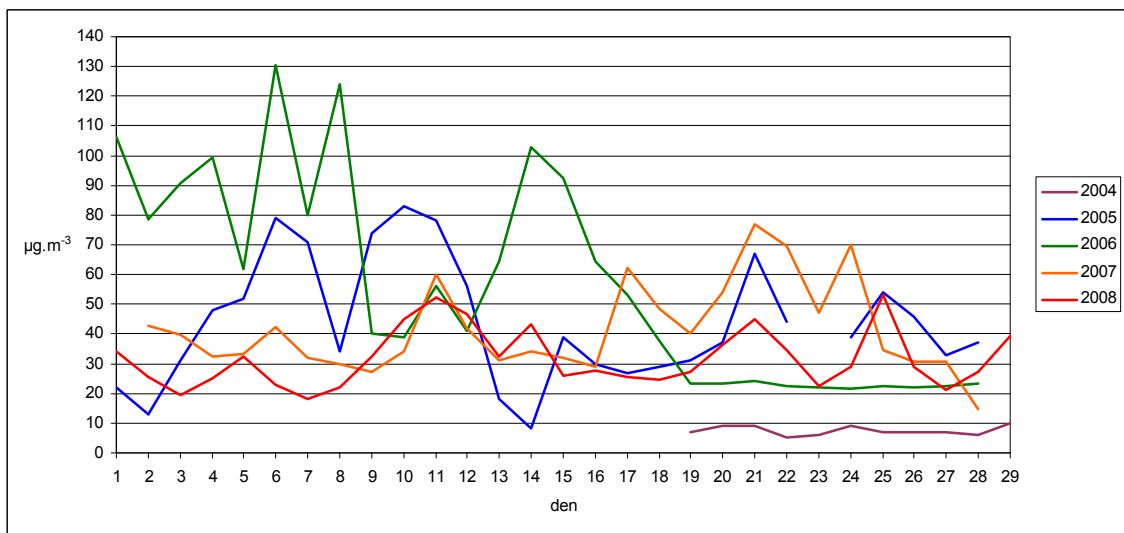
Seminář Olomouc (2009): *Seminář pro pracovníky úseku ochrany ovzduší (Magistrát města Olomouce, 14.5.2009)*

Přílohy

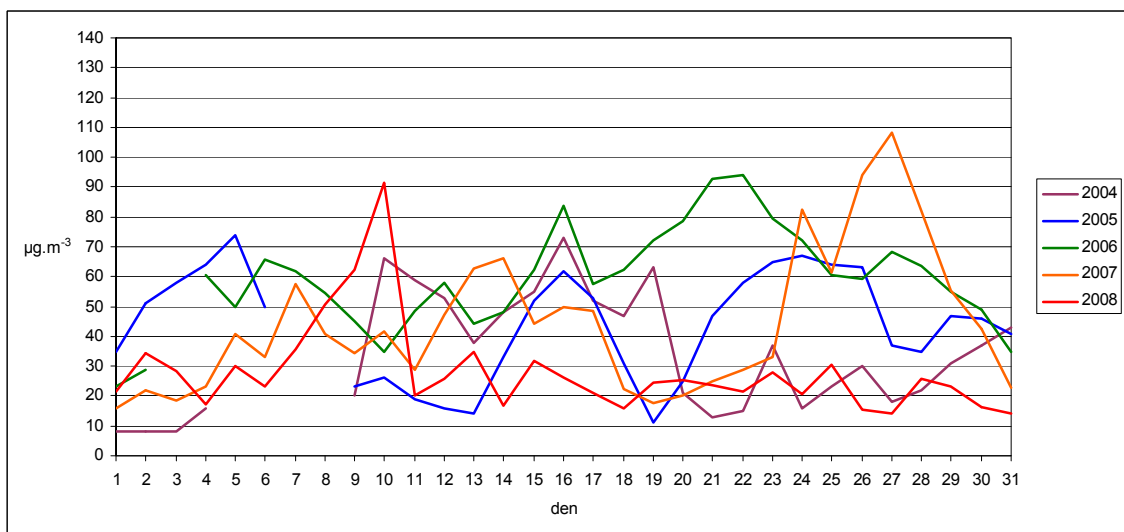
**Průměrné denní koncentrace PM₁₀
v jednotlivých měsících v letech 2004-2008**



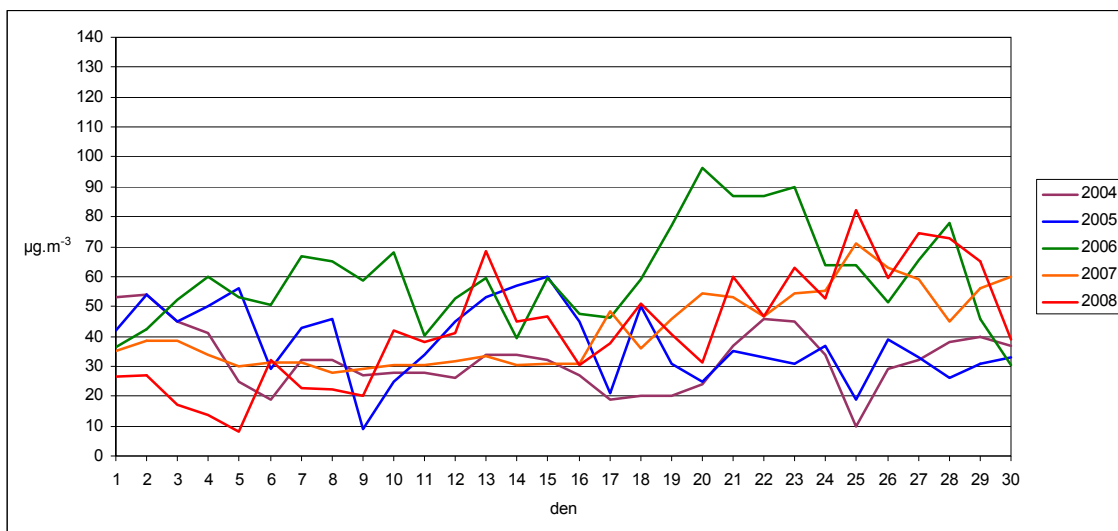
Obr. 17: Lednové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



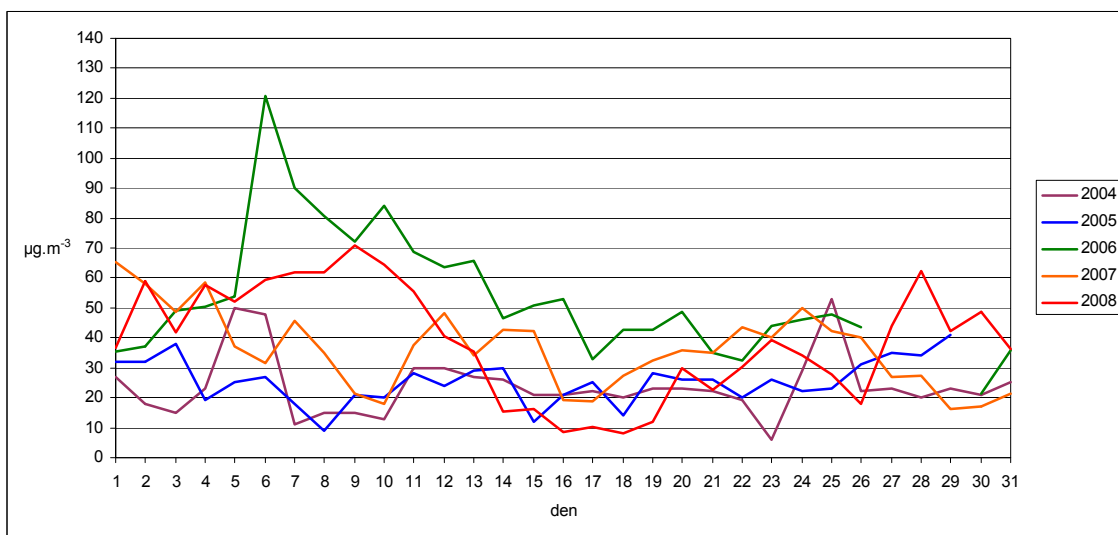
Obr. 18: Únorové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



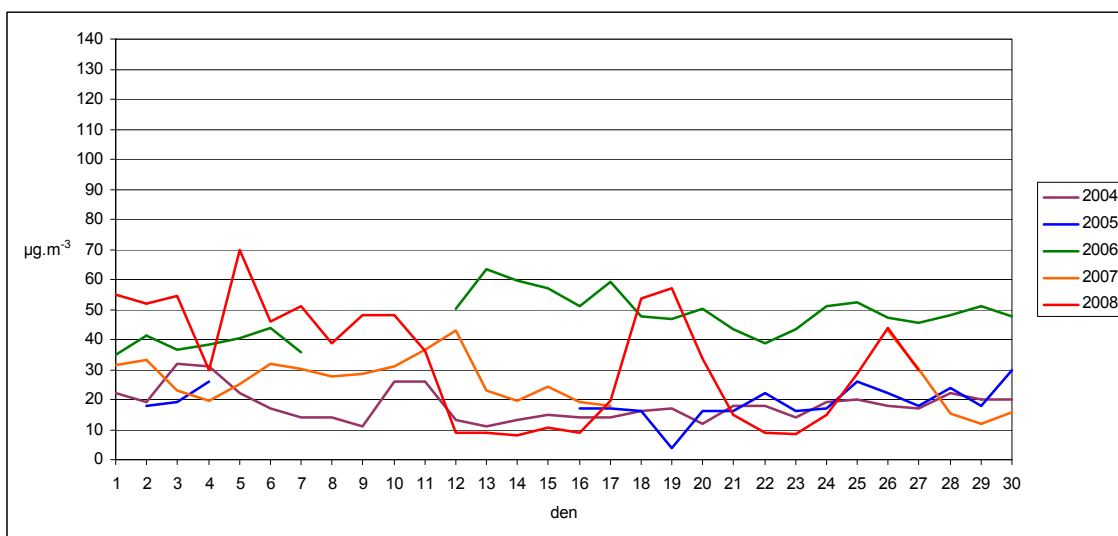
Obr. 19: Břežnové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



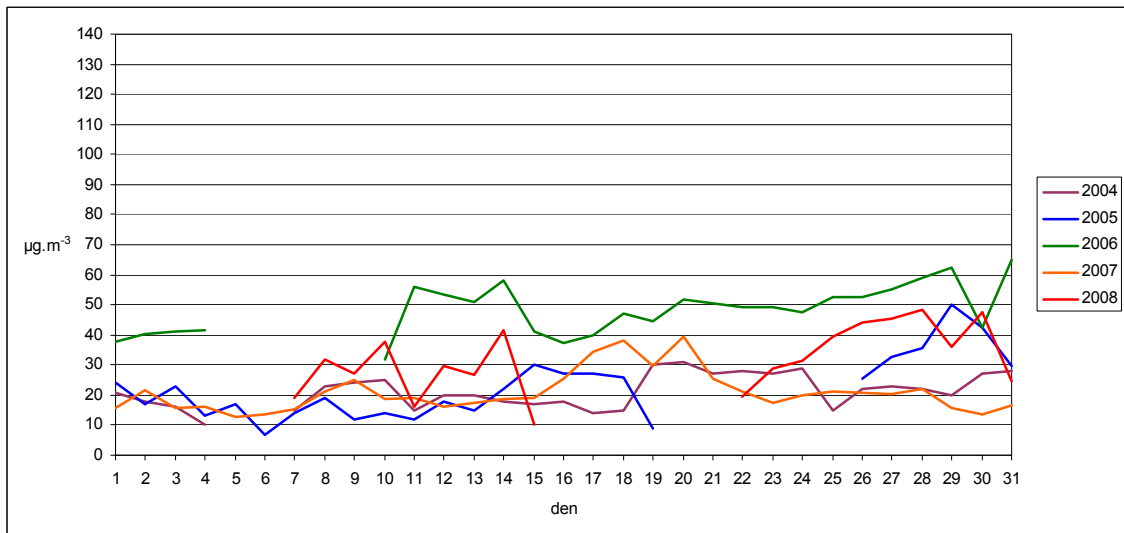
Obr. 20: Dubnové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



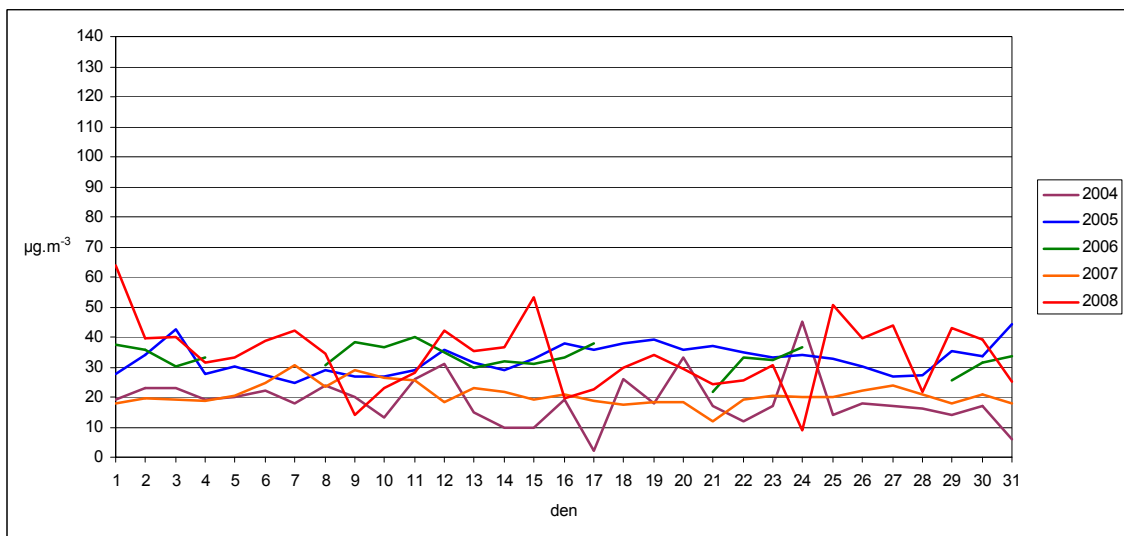
Obr. 21: Květnové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



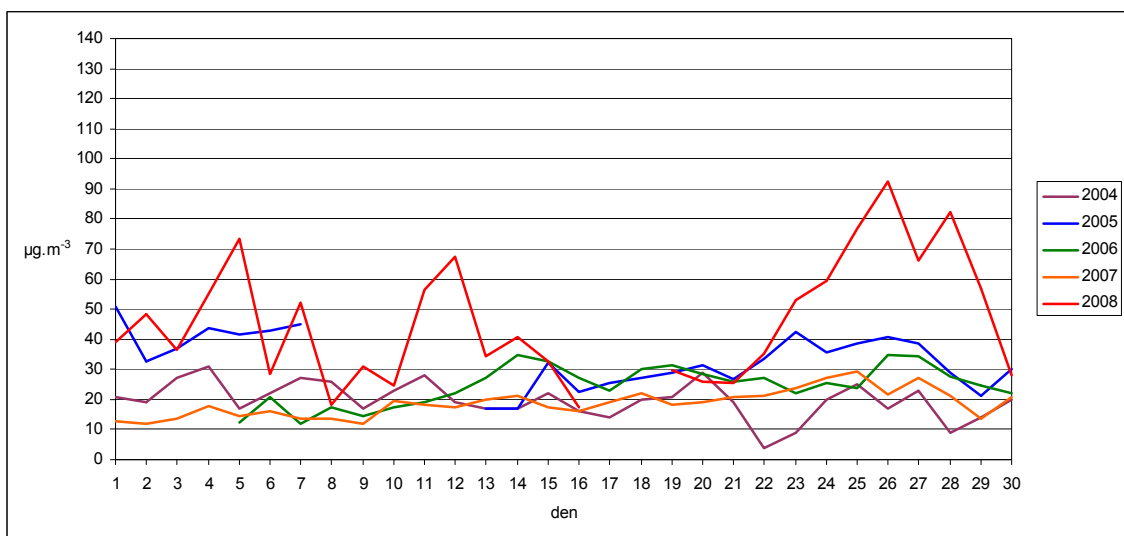
Obr. 22: Červnové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



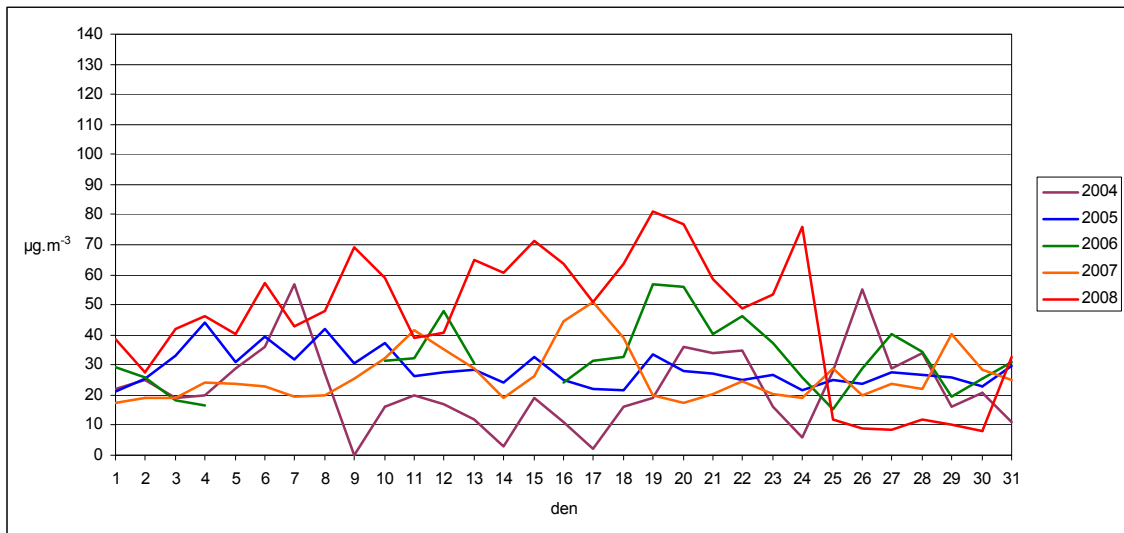
Obr. 23: Červencové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



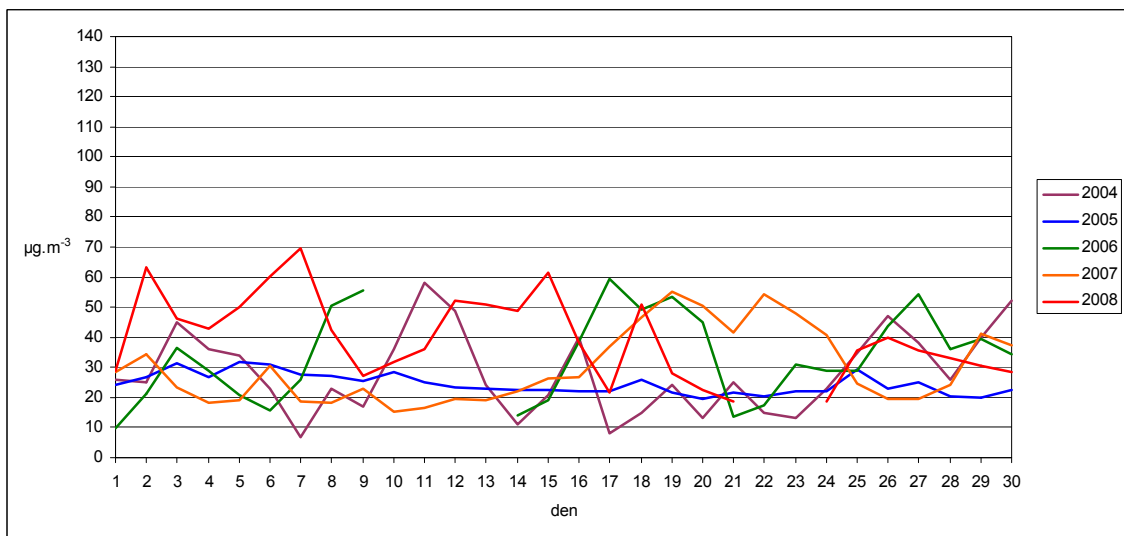
Obr. 24: Srpnové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



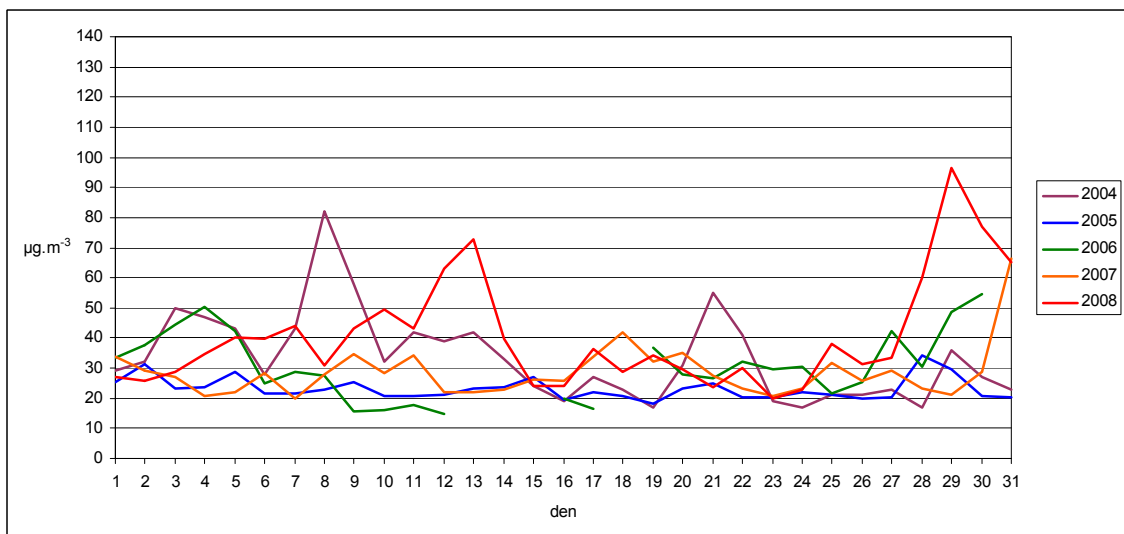
Obr. 25: Záříjové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



Obr. 26: Říjnové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



Obr. 27: Listopadové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008



Obr. 28: Prosincové průměrné denní koncentrace PM₁₀ v letech 2004-2008