

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Josef Jiraň

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Zadávací katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza emisí polétavého prachu při provozu dopravních zařízení
a návrh opatření pro eliminaci vlivu na životní prostředí

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Bc. Josef Jiraň

České Budějovice, duben 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 20.4.2013

Bc. Josef Jiraň

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil své poděkování Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za jeho cenné připomínky, trpělivost a ochotu při vedení mé diplomové práce. Bez této pomoci bych se při psaní práce neobešel, dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni Kamile Máčkové za její neustálou podporu a v neposlední řadě za pomoc při samotném měření v terénu.

Abstrakt

V této práci jsem se zabýval analýzou emisí polétavého prachu při provozu dopravních zařízení. Provedl jsem měření na pěti různých místech s různým znečištěním a různým druhem dopravy, z naměřených hodnot jsem vytvořil grafy a udělal vyhodnocení. Dále jsem popsal negativní vliv polétavého prachu na životní prostředí a provedl jsem návrh opatření pro eliminaci jeho vzniku.

I dealt with the analysis of emissions of particulate matter during the traffic transport equipment in this work. I made measurements at five different locations with different pollution and various kind of transport. I wrote the measured values to the charts and I made assessment situation. I also made a proposal of measures to eliminate the occurrence and impact on the environment.

Klíčová slova: polétavý prach, analýza emisí, dopravní prostředek, znečištění

Key words: particulate matter, analysis of emissions, transport equipment, pollution

OBSAH:

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ÚVOD..... | 9 |
| 1.1 | CÍL PRÁCE | 9 |
| 2 | LITERÁRNÍ PŘEHLED..... | 9 |
| 2.1 | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČEK | 9 |
| 2.2 | DEFINICE POLÉTAVÉHO PRACHU..... | 10 |
| 2.2.1 | DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ | 12 |
| 2.2.2 | VLIV NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA, RIZIKA..... | 13 |
| 2.2.3 | POLÉTAVÝ PRACH A JEHO RIZIKA V DATECH | 15 |
| 2.3 | ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ | 15 |
| 2.3.1 | LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ OVZDUŠÍ | 16 |
| 2.3.2 | TUHÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY V OVZDUŠÍ..... | 20 |
| 2.4 | ZÁCHYCOVÁNÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC A JEJICH ODBĚR Z OVZDUŠÍ..... | 22 |
| 2.5 | OCHRANA OVZDUŠÍ PŘED POLÉTAVÝM PRACHEM V ČESKÉ LEGISLATIVĚ..... | 23 |
| 2.6 | PŘÍPUSTNÉ LIMITY ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ V ČR | 24 |
| 2.6.1 | IMISNÍ LIMITY PRO POLÉTAVÝ PRACH V ČR..... | 24 |
| 2.6.2 | HORNÍ A DOLNÍ MEZE PRO POSUZOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICĚ..... | 25 |
| 2.6.3 | PM ₁₀ A INDEX KVALITY OVZDUŠÍ..... | 26 |
| 2.7 | REFERENČNÍ METODY SLEDOVÁNÍ KVALITY OVZDUŠÍ | 27 |
| 2.8 | SNÍŽOVÁNÍ HLADINY – OPATŘENÍ..... | 28 |
| 2.8.1 | OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ HLADINY POLÉTAVÉHO PRACHU NA CELOSTÁTNÍ ÚROVNI..... | 28 |
| 2.8.2 | OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ HLADINY POLÉTAVÉHO PRACHU NA REGIONÁLNÍ A MĚSTSKÉ ÚROVNI..... | 30 |
| 2.8.3 | OPATŘENÍ K PŘÍMÉMU SNÍŽENÍ HLADINY POLÉTAVÉHO PRACHU .. | 32 |
| 3 | METODIKA | 42 |
| 3.1 | PRINCIP MĚŘENÍ | 42 |
| 3.2 | POSTUP MĚŘENÍ..... | 42 |
| 3.3 | POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ..... | 42 |
| 3.3.1 | MĚŘICÍ PŘÍSTROJ DUSTTRAK 8530 | 42 |
| 3.3.2 | VOLTCRAFT VC 4 IN 1 | 44 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.3.3 | NOTEBOOK ASUS K55VJ – SX069H | 46 |
| 4 | VLASTNÍ MĚŘENÍ | 47 |
| 4.1 | MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 1 – ČESKÉ BUDĚJOVICE - KŘÍŽOVATKA U VÝSTAVIŠTĚ 47 | |
| 4.1.1 | POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 1..... | 48 |
| 4.1.2 | DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1 | 50 |
| 4.1.3 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1 | 51 |
| 4.1.4 | ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 1 | 51 |
| 4.1.5 | NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 1 | 52 |
| 4.2 | MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 2 – ČESKÉ BUDĚJOVICE – BRANIŠOVSKÁ ULICE – STAVBA AREÁLU JČU..... | 52 |
| 4.2.1 | POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 2..... | 53 |
| 4.2.2 | DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2 | 55 |
| 4.2.3 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2 | 56 |
| 4.2.4 | ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 2 | 57 |
| 4.2.5 | NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 2 | 57 |
| 4.3 | MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 3 – SILNICE I. TŘÍDY - E55 – U SJEZDU NA BORŠOV N./VLT..... | 58 |
| 4.3.1 | POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 3..... | 59 |
| 4.3.2 | DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3 | 62 |
| 4.3.3 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3 | 63 |
| 4.3.4 | ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 3 | 63 |
| 4.3.5 | NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 3 | 64 |
| 4.4 | MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 4 – SILNICE II. TŘÍDY – OBEC VČELNÁ | 64 |
| 4.4.1 | POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 4..... | 65 |
| 4.4.2 | DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4 | 67 |
| 4.4.3 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4..... | 68 |
| 4.4.4 | ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 4 | 69 |
| 4.4.5 | NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 4 | 69 |
| 4.5 | MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 5 – SILNICE II. TŘÍDY – U VÝROBNY BETONOVÝCH SMĚSÍ SMĚREM NA BRANIŠOV | 70 |
| 4.5.1 | POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 5..... | 71 |
| 4.5.2 | DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5 | 73 |
| 4.5.3 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5 | 74 |
| 4.5.4 | ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTÁ Č. 5 | 75 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.5.5 | NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 5 | 75 |
| 5 | ZÁVĚR | 76 |
| 5.1 | POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘÍCÍCH MÍST Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ DOPRAVOU | 76 |
| 5.2 | POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘÍCÍCH MÍST Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ PRACHEM.... | 77 |
| 5.3 | ROZBOR VŠECH VÝSLEDKŮ | 78 |
| 6 | POUŽITÁ LITERATURA | 80 |
| 6.1 | INTERNET | 82 |

1 ÚVOD

1.1 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je provedení analýzy emisí polétavého prachu při provozu dopravních zařízení, jakožto osobních automobilů, nákladních automobilů, autobusů, motocyklů aj., v závislosti na charakteru dopravní trasy. Dále získat objektivní informace o skutečném vlivu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů. Na základě této analýzy vypracovat souhrn poznatků o úrovni emisí polétavého prachu v jednotlivých lokalitách, zpracovat je do tabulek a udělat návrh opatření pro eliminaci jeho vlivu na životní prostředí.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A ZNAČEK

Tabulka 1 - seznam použitých zkratk a značek

| | |
|-----------------|--|
| AIM | Automatizovaný imisní monitoring |
| AMS | Automatizovaná monitorovací stanice |
| CNG | Stlačený zemní plyn používaný jako palivo pro motorová vozidla |
| CO | Oxid uhelnatý |
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický ústav |
| DPF | Filtr pevných částic u diesellových motorů |
| EIA | Proces posuzování vlivů záměrů na životní prostředí |
| HDV | Diesellová nákladní vozidla nad 3,5t |
| LDV | Diesellová nákladní vozidla do 3,5t |
| MHD | Městská hromadná doprava |
| NH ₃ | Amoniak |

| | |
|-------------------|--|
| NO ₂ | Oxid dusičitý |
| NO _x | Oxidy dusíku |
| O ₃ | Ozon |
| PAU | Polycyklické aromatické uhlovodíky |
| PCB | Polychlorované bifenyly |
| PM _{2,5} | Poléťavý prach velikostní frakce do 2,5 mikrometrů |
| PM ₁₀ | Poléťavý prach velikostní frakce do 10 mikrometrů |
| SEA | Proces posuzování vlivů koncepcí a územně plánovacích dokumentací za životní prostředí |
| SPM | Prašný aerosol bez velikostního rozlišení částic |
| SO ₂ | Oxid siřičitý |
| SZÚ | Státní zdravotní ústav |
| WHO | Světová zdravotnická organizace |
| ŽP | Životní prostředí |

2.2 DEFINICE POLÉTAVÉHO PRACHU

Pojem „poléťavý prach (PM10)“ je nesprávný překlad anglického termínu „particulate matter (PM10)“ uvedeného v původním znění Regulations (EC) No. 166/2006

[24]

Pojem „particulate matter“ se překládá do češtiny dvěma způsoby podle oblasti využití tohoto pojmu. Při hodnocení znaků kvality volného ovzduší (tj. venkovního, vnitřního a pracovního) se tento pojem překládá jako aerosolové částice (všechny částice v daném objemu vzduchu).

[10]

Při posuzování odpadních plynů se pojem „particulate matter“ překládá do češtiny jako tuhé znečišťující látky – viz. zákon o ochraně ovzduší.

[28]

Je třeba poznamenat, že určitá nejednotnost panuje i v mezinárodních normách, např. mezinárodní norma ČSN ISO 4225 uvádí pojem „prach“ (dust) – malé tuhé částice o průměru pod 75 μm , které se vlastní hmotností usazují, ale mohou zůstat v suspendovaném stavu po jistou dobu a dále „prach“ (grit) – poléťavé tuhé částice přenášené v ovzduší nebo v odpadních plynech.

[12]

Formální nedostatky použitého výrazu „poléťavý prach“ však zcela zastiňují použití pojmu PM_{10} jako charakteristiky odpadních plynů.

Výraz PM_{10} je cílové označení pro vzorkování thorakálních částic ve volném ovzduší [2], přičemž thorakální částice (thoracic particles) jsou vdechované částice pronikající za hrtan. V podstatě se jedná o konvenci, již se určitému typu vzorkovacího zařízení přisuzuje vlastnost separovat aerosolové částice do dvou skupin:

- na částice o aerodynamickém průměru větším než 10 μm , které se nezachycují
- na částice o aerodynamickém průměru menším než 10 μm , které se zachycují

Tato thorakální konvence (thoracic convention) je tedy specifikace přístrojů k odběru vzorků pro stanovení thorakální frakce. Thorakální konvenci určuje rovněž mezinárodní norma pomocí vzorkovací křivky pro přístroje odebírající thorakální frakci.

[13]

Nejasnosti pojmu PM_{10} lze nalézt i v prováděcím předpisu k zákonu o ovzduší, který stanoví, že PM_{10} představuje podle § 3, odst. 2, písm. b) částice, které projdou velikostněselektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10.

[22]

Z uvedených skutečností jasně vyplývá, že pojem PM_{10} je spojen výhradně s hodnocením možných účinků částic vdechovaných na pracovišti a vně budov na zdraví člověka. Tyto „konvence nesmějí být používány v souvislosti s mezními hodnotami definovanými na základě zcela jiných pojmů“

[13]

Pod pojmem prach (tuhé znečišťující látky) si lze představit částice libovolného tvaru, struktury nebo hustoty rozptýlené v plynné fázi za podmínek existujících ve vzorkovacím bodě, které mohou být zachyceny filtrací za určených podmínek po reprezentativním odběru vzorku sledovaného plynu, a které zůstanou na filtru i po sušení za určených podmínek.

[11]

2.2.1 DOPADY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Z ovzduší se aerosol dostává do ostatních složek životního prostředí pomocí suché nebo mokré atmosférické depozice. V principu platí, že čím menší průměr částice má, tím déle zůstane v ovzduší. Částice o velikosti přes 10 μm sedimentují na zemský povrch v průběhu několika hodin, zatímco částice nejjemnější (menší než 1 μm) mohou v atmosféře setrávat týdny, než jsou mokrou depozicí odstraněny.

Částice jemného a hrubého aerosolu mají odlišné složení. Materiál zemské kůry (částice půd, zvětraných hornin a minerálu, prach) a bioaerosol tvoří většinu hmotnosti hrubého aerosolu, zatímco jemný aerosol je tvořen hlavně sírany, amonnými solemi, organickým a elementárním uhlíkem a některými kovy. Dusičnany jsou významnou složkou jak hrubého, tak jemného aerosolu. Prašný aerosol může také sloužit jako absorpční medium pro těkavé organické látky.

Aerosol může působit na organismy mechanicky zaprášením. Zaprášení listů rostlin snižuje jejich aktivní plochu, u živočichů prach vstupuje do dýchacích cest. Dalším problémem je toxické působení látek obsažených v aerosolu.

[12]

Pevné částice v atmosféře ovlivňují energetickou bilanci Země, protože rozptylují sluneční záření zpět do prostoru. Podnebí ovlivňují tyto částice také svým účinkem na tvorbu oblaku. Jsou-li při tvorbě oblaku přítomny pevné částice ve velkém množství, bude výsledný oblak sestávat z velkého množství menších kapek. Takový oblak bude odrážet sluneční záření mnohem více, než oblak sestávající z částic větších. Vlivy na klima se však projevují spíše v regionálním měřítku.

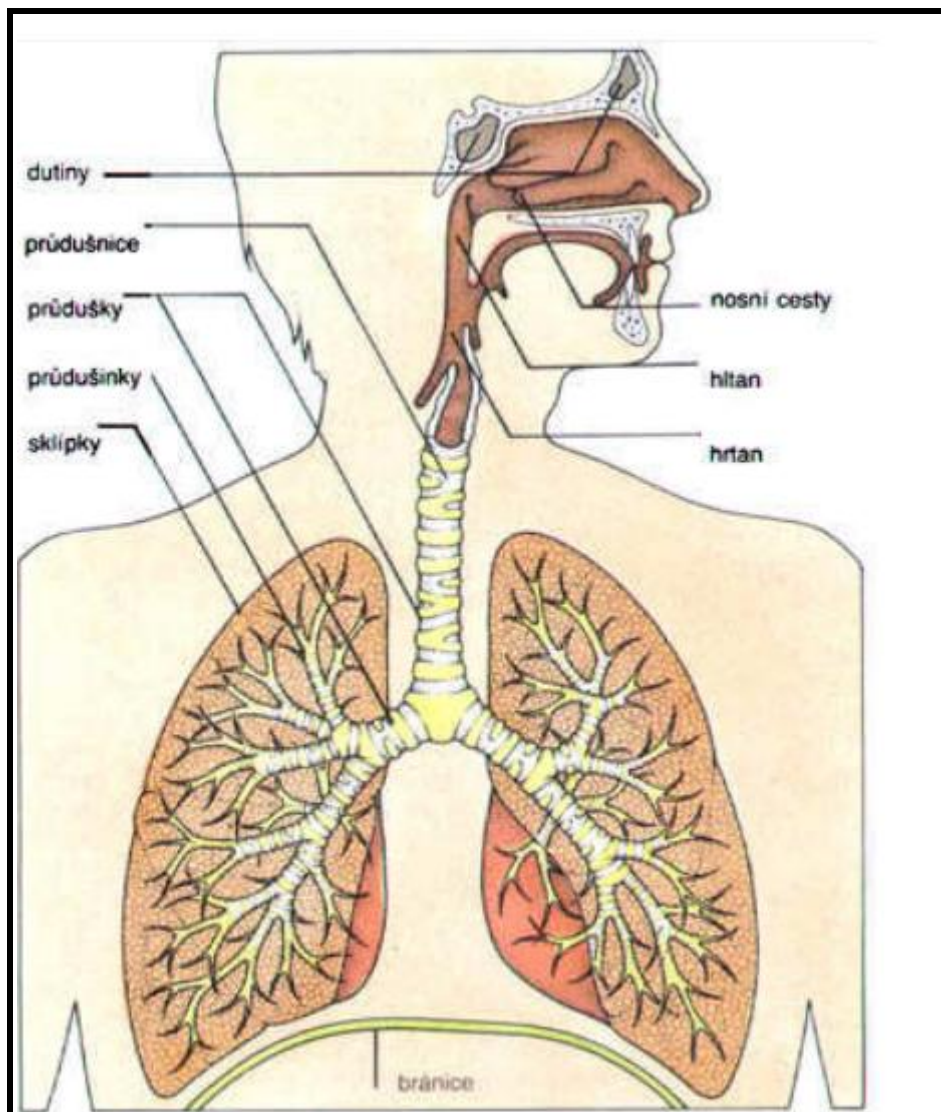
[15]

2.2.2 VLIV NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA, RIZIKA

Částice atmosférického aerosolu se usazují v dýchacích cestách. Místo záchytu závisí na jejich velikosti. Větší částice se zachycují na chloupkách v nose a nezpůsobují větší potíže. Částice menší než 10 μm (PM_{10}) se mohou usazovat v průduškách a způsobovat zdravotní problémy. Částice menší než 1 μm mohou vstupovat přímo do plicních sklípků, proto jsou tyto částice nejnebezpečnější. Částice navíc často obsahují adsorbované karcinogenní sloučeniny.

Tabulka 2 - Průnik částic do dýchacího ústrojí:

| Velikost částic | Průnik do dýchacího ústrojí |
|----------------------|-----------------------------|
| > 10 μm | Horní cesty dýchací |
| 5 – 10 μm | Velké průdušky |
| 1 – 5 μm | Průdušinky |
| < 1 μm | Plicní sklípky |



Obrázek 1 – Schéma dýchací soustavy člověka

[30]

Inhalace PM_{10} poškozuje hlavně kardiovaskulární a plicní systém. Dlouhodobá expozice snižuje délku dožití a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. Muže způsobovat chronickou bronchitidu a chronické plicní choroby. Toxicky působí chemické látky obsažené v aerosolu (sírany, amonné ionty). V důsledku adsorpce organických látek s mutagenními a karcinogenními účinky může expozice PM_{10} způsobovat rakovinu plic.

[1]

2.2.3 POLÉTAVÝ PRACH A JEHO RIZIKA V DATECH

- a) rizika související s jemným prachem se podílí v ČR na úmrtnosti 5-13 %
- b) při počtu 104400 ročně zemřelých v ČR se prašnost může odrazit v úmrtí 1745 až 12418 lidí
- c) kvůli polétavému prachu zemře předčasně v Evropě 348000 lidí
- d) prach zkracuje průměrnou délku života ve městech o rok
- e) polétavých prach snižuje hrubý domácí produkt Evropské unie každoročně asi o 80 miliard euro
- f) malé prachové částice ve velkých městech způsobují více úmrtí, než dopravní nehody
- g) dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím výfukových plynů dieselových motorů vede k nárůstu výskytu rakoviny o 40%
- h) znečištění ovzduší má na svědomí sedmkrát více životů než dopravní nehody na evropských silnicích

[29]

2.3 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Většina škodlivin znečištěného ovzduší se nachází ve výšce do 2 km. Při znečišťování ovzduší dochází k vnášení znečišťujících látek do atmosféry, dále nazývané jako emise. Důsledek tohoto děje je znečištěné ovzduší, což je stav, kdy jsou kontaminující látky již pozměněny reakcemi a rozptýleny, tento stav můžeme dále nazývat jako imise. Imise se vyskytují v přízemní vrstvě atmosféry a škodlivě působí nejen na zdraví lidí, ale i na přírodu a majetek. Dále lze rozdělit znečištění ovzduší na globální, regionální a lokální.

[18]

Lokální znečištění je vztažené na určitou lokalitu v rozmezí 1 – 10 km². Z hlediska analýzy ovzduší se jedná o stanovení škodlivin ve městech nebo naopak v oblastech, kde jsou zvláštní podmínky pro ochranu, např.: chráněné krajinné oblasti, národní parky, atd. Výsledky těchto analýz slouží k porovnávání s imisními limity. V České republice provozuje síť automatizovaných monitorovacích stanic (AMS) Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), na těchto automatizovaných stanicích je

monitorován oxid siřičitý, oxidy dusíku, prašný aerosol, oxid uhelnatý a na vybraných lokalitách i ozon a uhlovodíky.

[8]

Regionální znečištění se vztahuje k územním celkům s rozlohou od 100 km² až do 1000 km². Tyto stanice jsou budovány mimo bezprostřední dosah velkých zdrojů znečištění v reprezentativních polohách a dle doporučení WHO. V České republice se tyto stanice nacházejí v Košeticích a Svatouchu. Provozovatelem je opět ČHMÚ.

Globální znečištění se projevuje v největší míře u látek dlouhodobě stálých, které se dostávají do ovzduší v souvislosti s antropogenní činností (lidskou činností). Mezi tyto látky patří prachový aerosol, oxid uhličitý a halogenmethany. V následném hodnocení globálního znečištění je potřeba brát v potaz, že některé škodliviny jsou v malých koncentracích přirozenou složkou ovzduší.

[18]

2.3.1 LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ OVZDUŠÍ

a) Oxid siřičitý SO₂

Oxid siřičitý reaguje s chlorofylem (fotosyntetickým barvivem rostlin) a narušuje tak fotosyntézu. V ovzduší oxiduje se vzdušným kyslíkem za přítomnosti vody na kyselinu sírovou, která je spolu s kyselinou siřičitou příčinou kyselých dešťů.

Hlavní podíl na jeho produkci má lidská činnost - zejména spalování fosilních paliv, jak při průmyslových procesech, tak v domácích topeništích.

Oxid siřičitý působí dráždivě na sliznice dýchacích cest. Podporuje záněty průdušek a astma.

[4]

b) Poléťavý prach PM₁₀, PM_{2,5}

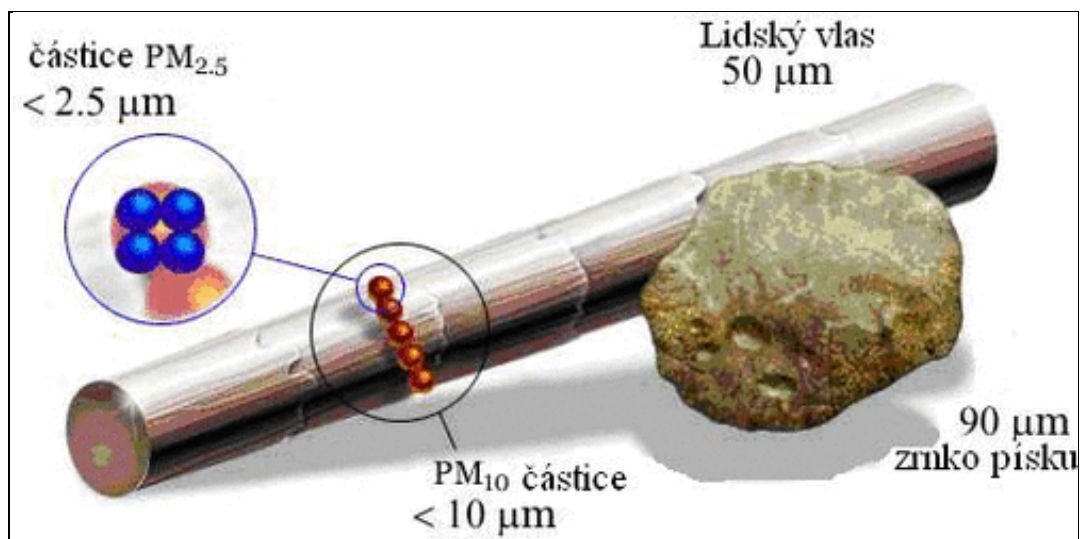
Poléťavý prach je pojem pro mikročástice o velikosti několika mikrometrů (μm). Částice mají své specifické označení podle velikosti.

Poléťavý prach vzniká téměř výhradně jako produkt lidské činnosti – při spalovacích procesech, tavení rud, ale také z půdy zbavené vegetačního krytu. Čím menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší.

Částice velikosti okolo 10 μm jsou zachyceny v horních cestách dýchacích, menší mohou pronikat do dolních dýchacích cest. Vůbec nejnebezpečnější jsou částice menší než 2,5 μm – tyto se mohou dostat až do plicních sklípků.

Na částice poléťavého prachu se vážou těkavé organické látky (VOC – z anglického názvu volatile organic compounds), které pak v organismu působí toxicky.

Poléťavý prach způsobuje kardiovaskulární onemocnění, choroby dýchacích cest, snižuje délku života a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. V důsledku navázaných těkavých látek může způsobovat rakovinu.



Obrázek 2 – Srovnání velikosti částic poléťavého prachu s vlasem a zrnkem pisku

c) Oxidy dusíku (oxid dusičitý NO₂, oxid dusnatý a další)

Oxid dusičitý je společně s oxidy síry součástí takzvaných kyselých dešťů. Oxid dusičitý (NO₂) současně s kyslíkem a těkavými organickými látkami přispívá k tvorbě přízemního ozonu a vzniku tzv. fotochemického smogu.

Primárním zdrojem oxidů dusíku jsou motorová vozidla. Další velkým zdrojem oxidů dusíku jsou emise spalin ze spalovacích procesů, především z velkých zdrojů.

V plicích se oxid dusičitý dostává do krve, kde je přeměněn na dusitany a dusičnany. Dráždí také sliznice dýchacích cest.

[16]

d) Přízemní ozon

Narozdíl od známého užitečného ozonu ve stratosféře je přízemní ozon zdraví nebezpečný. Vyskytuje se těsně nad zemí.

Přízemní ozon vzniká složitou chemickou reakcí, za přítomnosti slunečního záření a vysoké koncentrace výfukových plynů z automobilů.

Způsobuje dráždění dýchacích cest, podráždění očí a bolesti hlavy. U rostlin dochází k poškození listů.

[25]

e) Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Do této skupiny řadíme asi 100 organických uhlovodíkových sloučenin. V prostředí přetrvávají velice dlouho (jsou tedy perzistentní), neboť odolávají přirozeným rozkladným procesům.

Vznikají převážně při nedokonalém spalování organických látek (uhlí, olejů, nafty, benzínu a plastů) v nevhodných spalovacích zařízeních.

Tyto sloučeniny mají mutagenní a karcinogenní vlastnosti, ohrožují zdravý vývoj plodu. Mezi PAU znečišťující ovzduší patří například benzo(a)pyren.

[2]

f) Oxid uhelnatý CO

Je jednou z nejběžnějších a nejrozšířenějších látek znečišťujících ovzduší. Přijímáme ho pouze vdechováním.

[18]

Vzniká nedokonalým spalováním uhlíkatých materiálů a jako produkt v některých průmyslových a biologických procesech.

Oxid uhelnatý působí na srdce, cévní a nervový systém. Při jeho nízkých koncentracích může zdravý člověk pociťovat únavu, člověk se srdečními problémy bolest na prsou. Při jeho vyšších koncentracích může dojít k poruchám vidění a koordinace, bolestem hlavy, závratím, zmatečnému chování a může být pociťována žaludeční nevolnost. Velmi vysoké koncentrace jsou smrtelné.

[16]

g) Dioxiny

Látky nebezpečné i ve stopovém množství.

Vznikají zejména při spalovacích procesech – ať už v průmyslu, v automobilech či při pálení nejrůznějších materiálů. Zvláště nebezpečné je spalování odpadu obsahujícího chlórované látky (např. PVC). V prostředí přetrvávají velmi dlouho.

Zvyšují pravděpodobnost onemocnění rakovinou a poškození vývoje plodu. Dioxiny patří mezi vůbec nejnebezpečnější látky znečišťující životní prostředí.

[27]

h) Polychlorované bifenyly PCB

Vznikají jako nezamýšlené vedlejší produkty v řadě průmyslových výroch (například v hutnictví, při spalování odpadů, v chemické výrobě různých sloučenin chlóru anebo ve spalovacích motorech automobilů při spalování olovnatého benzínu atd.).

Expozice PCB ovlivňuje mozek, oči, srdce, imunitní systém, játra, ledviny, reprodukční systém a štítnou žlázu. Expozice těhotných žen může způsobovat snížení porodní váhy a neurologické poruchy dětí.

[14]

2.3.2 TUHÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY V OVZDUŠÍ

Sledování tuhých znečišťujících látek v ovzduší ve formě tuhého aerosolu, polétavého prachu nebo celkové prašnosti se provádí od počátku hodnocení přízemní vrstvy atmosféry. Zjištění poznatků o působení tuhých látek anorganického, organického nebo biologického původu na lidský organismus bylo významným podnětem podrobnějšího studia 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.

[20]

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.

[20]

Na charakteru emisního zdroje závisí další důležitý faktor tuhých znečišťujících látek, jejich chemické složení. Prachové částice tak 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)

[20]

- prachy bez fibrogenního a dráždivého účinku (hnědouchelný prach, jiné než výše jmenované průmyslové a neprůmyslové prachy).

[19]

Na území České republiky je prach dlouhou řadu let sledovanou charakteristikou znečištění ovzduší.

[20]

Obecně dávají vznik primárním částicím a jsou hlavními původci imisního zatížení poléťavým 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 SO_2 , NO_x , NH_3 a VOC. 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.

[26]

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. Dále pro klasifikaci částic podle jejich velikosti a tím možného vstupu do organismu navrhuje třídění, které také umožňuje určit vhodnost zařízení,

[21]

uplatňujících se v systému ochrany pracovního prostředí nebo pomůcek osobní ochrany. Třídění je uvedeno v následující tabulce 3.

[20]

Tabulka 3 – 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 |

[20]

2.4 ZÁCHYCOVÁNÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC A JEJICH ODBĚR Z 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.

[18]

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

[22]

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 imisí 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 měřícího zařízení vůči zdrojům kontaminace.

[18]

2.5 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.

[17]

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 ozónovou 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

[23]

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.

[18]

2.6 PŘÍPUSTNÉ LIMITY ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ V ČR

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.

[17]

2.6.1 IMISNÍ LIMITY PRO POLÉTAVÝ PRACH V ČR

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 plyných znečišťujících látek se objem přepočítává na standardní podmínky.

[23]

Tabulka 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 µg.m ⁻³ | 35 |
| PM ₁₀ | 1 kalendářní rok | 40 µg.m ⁻³ | |

[23]

PM₁₀ je tímto nařízením definován jako „částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 µm odlučovací účinnost 50 %“. Znečišťující látka PM_{2,5} („částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 2,5 µm 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.

[23]

2.6.2 HORNÍ A DOLNÍ MEZE PRO POSUZOVÁNÍ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Horní a dolní meze pro posuzování PM₁₀ 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 úrovně znečištění ovzduší, a výsledků získaných z údajů z emisních inventur a modelování.

[23]

Tabulka 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

[23]

2.6.3 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

[7]

Tabulka 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 | více než 150 |

[9]

2.7 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 trakce 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 trakce 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 $PM_{2,5}$

[23]

Tabulka 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 znečištění 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 znečištění ovzduší) | Jednotlivé ulice | Znečišťující látky emitované mobilními zdroji |

[23]

2.8 SNIŽOVÁNÍ HLADINY – OPATŘENÍ

2.8.1 OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ HLADINY POLÉTAVÉHO PRACHU NA CELOSTÁTNÍ ÚROVNI

Tabulka 8 – Opatření ke snížení hladin polétavého prachu na celostátní úrovni

| Název opatření | Charakteristika opatření | Přínos opatření |
|---|--|---|
| Uplatňování emisních limitů evropské unie pro nová vozidla | Nová vozidla musí splňovat příslušné limity EURO pro množství emitovaných polutantů: CO, HC, NO _x a PM u dieselových vozidel. | Produkce emisí se nezvyšuje tak rychle jako dopravní objemy a výkony. |

[28]

| | | |
|---|--|--|
| Operativní kontrola emisních parametrů vozidel | Měření emisních parametrů vozidel za provozu. | Snížení počtu vozidel nesplňující stanovené emisní parametry. |
| Podpora zavádění vozidel s alternativním pohonem | Využití dotací k částečnému pokrytí nákladů na přestavbu vozidel na alternativní paliva a pohony (např. Program úspor energie a využití alternativních paliv v resortu dopravy). | Modernizace vozového parku a zvýšení zájmu o vozidla šetrnější k ŽP. |
| Montáž částicových filtrů do vozidel | Zadržování pevných nebo kapalných emisí PM výfukových plynů filtry ve výfukovém potrubí. | Snížení počtu PM o 75 až 80 % (HDV), 15 % (dieselová LDV), 95 % (dieselová IAD). |
| Přestavba vozidel na LPG, CNG | Vývoj a výroba vozidel na alternativní paliva, přestavba stávajících vozidel. | Výrazné snížení emisí PM ze spalovacích procesů. |
| Telematická opatření | Liniové řízení dopravního proudu, lokalizace pohybu mobilních telefonů po silniční síti. | Řízená komunikace vykazuje mnohem větší propustnost než při neřízeném provozu. |

[3]

Mezi další opatření na národní úrovni patří např.: vyčíslení externalit v dopravě a jejich postupná internalizace, posuzování vlivu na životní prostředí při přípravě, realizaci a údržbě dopravní infrastruktury (EIA), strategické posuzování koncepcí (SEA), zajištění účasti veřejnosti na rozhodování o projektech dopravy, širší využití logistiky a telematiky, výzkum zdravotních účinků nelimitovaných polutantů z dopravy a jejich směsí a rozvoj informační a vzdělávací činnosti v oblasti vlivů dopravy na životní prostředí.

2.8.2 OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ HLADINY POLÉTAVÉHO PRACHU NA REGIONÁLNÍ A MĚSTSKÉ ÚROVNI

Tabulka 9 – Opatření ke snížení hladin polétavého prachu na regionální a městské úrovni

| Název opatření | Charakteristika opatření | Přínos opatření |
|---|---|---|
| Omezení vjezdu | Zákaz vjezdu HDV do vybraných městských částí, jejich zásobování LDV, realizace zádržných systémů. | Zlepšení kvality ovzduší v městských částech. |
| Zavedení zón snížené rychlosti | Snížení rychlosti ve vybraných městských částech. | Zlepšení kvality ovzduší v městských částech. |
| Placené vjezdy (mýto) | Zavedení poplatků za vjezdy do vybraných městských částí. | Snižuje atraktivnost automobilové dopravy. Výnosy z mýtného mohou spolufinancovat realizaci opatření k ochraně ovzduší. |
| Zlepšení kvality MHD a komfortu cestujících | Zvýšení atraktivnosti MHD (bezbariérové provedení, pohodlí, zkrácení doby jízdy, frekvence spojů), využití elektrické trakce, plynulost pohybu vozidel (preferenční na světelných křižovatkách, vyčlenění vyhrazených pruhů). | Zkrácení přepravních dob (na úkor IAD) dojde ke zvýšení ekonomických a environmentálních přínosů (nižší náklady na provoz, rychlejší oběhy vozidel, menší spotřeba pohonných hmot). |
| Snížení emisí autobusů MHD | Zavedení nízkoemisních vozidel a vozidel na alternativní pohon. | Výrazné snížení emisí PM ze spalovacích procesů. |
| Čištění komunikací | Čištění povrchu vozovek. | Výrazné omezení resuspenze částic. |
| Mobilní a válcové myčky kol, stacionární mycí zařízení | Instalace zařízení na čištění kol, mycí zařízení nákladních aut u výjezdů ze stavby apod. | Snížení prašnosti zejména v okolí staveb a prašných provozů. |
| Vypracování regulačního řádu k omezení provozu při smogových situacích | Vymezení situací, délka, rozsah a technické opatření k omezení a zastavení provozu, stanovení výjimek ze zákazu | Okamžité snížení emisí PM. |

| | | |
|---|--|--|
| | provozu, zajištění dostupnosti uzavřeného území MHD apod. | |
| Regulace parkování, podpora systémů „Park and Ride“ | Omezení vjezdu zvýšením parkovného, multimodální uskutečnění cesty, vybudování záchytných parkovišť. | Zabránění dalšímu zvyšování atraktivity automobilové dopravy a indukci dopravy. |
| Zavedení systému „Bike and Ride“ | Vybudování úschoven kol (bezpečné umístění, ochrana proti povětrnostním podmínkám). | Zatraktivnění cyklistické dopravy i pro obyvatele méně fyzicky zdatné. Posílení funkce multimodální dopravy s vyloučením automobilu. |
| Výstavba obchvatů a nových komunikací | Stavba obchvatů, tangentů a systémů okružních komunikací, v dostatečné vzdálenosti od oblastí bydlení. | Snížení emisí pevných částic z dopravy v hustě obydlených oblastech. |
| Rozvoj integrovaných dopravních systémů (IDS) | Rozšíření městské veřejné dopravy na úroveň regionu, optimalizace linkového vedení a přepravní kapacity linek, přestavby a úpravy přestupních terminálů. | Zvýšení preference MHD. Změnou přepravní dělby práce ve prospěch MHD dojde rovněž ke snížení emisí. |
| Snížení emisí ze sekundární prašnosti cílenou výsadbou městské zeleně | Městská zeleň (vzrostlé rostliny i křoviny a trávničky) snižuje množství PM v ovzduší a má pozitivní vliv na emise CO ₂ . | Průměrný účinek filtrace vzduchu se pohybuje v rozmezí 60-70 %, podle druhu, hustoty a výšky porostu. |
| Snížení emisí z dopravy vlivem obnovy vozového parku smluvních partnerů měst | Při zadávání veřejných zakázek upřednostňovat firmy s nízkoemisními vozidly splňující nejpřísnější limity EURO a vozidly na alternativní pohon | Pokles produkce PM v případě nákladních vozidel plnicích emisní normy Euro V na max. 0,02g.kWh ⁻¹ . |
| Snížení rychlosti | Při plynulém provozu nebo nižší rychlosti (50 – 80 km.hod ⁻¹) je produkováno méně emisí. | Snížení rychlosti na městském dálničním úseku na 80 km.hod ⁻¹ představuje snížení koncentrací PM ₁₀ ve vzdálenosti 50 m o 4 μg.m ⁻³ . |

| | | |
|--|--|--|
| Využití výpočetních modelů pro celkové snižování přepravní náročnosti území | Vytvářet, udržovat a využívat výpočetní systémy modelování dopravy pro operativní potřeby dopravního plánování a ověřování koncepčních variant, vč. hodnocení dopravních opatření sloužící pro multimodální prognózy změn v dopravě. | Prognóza zjistí potenciál ke snížení negativních vlivů dopravy. |
| Telematická opatření | Zavádění inteligentních dopravních systémů (měřicí zařízení dopravního proudu, navigační systémy pro parkování, klasifikace dopravy, zátěžová mapa, moduly pro komunikaci s telematickými systémy). | Řízení provozu na komunikaci umožňuje plynulejší dopravní proud a tím menší zátěž ovzduší emisemi. |

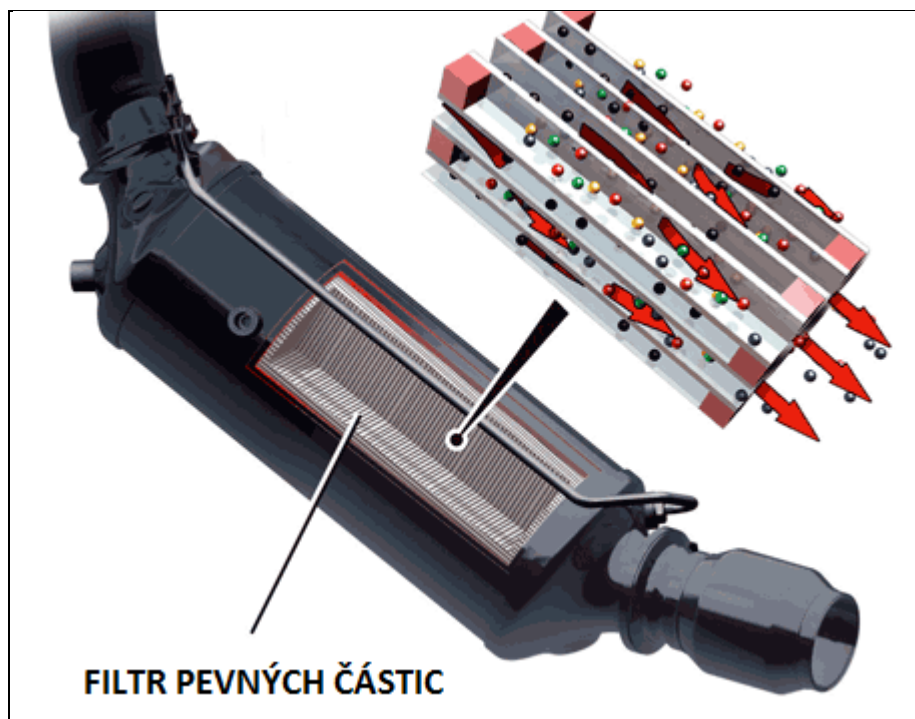
[3]

2.8.3 OPATŘENÍ K PŘÍMÉMU SNÍŽENÍ HLADINY POLÉTAVÉHO PRACHU

2.8.3.1 FILTRY U DIESELOVÝCH AUTOMOBILŮ

Toto opatření předpokládá použití filtrů částic ve výfukovém potrubí všech automobilů s diesellovým pohonem, zastoupených v uvažovaném vozovém parku. Toto opatření předpokládá průměrné snížení primární emise částic PM₁₀ o 60 %.

V každém moderním, od roku 2005 vyráběném diesellovém automobilu, je výrobcem instalován filtr pevných částic (DPF nebo také FAP). Ten je umístěn ve výfukovém systému a podobně jako katalyzátor, slouží k filtraci výfukových plynů. DPF zachytává pevné nečistoty, jako jsou saze, drobné jedovaté, karcinogenní částice a další látky znečišťující ovzduší.



Obrázek 3 – Filtr pevných částic u diesellových motorů

2.8.3.2 PŘECHOD AUTOBUSŮ MHD NA CNG

Toto opatření odráží předpokládanou náhradu autobusů s diesellovým pohonem za autobusy na CNG. Toto opatření předpokládá průměrné snížení primární emise částic PM_{10} o 20 %.

Moderní CNG autobusy jsou dnes vyráběny sériově s vysokou kvalitou zpracování. Nabízí ekonomický, ekologický, bezpečný a tichý provoz splňující homologační předpisy, normy Euro V a EEV (připravuje se Euro VI). Zemní plyn jako pohonná hmota nabízí i výhody strategické - zásoby plynu jsou oproti zásobám ropy téměř dvojnásobné. Používání zemního plynu nabízí možnost přímého využití primárního paliva. Zemní plyn je také mezistupněm pro přechod na vodíkové palivo, ale ani po zavedení tohoto paliva v daleké budoucnosti se zemní plyn nejen v dopravě rozhodně "neztratí".

[31]



Obrázek 4 – Autobus MHD poháněný na CNG

2.8.3.3 ČIŠTĚNÍ KOMUNIKACÍ

Toto opatření odráží předpokládané průběžné odstraňování částic deponovaných na vozovce užitím čistících strojních a zametacích zařízení. Toto opatření předpokládá zachování primární emise částic PM_{10} , emise sekundárních částic a resuspenze je tímto opatřením snížena o 15%.

2.8.3.3.1 ČISTÍCÍ STROJNÍ A ZAMETACÍ ZAŘÍZENÍ

Čistící strojní zařízení používané v komunální oblasti je obecně stroj, který působí fyzikálně a chemicky na znečištěný povrch prostřednictvím vhodného pracovního adaptéru a odstraní z povrchu nečistoty, které se zde nacházejí. Při jejich nasazení záleží na požadované kvalitě čistoty povrchu, případně na velikostech sbíraných prachových částic.

Čistící zařízení lze rozdělit podle konstrukce na:

- a) Čistící zařízení využívající tlakovou vodu (vysokotlaké mycí stroje)
- b) Ručně vedené čističe a zametače (tlačené zametací stroje s odhozem nečistot nebo odsáváním, kartáčové mycí stroje)
- c) Ručně vedené čističe samojízdné (zametací stroje s odsáváním)
- d) Samojízdné čističe se sedící obsluhou (s odsáváním a s výškovým vyprazdňováním)
- e) Nosiče nářadí s čisticí a zametací sekcí
- f) Samojízdné kompaktní čističe a zametače

[5]

Čistící zařízení využívající tlakovou vodu (vysokotlaké mycí stroje):

Čistící zařízení využívající tlakovou vodu pro domácí použití jsou obecně vysokotlaké mycí stroje, jejichž tlaková čerpadla jsou poháněna elektrickým motorem o příkonu 1600 až 2500 W. Elektrický motor pohání čerpadlo pro zabezpečení průtoku vody v rozmezí 320 – 600 l.h⁻¹ a pro vytvoření tlaku vody na výstupu v rozmezí 80 až 200 bar.



Obrázek 5 - Vysokotlaký čistič Kärcher K 4.600

Pracovní tlak 20-130 bar při průtoku vody 440 l.h⁻¹ umožňuje důkladné odstranění i velmi ulpělých nečistot.

[37]

Ručně vedené čističe a zametače (tlačené zametací stroje s odhozem nečistot nebo odsáváním, kartáčové mycí stroje):

Ručně vedené čističe na podvozku jsou při pracovní činnosti tlačeny a zároveň řízeny obsluhou pomocí nastavitelných madel. Stroje jsou bez pohonné jednotky a pohyb pracovních orgánů je realizován prostřednictvím pojezdových kol.

[5]



Obrázek 6 – Ručně vedený zametací stroj Kärcher S 550

Zametačím strojem S 550 firmy Kärcher lze zametat chodníky, cesty, vjezdy a dvory. Zametené nečistoty jsou spolehlivě dopraveny do zásobníku na nečistoty.

[37]

Ručně vedené čističe samojízdné (zametací stroje s odsáváním):

Tyto stroje jsou řízeny krácející obsluhou. Pohyb stroje ovládá obsluha prostřednictvím madel, na kterých jsou umístěny ovládače, včetně ovládačů pro pohyb pracovních adaptérů. Jízdu stroje a pohon pracovních adaptérů zajišťují elektromotory nebo spalovací motory. Elektrická energie je dodávána ze sítě nebo z vestavěných akumulátorů.

[5]



Obrázek 7 – Samojízdný zametací stroj Kärcher KM 75/40 W Bp

Ručně vedený bateriový zametací stroj Kärcher - s jedním postraním kartáčem a vlastní pojezdovou rychlostí s regulací.

[37]

Samojízdné čističe se sedící obsluhou:

Tyto stroje jsou řízeny sedící obsluhou prostřednictvím volantu. Stroje disponují pracovní šířkou 600 až 1500 mm. Jsou vybaveny zásobníkem na zametené nečistoty v závislosti na modelu v rozsahu 60 až 300 litrů. Disponují plošnou výkonností v rozmezí 5000 až 14000 m²/h⁻¹. Zásobník na nečistoty lze u některých modelů vyklápět do výšky nad dva metry, což umožňuje vyklápění na korby automobilů.

[5]



Obrázek 8 – Zametací stroj se sedící obsluhou Kärcher KM 90/60 R Bp

Přístroj je ideální pro střední a velké plochy, a to i uzavřený nebo šikmé plochy. Přístroj je vybaven dvěma zásobníky s celkovou kapacitou 60 l. na baterie (baterie a nabíječka jsou dodávány jako standard).

[37]

Zametačí stroje – nástavby na nákladní automobily:

Technické parametry zametačích nástaveb:

Z hlediska koncepce silničních zametačích strojů jsou používány 4 technologie:

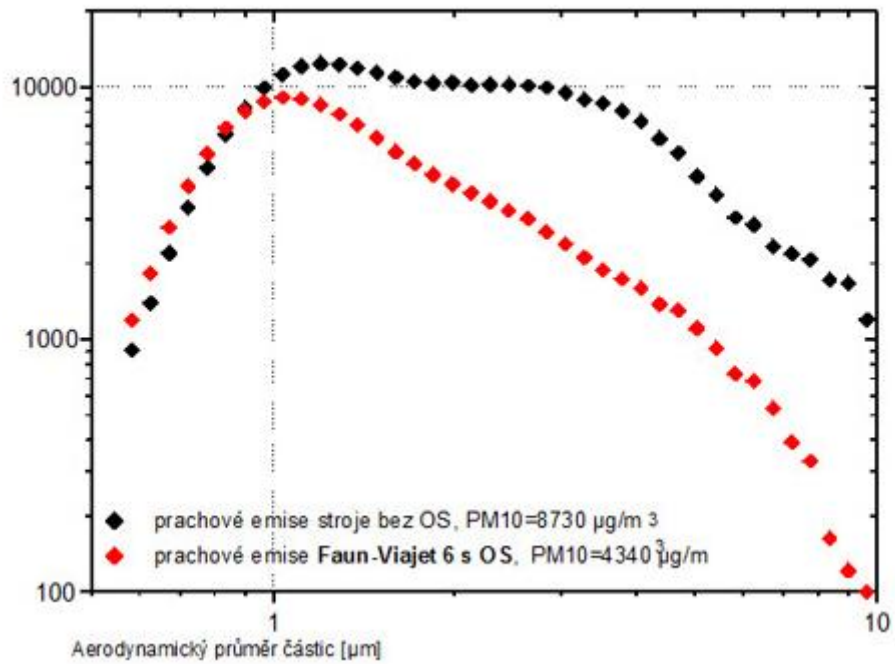
- Mechanický sběr nečistot
- Sací princip, kde se 100 % nasátého vzduchu vrací zpět do atmosféry
- Sací princip, kde se velká část nasávaného vzduchu (70 %) vrací zpět do zametačího stroje (oběhový systém (OS) vzduchu FAUN VIAJET)
- Sací princip, kde je vzduch nasáván přes filtrační zařízení a dále se velká část nasávaného vzduchu vrací zpět do zametačího stroje (oběhový systém vzduchu FAUN VIAJET FILTAIR)

Základní verze sacího systému zametačího stroje FAUN VIAJET je vybavena oběhovým systémem vzduchu, který výrazně snižuje obsah prachových částic na výstupu ze zametače, snižuje vnější hlučnost stroje, zaručuje lepší dopravní schopnost nečistot a umožňuje bezproblémové zametání při snížených teplotách.

V současnosti je nejčastěji dodáváno zametačí vozidlo poháněné pouze 1 motorem společným pro podvozek i nástavbu, které poskytuje oproti původní koncepci se 2 motory řadu výhod:

- snížení celkové spotřeby pohonných hmot při zametání o 1,5-2,0 l.hod⁻¹
- snížení celkových emisí škodlivých plynů a hluku
- nižší servisní náklady
- vyšší užitečné zatížení vozidla a větší kapacita vody zametačího stroje

[33]



Graf 1 – koncentrace prachových částic na výstupu zametače

[33]



Obrázek 9 - Koncepte zametacího stroje FAUN VIAJET – oběhový systém vzduchu

[33]

2.8.3.4 ZVÝŠENÍ PODÍLU ZELENĚ

Toto opatření odráží předpokládané plošné zvýšení podílu zeleně v řešených oblastech o 20 %. Vzhledem k zaměření na městské oblasti jde především o rozšíření travnatých ploch. Toto opatření předpokládá zachování průměrné primární emise částic.

Prachové částice PM_{10} vznikají lidskou činností i přirozenými procesy. Obsahují je například výfukové plyny nebo kouř. Potenciál stromů pohlcovat tyto mikročástice vědci zkoumali ve skotském Glasgowě a v kraji West Midlands v Anglii, konkrétně ve městech Birmingham, Wolverhampton a Coventry. Výzkumníci také vytvořili statistický model, aby vypočetli, jak by koncentrace částic PM_{10} v daných městech ovlivnilo další vysazování stromů.

Model vygeneroval množství scénářů, které ukazují, že koncentrace částic PM_{10} pocházejících z lidské činnosti lze snížit o 7 až 26 %. Pokud by se například v kraji West Midlands rozšířily oblasti osázené stromy ze současných 3,7 % na 16,5 % rozlohy kraje, koncentrace částic PM_{10} by poklesly o 19 %. Rozšíření zelených oblastí až na teoretické maximum 54 % (dosažené pouze vysazováním stromů na existujících zelených plochách) by mohlo vyústit v šestadvacetiprocentní pokles koncentrací PM_{10} . To by znamenalo, že v ovzduší by bylo každý rok o 200 tun prachových mikročástic méně.

Nejllepšími „čisticími stroji“ na mikročástice prachu jsou stromy s největším povrchem jehlic nebo listů, jako například modřín, borovice či jasan. Největší efekt pro zlepšení kvality ovzduší má vysazování těchto druhů spíše soliterně než ve skupinách.

[21]

3 METODIKA

3.1 PRINCIP MĚŘENÍ

Podstatou metody je prosávání vzduchu zařízením s filtrem, na němž se zvolená velikostní frakce polétavého prachu kvantitativně zachytí. Vstupním zařízením je impaktor, který zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu. Vzorek prachu je získán prosáváním zkoumaného ovzduší přístrojem. Před odběrem je nutné provést kalibraci nuly. Průtoková rychlost musí být dodržena shodná po celou dobu odběru na hodnotě $3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

[6]

3.2 POSTUP MĚŘENÍ

Postup měření spočívá ve stanovení hmotnostní koncentrace vdechovatelné nebo respirabilní frakce polétavého prachu v ovzduší. Vdechovatelnou frakcí se rozumí soubor částic polétavého prachu, které mohou být vdechnuty nosem nebo ústy. Respirabilní frakcí se rozumí hmotnostní frakce vdechnutých částic, které pronikají do té části dýchacích cest, kde není řasinkový epitel a do plicních sklípků. Koncentrace frakce je vyjádřena v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Doporučuje se, aby pro dosažení nejlepší přesnosti měření byla okolní teplota byla v rozsahu $15 - 30^\circ\text{C}$ a relativní vlhkost $20 - 45\%$.

[6]

3.3 POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ

3.3.1 MĚŘICÍ PŘÍSTROJ DUSTTRAK 8530

DustTrak 8530 Aerosol Monitor poskytuje spolehlivé posouzení expozice na základě měření částic koncentrace odpovídající PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, $\text{PM}_{1,0}$ nebo respirační velikosti frakce. DustTrak je přenosný, bateriemi napájené laser fotometr, který zobrazí v reálném čase digitální hodnoty.



Obrázek 10 – Měřicí přístroj DustTRAK 8530

[35]

3.3.1.1 OVLÁDNÍ MĚŘÍCIHO ZAŘÍZENÍ DUSTTRAK 8530

- a) Dotykem stylusu nebo koncem prstu se aktivuje Setup a objeví se ovládací políčka svisle vlevo, na modré obrazovce se zobrazí údaje o měřicím přístroji;
- b) Dotykem se aktivuje Zero Cal (kalibrace nuly se musí provést před každým použitím), to vyžaduje, aby byl před zahájením kalibrace připojen nulovací filtr (bílý váleček s nápisem FLOW s hadičkou);
- c) Dotykem se aktivuje zelené políčko Start. Objeví se nápis „Zero calibration is in process.“ a odpočítávání 60 sekund. Po ukončení kalibrace se objeví „Zero Cal Complete“;
- d) Odstraní se nulovací filtr
- e) Dotykem se aktivuje políčko v levém dolním rohu Main, nastaví se RunMode: Manual (pokud již není nastaven) políčkem RunMode. Nastaví se také datum a další požadované údaje týkající se měření (interval, celková doba měření). Přístroj umožňuje

[43]

záznam dat 45 dní v minutových intervalech. Interval měření lze nastavit v rozsahu 1 sekunda až 1 hodina;

f) Nasadí se příslušný impaktor, který obsahuje horní část s vyznačením velikosti prachových částic PM_{xx} , uvnitř je záchytná destička, spodní část je přizpůsobena k těsnému nasazení na měřicí přístroj (pryžový kroužek). Spodní a horní část je spojena závitem. Záchytná destička se vkládá do spodní části stříbrnou stranou nahoru.

g) Dotykiem se aktivuje zelené políčko Start. Přístroj zobrazuje hodnoty prachových částic v $mg.m^{-3}$. V levém dolním rohu je odpočítáván čas, který je nastaven.

h) Dotykiem na políčko Stats se v pravé části zobrazí hodnoty minimální, maximální a průměrné.

i) Dotykiem na tlačítko Graph se zobrazí graf, na jehož ose x je čas v sekundách a ose y jsou hodnoty prachových částic;

j) Dotykiem na tlačítko Data lze hodnoty uložit pod názvem souboru (Filename), který byl předtím zvolen

k) Vypnutí přístroje se provede tlačítkem, kterým byl zapnut, stiskne se políčko Yes a přístroj se po chvíli vypne.

[6]

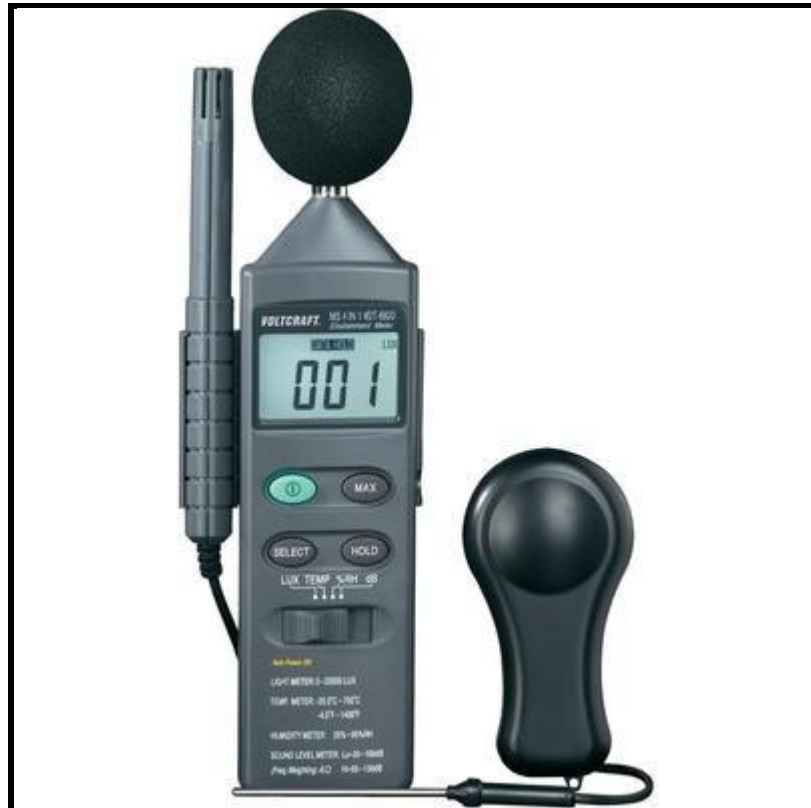
3.3.2 VOLTCRAFT VC 4 IN 1

Měřič životního prostředí 4 v 1. Zařízení na měření úrovně zvukové hladiny, teploty a vlhkosti vzduchu. V našem případě jsme ho používali ke zjištění aktuální teploty a vlhkosti vzduchu.

Technické parametry: Rozměry (Š x V x H) 85 x 85 x 30 mm, Čidlo typ K: -20 až +50 C (interní), -20 až + 750 °C (externí), přesnost 0,1 °C, Zvukoměr: 35 až 130 dB, rozlišení 0,1 dB, frekvenční průběh 32 Hz - 10 kHz, Luxmetr: 0,01 - 20 000 luxů,

rozlišení 0,01 luxů, Vlhkoměr: 25 - 95 % RH, rozlišení 0,1 %. Napájení 9 V. Teplotní rozsah -20 až + 50 °C (přístroj)/-20 až +750 °C (typ K). Hmotnost 250 g.

[32]



Obrázek 11 - Voltcraft VC 4 in 1

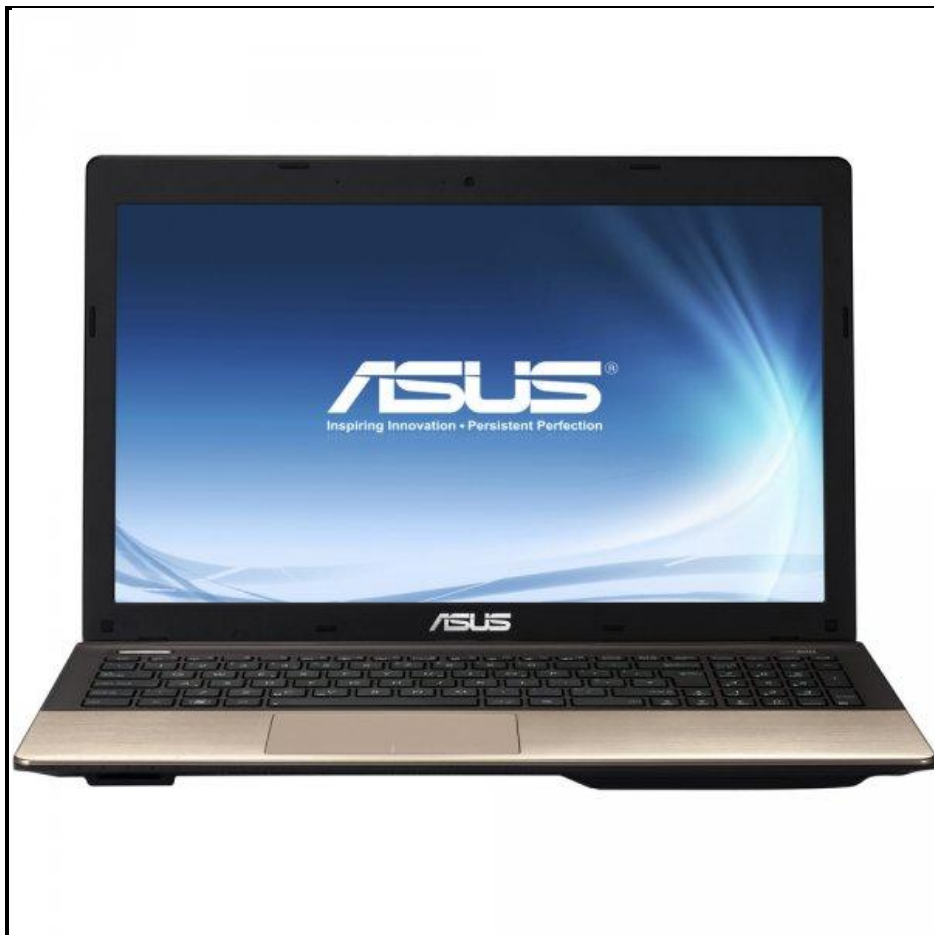
[32]

3.3.3 NOTEBOOK ASUS K55VJ – SX069H

Notebook s 15,6" LED displejem je založen na rychlém procesoru 3. generace Intel Core i5–3210M s frekvencí 2.5GHz Ivy Bridge. Dále je osazen 8GB operační pamětí, velkým 1TB pevným diskem a kvalitní integrovanou grafickou kartou NVIDIA GeForce GT 635M 2GB. Samozřejmě je vestavěné Wi-Fi, Bluetooth a webová kamera.

[36]

Naměřená data jsou ukládána do programu Microsoft Excel. Zde jsou potom dále zpracovávána.

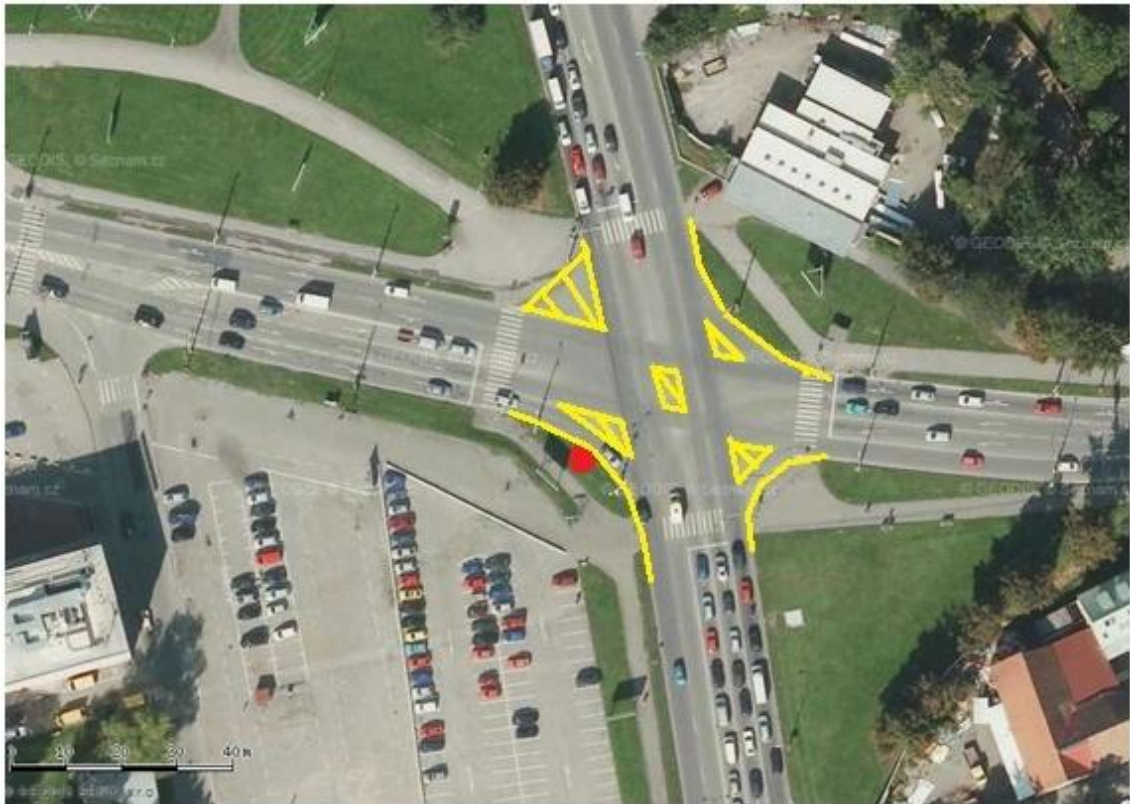


Obrázek 12 – Notebook Asus K55VJ – SX069H

[36]

4 VLASTNÍ MĚŘENÍ

4.1 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 1 – ČESKÉ BUDĚJOVICE - KŘÍŽOVATKA U VÝSTAVIŠTĚ



Obrázek 13 – Mapa měřicího místa č. 1 – České Budějovice – Křižovatka U Výstaviště

- Červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje
- Žluté plochy označují místo kde jsou v křižovatce usazené nečistoty

4.1.1 POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 1

Tabulka 10 – Popis měřicího místa č. 1

| | | |
|-----|-------------------------------|---|
| a) | Datum a čas měření | 2.4. 2013, 13:56 |
| b) | Teplota vzduchu při měření | 2 °C |
| c) | Vlhkost vzduchu při měření | 45,5 % |
| d) | Rychlost větru při měření | 2,2 m.s ⁻¹ |
| e) | GPS souřadnice měřicího místa | 48° 58' 39.74", 14° 27' 50.33" |
| f) | Sklon vozovky | rovina |
| g) | Max. povolená rychlost | Ulice Husova 50 km. h ⁻¹ , Na dlouhé louce 70 km. h ⁻¹ |
| h) | Nejbližší obydlená oblast | Křižovatka leží v centru města |
| ch) | Okolí měřicího místa | sloupy světelné signalizace, lampy veřejného osvětlení |
| i) | Povrch vozovky | povrch vozovky: asfalt s mírným poškozením, dva pruhy v ulici Na dlouhé louce nově opraveny |

Měřicí místo se nachází přímo v centru Českých Budějovic a jedná se o jednu z nejfrekventovanějších křižovatek ve městě, přes kterou vede převážná část tranzitní dopravy. Povrch vozovky je mírně poškozen, akorát v ulici Na dlouhé louce jsou opraveny dva jízdní pruhy. Na krajnicích a ve středu křižovatky se vyskytuje usazený prach z poškození vozovky, dále se zde vyskytují zbytky inertního posypu po zimě i přesto že na tomto místě se používá výjimečně jen v případech, kdy chemické ošetření není účinné. Vrstva nečistot se pohybuje kolem 0,3mm – 0,6mm. Maximální povolené rychlosti v tomto místě jsou 70 km. h⁻¹ v ulici Na dlouhé louce a 50 km. h⁻¹ v ulici Husova.



Obrázek 14 – Měřicí místo č. 1 - Křižovatka u výstaviště

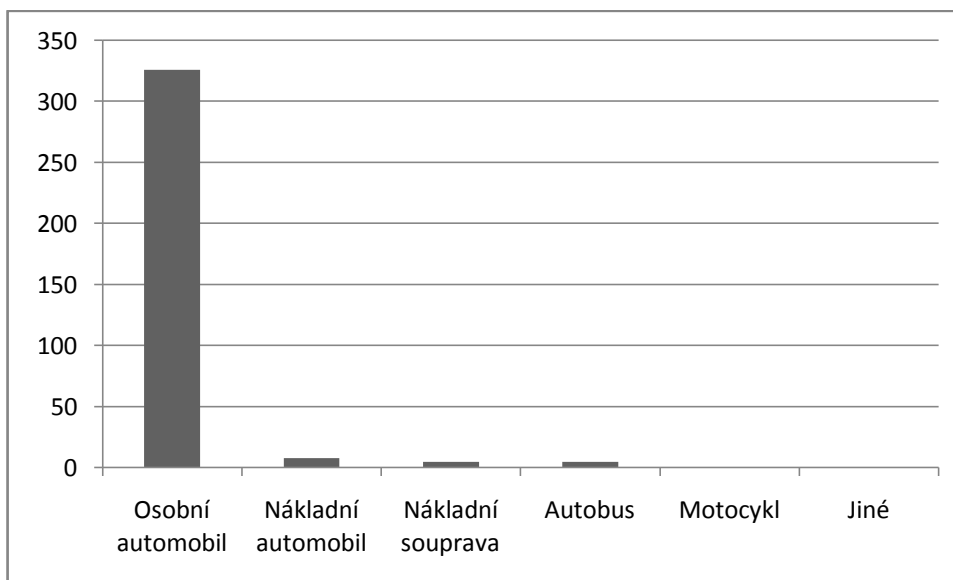


Obrázek 15 – Měřicí místo č. 1 - Křižovatka u výstaviště – detail usazených nečistot

4.1.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1

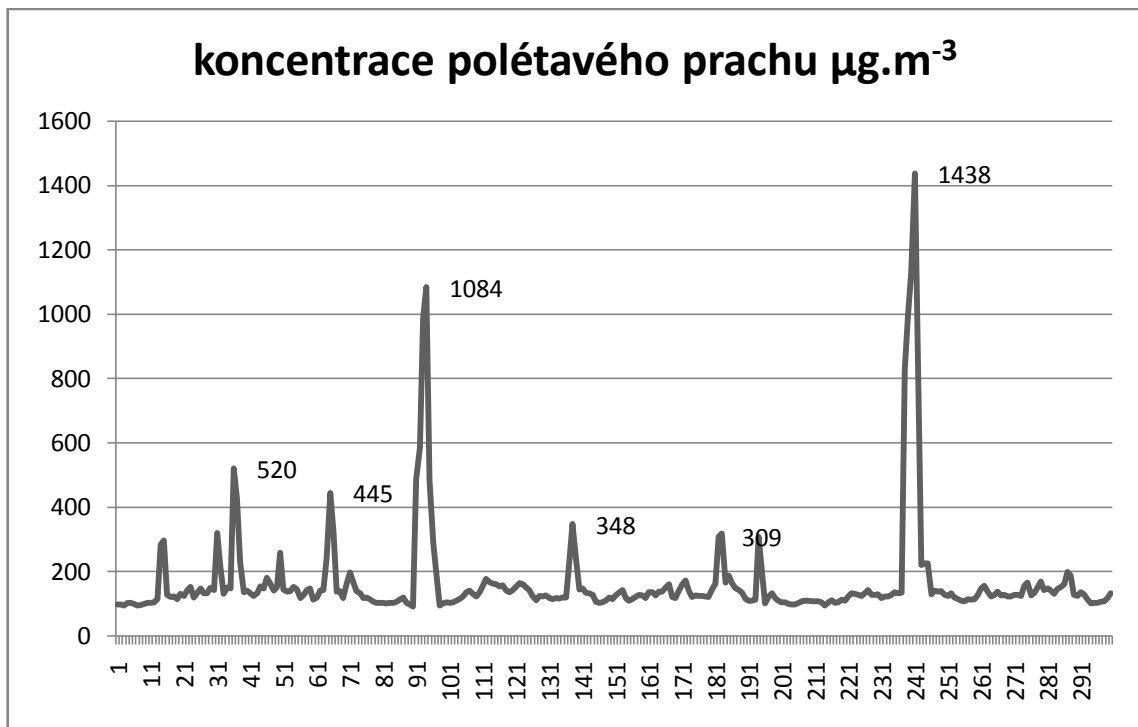
Tabulka 11 - Druh dopravy v měřícím místě č. 1

| Druh vozidla | Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou v měřeném čase. (5min) |
|--------------------|---|
| Osobní automobil | 326 |
| Nákladní automobil | 8 |
| Nákladní souprava | 5 |
| Autobus | 5 |
| Motocykl | 0 |
| Jiné | 0 |
| Celkem | 344 |



Graf 2 – Počet projíždějících vozidel v měřícím místě č.1

4.1.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1



Graf 3 – Koncentrace polétavého prachu v měřicím místě č. 1

Tabulka 12 – průměrná, maximální a minimální hodnota koncentrace v měřicím místě č.1

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Průměrná hodnota koncentrace: | $139 \mu\text{g.m}^{-3}$ |
| Maximální hodnota koncentrace: | $1438 \mu\text{g.m}^{-3}$ |
| Minimální hodnota koncentrace: | $84 \mu\text{g.m}^{-3}$ |

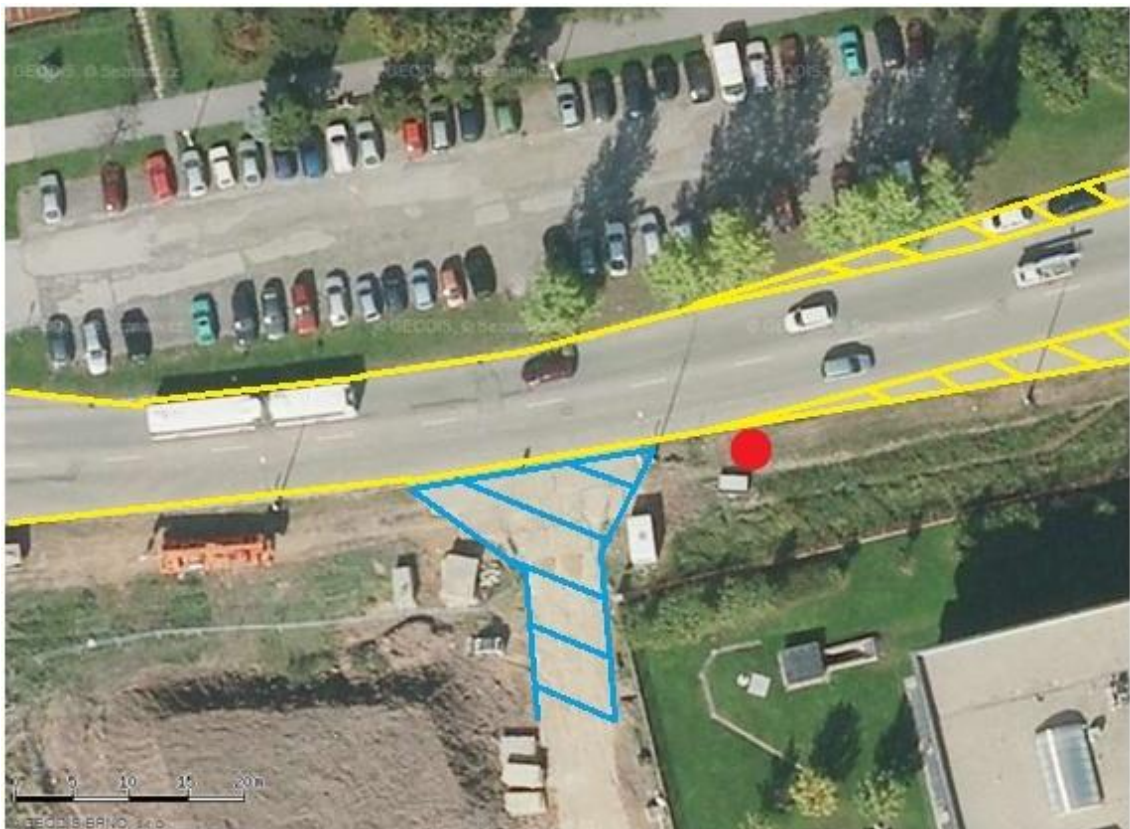
4.1.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 1

Vyšší průměrná hodnota $139 \mu\text{g.m}^{-3}$ je způsobena velkým počtem projíždějících vozidel, která stále víří usazené nečistoty. Dále pak maximální hodnoty jsou způsobeny projetím velkých automobilů, jako jsou nákladní automobily, nákladní soupravy a autobusy, které způsobí mnohem větší zviření usazenin než osobní automobily, navíc často projedou i přímo přes místo kde je prach usazen.

4.1.5 NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 1

Jako opatření před vyššími hodnotami polévatého prachu, lze použít mechanické odstranění nečistot z povrchu vozovky, tzn. použít zametací a čistící zařízení. Dále by pak bylo na místě opravit povrch vozovky, ze kterého by se neuvolňovaly částičky a neusazovaly by se pak na krajnicích a středu křižovatky, kde pak dochází k jejich víření provozem vozidel.

4.2 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 2 – ČESKÉ BUDĚJOVICE – BRANIŠOVSKÁ ULICE – STAVBA AREÁLU JČU



Obrázek 16 – Mapa měřicího místa č. 2 – Branišovská ulice – stavba areálu JČU

- Červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje
- Žluté plochy označují místo kde jsou na vozovce usazené nečistoty
- Modrá plocha označuje primární zdroj znečištění – výjezd ze stavby

4.2.1 POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 2

Tabulka 13 – Popis měřicího místa č. 2

| | | |
|-----|-------------------------------|--|
| a) | Datum a čas měření | 2.4.2013, 13:39 |
| b) | Teplota vzduchu při měření | 5,5°C |
| c) | Vlhkost vzduchu při měření | 47,8 % |
| d) | Rychlost větru při měření | 2,5 m.s ⁻¹ |
| e) | GPS souřadnice měřicího místa | 48° 58' 42.00", 14° 26' 38.63" |
| f) | Sklon vozovky | Rovina |
| g) | Max. povolená rychlost | 50 km.h ⁻¹ |
| h) | Nejbližší obydlená oblast | 15 m řada panelových domů |
| ch) | Okolí měřicího místa | Výjezd ze stavby, zaparkované vozy podél komunikace, řada stromů, parkoviště |
| i) | Povrch vozovky | Mírně poškozen, znečištění krajnic |

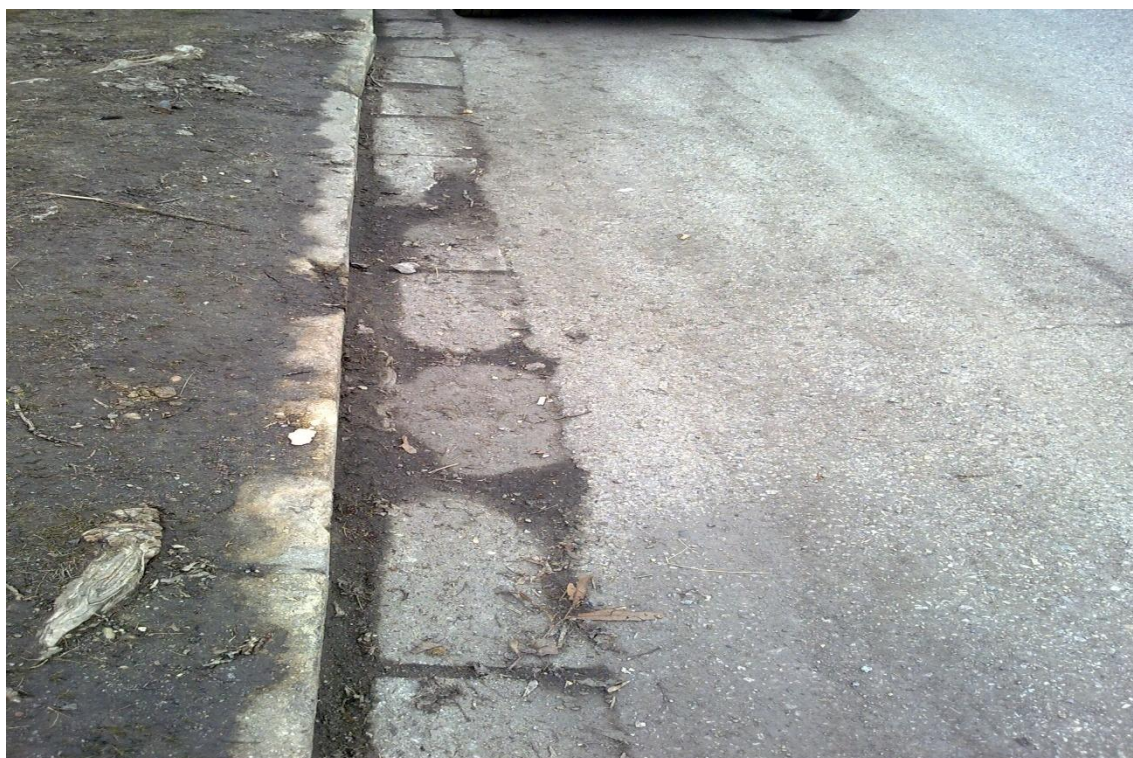
Měřicí místo se nachází na okraji sídliště Máj, provoz je zde silný ráno při přesunu lidí z okolních obcí od práce do města České Budějovice a odpoledne při jejich návratu zpět. V těsné blízkosti měřicího místa je výjezd ze stavby areálu JČU, nákladní vozy zde znečišťují komunikaci blátem, které odpadává z pneumatik, to se pak usazuje na krajnicích a na podélně zaparkovaných vozidlech, jsou zde i zřetelné zbytky inertního posypu po zimě. Vrstva usazených nečistot dosahuje vrstvy 0,3 – 0,7mm. Jednalo se převážně o minerální zrna s příměsí organické hmoty. Dále se v okolí měřicího místa vyskytuje řada vzrostlých listnatých stromů, které oddělují společně s parkovištěm komunikaci od panelových domů.



Obrázek 17 – Měřicí místo č. 2 – Branišovská ulice – Stavba areálu JČU – pohled na výjezd ze stavby



Obrázek 18 – Měřicí místo č. 2 – Branišovská ulice – Stavba areálu JČU – pohled na zaparkovaná vozila podél komunikace

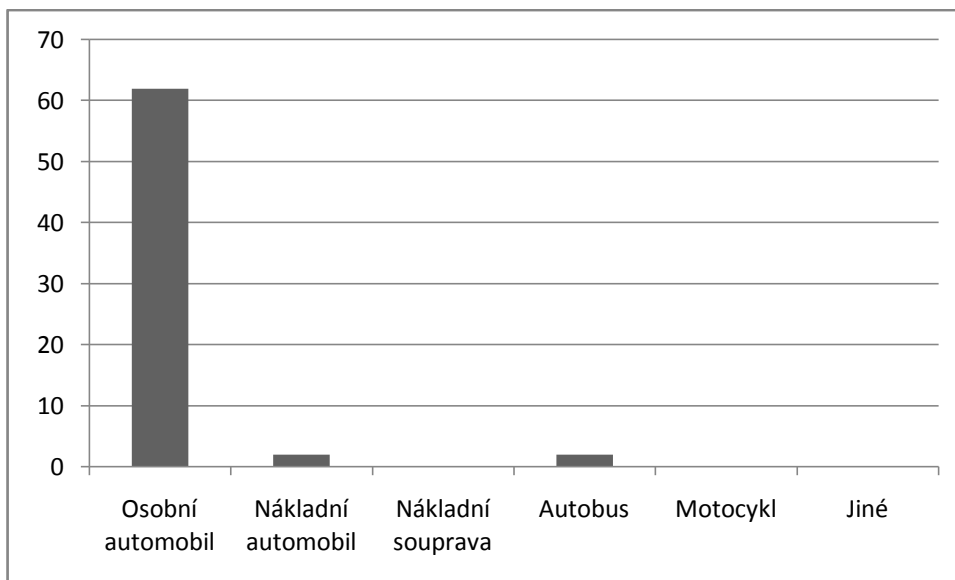


Obrázek 19 – Měřicí místo č. 2 – Branišovská ulice – Stavba areálu JČU – detail usazených nečistot na krajnici komunikace

4.2.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2

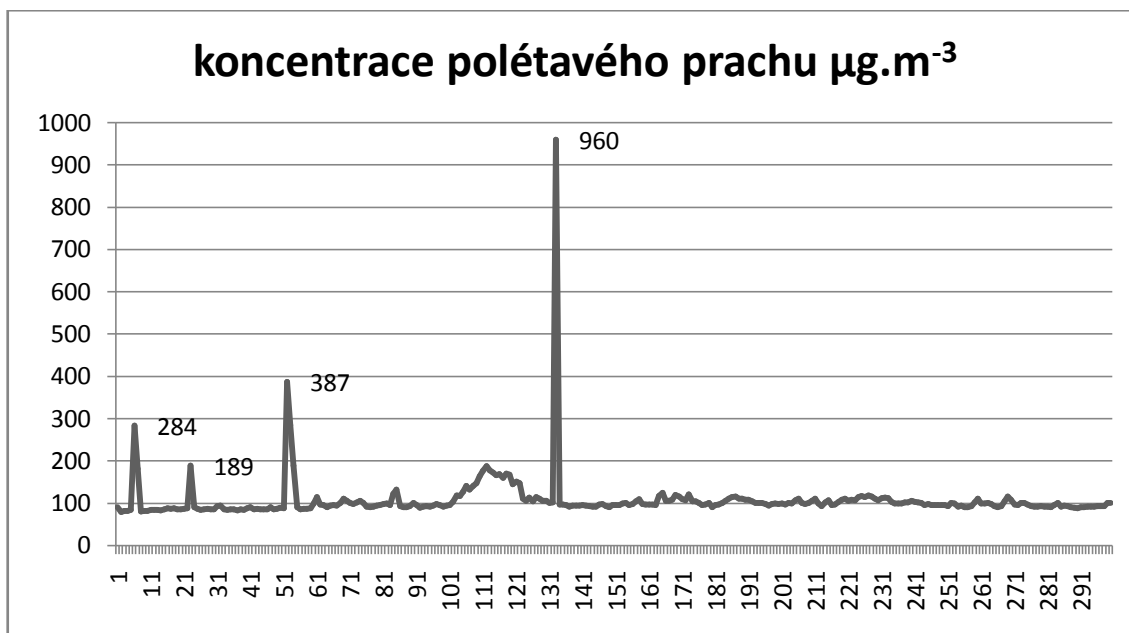
Tabulka 14 - Druh dopravy v měřicím místě č. 2

| Druh vozidla | Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou |
|--------------------|--|
| Osobní automobil | 62 |
| Nákladní automobil | 2 |
| Nákladní souprava | 0 |
| Autobus | 2 |
| Motocykl | 0 |
| Jiné | 0 |
| Celkem | 66 |



Graf 4 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č.2

4.2.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2



Graf 5 – Koncentrace polétavého prachu v měřicím místě č. 2

Tabulka 15 – průměrná, maximální a minimální hodnota koncentrace v měřicím místě č.2

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Průměrná hodnota koncentrace: | 101 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| Maximální hodnota koncentrace: | 960 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| Minimální hodnota koncentrace: | 79 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |

4.2.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 2

Průměrná hodnota koncentrace polévatého prachu zde dosahuje hodnoty 101 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tato hodnota je způsobena znečištěním komunikace z výjezdu ze stavby areálu JČU a dále zbytky inertního posypu. Nečistoty, které jsou usazeny na krajnicích vozovky, jsou neustále vířeny projíždějícími vozidly. Opět zde má vliv jaký druh dopravního prostředku místem projíždí, v grafu je zřetelně vidět, že v čase 2s a 21s projely místem autobusy, dále pak v čase 51s projel měřicím místem nákladní automobil. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána, když přímo ze stavby vyjel na komunikaci nákladní automobil.

4.2.5 NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 2

Značné zlepšení stávající situace se dá čekat s dokončením stavby areálu JČU, jelikož už v tomto místě nebude přímý zdroj znečištění. Do té doby by bylo potřeba mechanicky odstranit čistícími strojními zařízeními nečistoty usazené na krajnicích, dále by bylo potřeba vyčistit i podélná parkovací stání. Těmito kroky by se ulevilo obyvatelům přilehlých panelových domů. V tuto chvíli jim od zatížení prachem ulevuje pouze „hradba“ z listnatých stromů, které jsou již také poznamenány polévatým prachem a je na nich vidět prosychání.

4.3 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 3 – SILNICE I. TŘÍDY - E55 – U SJEZDU NA BORŠOV N./VLT.



Obrázek 20 – Mapa měřicího místa č. 3 – Silnice I. Třídy – E55 – U sjezdu na Boršov n./Vlt.

- Červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje
- Žluté plochy označují místo kde jsou na vozovce usazené nečistoty

4.3.1 POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 3

Tabulka 16 – Popis měřicího místa č. 3

| | | |
|-----|-------------------------------|---|
| a) | Datum a čas měření | 2.4.2013, 14:38 |
| b) | Teplota vzduchu při měření | 6,2°C |
| c) | Vlhkost vzduchu při měření | 35,8 % |
| d) | Rychlost větru při měření | 3,8 m.s ⁻¹ |
| e) | GPS souřadnice měřicího místa | 48° 55' 23.56", +14° 26' 35.91" |
| f) | Sklon vozovky | rovina |
| g) | Max. povolená rychlost | 90 km.h ⁻¹ |
| h) | Nejbližší obydlená oblast | 50 m rodinné domy za plotem a alejí smrků |
| ch) | Okolí měřicího místa | Křoviny, alej smrků podél komunikace, staveniště, čerpací stanice |
| i) | Povrch vozovky | Mírně poškozen, znečištění z vedlejší komunikace |

Měřicí místo se nachází u frekventované silnice I. Třídy E55, jedná se o hlavní silniční tah mezi Českými Budějovicemi a Českým Krumlovem, Kaplicí. Měřicí místo je v blízkosti napojení vedlejší komunikace k tomuto silničnímu tahu. Z této komunikace je zdroj znečištění ze staveniště a je zde i ve větší míře patrný inertní posyp. Vrstva usazených nečistot dosahuje hodnot od 0,4 do 0,9 mm. Kvůli vyšší rychlosti projíždějících vozidel dochází ke značnému víření těchto částic.



**Obrázek 21 – Měřicí místo č. 3 – Silnice I. Třídy – E55 – u sjezdu na Boršov n./vlt.
– pohled směrem od Českých Budějovic**

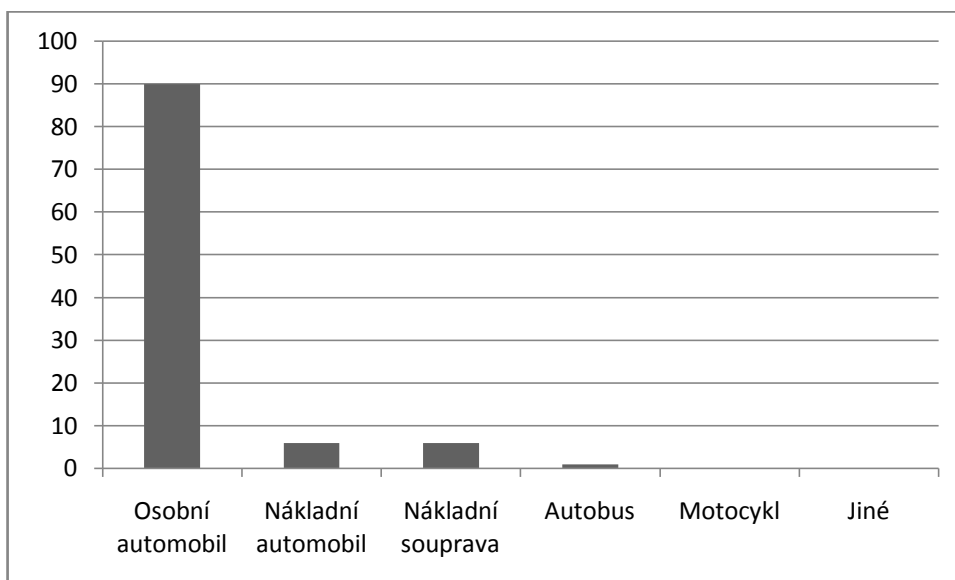


**Obrázek 22 – Měřicí místo č. 3 – Silnice I. Třídy – E55 – u sjezdu na Boršov n./vlt.-
pohled směrem k Českým Budějovicím, detail znečištění z vedlejší komunikace**

4.3.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3

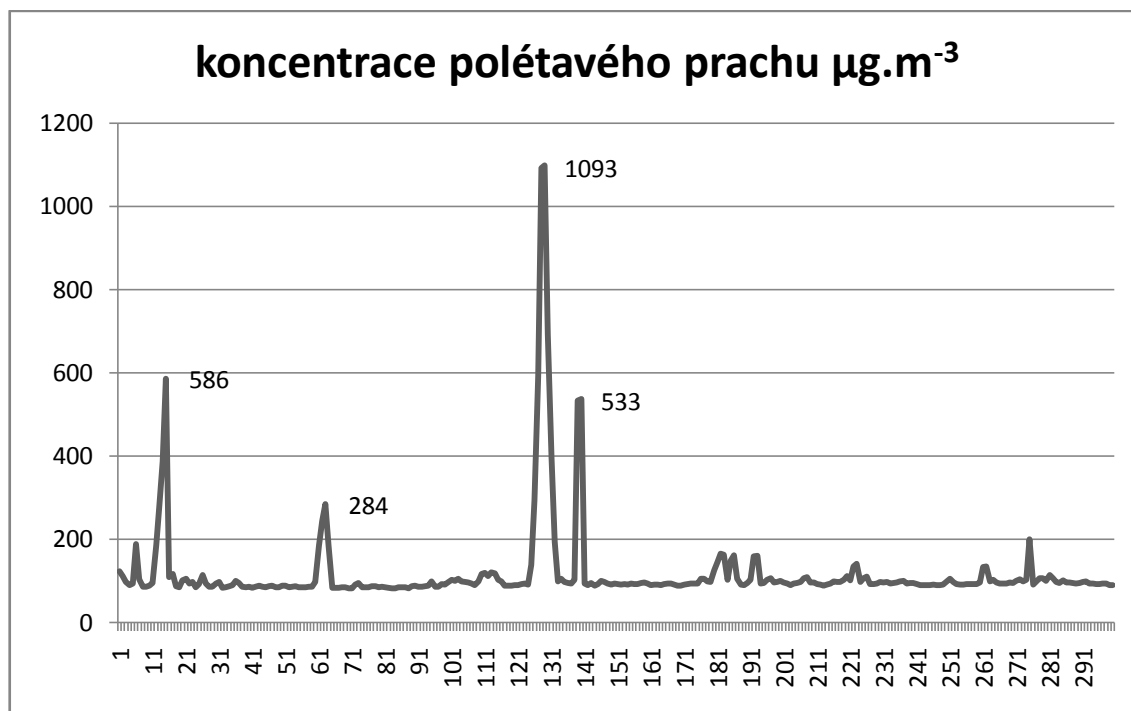
Tabulka 17 - Druh dopravy v měřícím místě č. 3

| Druh vozidla | Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou |
|--------------------|--|
| Osobní automobil | 90 |
| Nákladní automobil | 6 |
| Nákladní souprava | 6 |
| Autobus | 1 |
| Motocykl | 0 |
| Jiné | 0 |
| Celkem | 103 |



Graf 6 – Počet projíždějících vozidel v měřícím místě č. 3

4.3.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3



Graf 7 – Koncentrace polétavého prachu v měřicím místě č. 3

Tabulka 18 – průměrná, maximální a minimální hodnota koncentrace v měřicím místě č.3

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Průměrná hodnota koncentrace: | $99 \mu\text{g.m}^{-3}$ |
| Maximální hodnota koncentrace: | $1093 \mu\text{g.m}^{-3}$ |
| Minimální hodnota koncentrace: | $82 \mu\text{g.m}^{-3}$ |

4.3.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 3

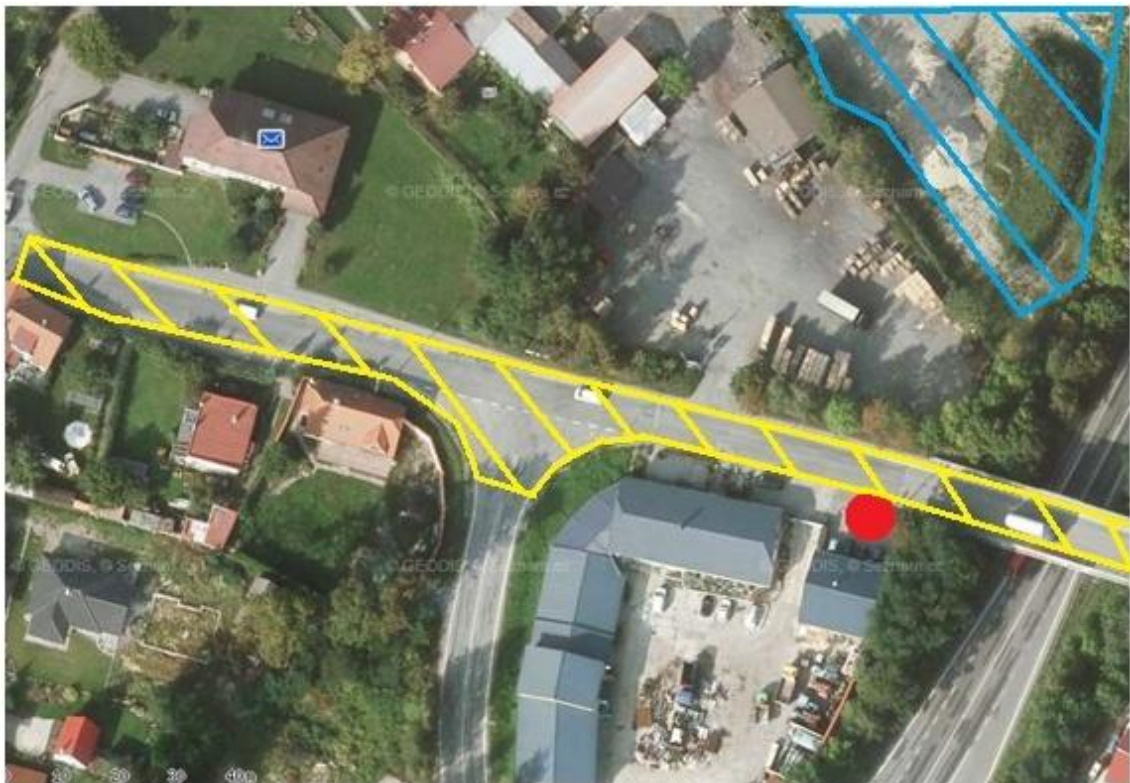
V tomto měřicím místě dosahuje průměrná hodnota zatížení polétavým prachem hodnoty $99 \mu\text{g.m}^{-3}$ což je méně než u předchozích dvou měřicích míst. Znečištění je zde usazeno na krajnicích, které jsou širší než u předchozích měřicích míst a proto dochází k většímu víření až projetím větších vozidel nebo přímým projetím přes usazené nečistoty. V grafu jsou zřetelné špičky, které zobrazují průjezdy větších vozidel. V čase

130s je zaznamenána nejvyšší hodnota, ta byla způsobena osobním vozidlem přijíždějícím od Českého Krumlova, které odbočovalo na účelovou komunikaci a značně tak způsobilo zviření usazených nečistot.

4.3.5 NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 3

V tomto měřicím místě by bylo potřeba použít čistící strojní a zametací zařízení, odstranit z krajnic komunikace usazené nečistoty, dále pak odstranit nečistoty z vedlejší komunikace, která vede ze stavby a připojuje se na hlavní silniční tah.

4.4 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 4 – SILNICE II. TŘÍDY – OBEC VČELNÁ



Obrázek 23 – Mapa měřicího místa č. 4 – Silnice II. Třídy – Obec Včelná

- Červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje.
- Žluté plochy označují místo kde jsou na vozovce usazené nečistoty
- Modrá plocha označuje primární zdroj znečištění – stavba

4.4.1 POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 4

Tabulka 19 – Popis měřicího místa č. 4

| | | |
|-----|-------------------------------|--|
| a) | Datum a čas měření | 2.4.2013, 14:17 |
| b) | Teplota vzduchu při měření | 5,5 °C |
| c) | Vlhkost vzduchu při měření | 36,6 % |
| d) | Rychlost větru při měření | 2,1 m.s ⁻¹ |
| e) | GPS souřadnice měřicího místa | 48° 55' 32.39", 14° 26' 44.41" |
| f) | Sklon vozovky | Mírné stoupání od obce Boršov n./vlt. |
| g) | Max. povolená rychlost | 50 km.h ⁻¹ |
| h) | Nejbližší obydlená oblast | Přímo u komunikace |
| ch) | Okolí měřicího místa | Stavba, parkoviště, most přes silnici E55, skladiště dřevěných palet |
| i) | Povrch vozovky | Silně poškozený |

Měřicí místo se nachází v obci Včelná u Českých Budějovic, v těsné blízkosti je most přes silnici E55, parkoviště, skladiště palet a v tuto dobu pro nás velice významný činitel a tím je stavba, na kterou se přivází zemina. Nákladní automobily zde významně znečišťují vozovku. V tomto místě jsou znečištěny nejen krajnice, ale i celá šíře vozovky. Vrstva nečistot zde dosahuje od 0,2 do 0,8 mm. Znečištění se skládá převážně ze zeminy z přilehlé stavby. Při každém projetí jakéhokoliv vozidla se zde zvedne velké množství prachu.



Obrázek 24 – Měřicí místo č. 4 – Silnice II. Třídy – Včelná – pohled na znečištěnou komunikaci a skladiště palet

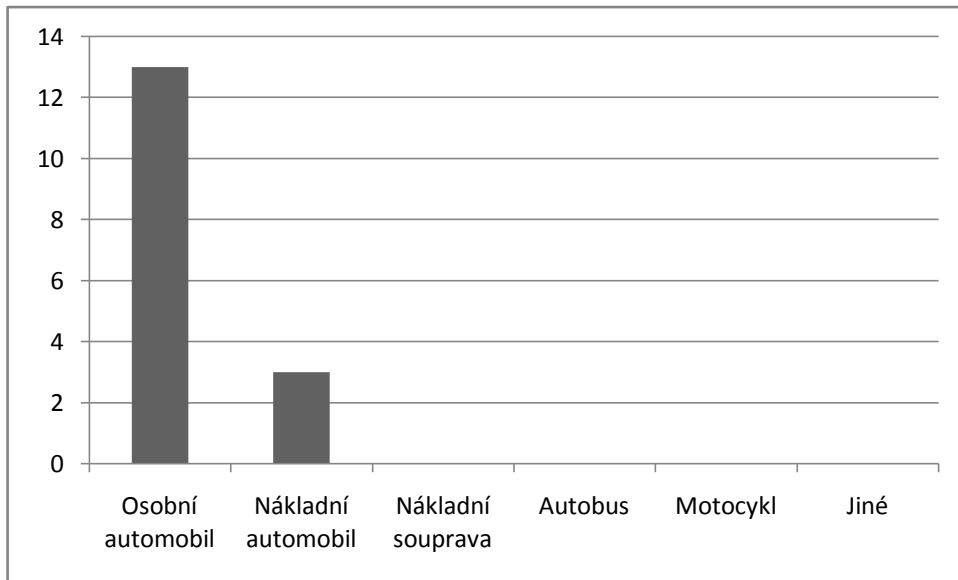


Obrázek 25 – Měřicí místo č. 4 – Silnice II. Třídy – Včelná – detail znečištěné komunikace

4.4.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4

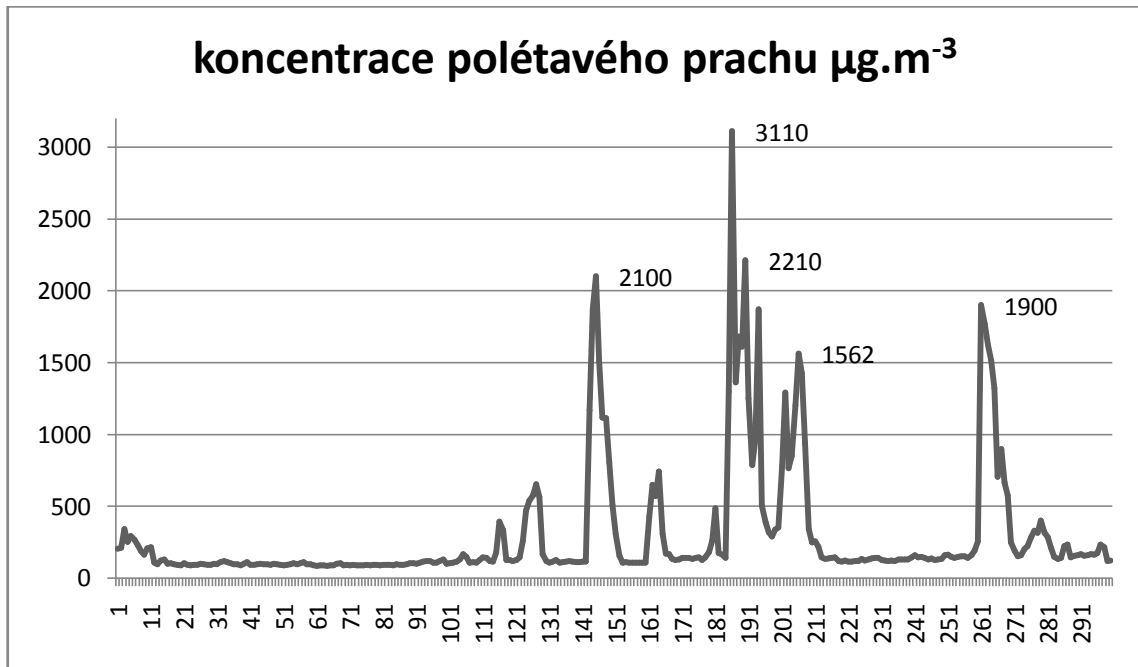
Tabulka 20 - Druh dopravy v měřicím místě č. 4

| Druh vozidla | Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou |
|--------------------|--|
| Osobní automobil | 13 |
| Nákladní automobil | 3 |
| Nákladní souprava | 0 |
| Autobus | 0 |
| Motocykl | 0 |
| Jiné | 0 |
| Celkem | 16 |



Graf 8 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č. 4

4.4.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4



Graf 9 – Koncentrace polétavého prachu v měřicím místě č. 4

Tabulka 21 – průměrná, maximální a minimální hodnota koncentrace v měřícím místě č.4

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Průměrná hodnota koncentrace: | 255 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| Maximální hodnota koncentrace: | 3110 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| Minimální hodnota koncentrace: | 84 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |

4.4.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 4

V tomto měřícím místě dosahuje koncentrace polétavého prachu vyšší hodnoty a to 255 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tato hodnota je způsobena značným znečištěním jak krajnic vozovky, tak i celé její šířky. Každým průjezdem vozidla je tak způsobeno víření usazených nečistot. Velký vliv má zde i rychlost vozidel, která je sice omezena na 50 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, ale při průběhu měření se zde dalo i pouhým okem rozeznat, že některá vozidla tuto rychlost nedodržují. Nejvyšší hodnota zde byla zaznamenána v čase 191s (3110 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a tu způsobilo rychle jedoucí nákladní vozidlo, které shodou náhod zrovna jelo i ze stavby, ze které převážná část znečištění pochází.

4.4.5 NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 4

V tomto místě, stejně jako v měřícím místě č. 2 dojde ke značnému zlepšení situace dokončením stavebních prací na nedaleké stavbě. Do té doby by bylo potřeba použít alespoň 1x týdně čistící strojní zařízení k mechanickému odstranění usazených nečistot.

4.5 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 5 – SILNICE II. TŘÍDY – U VÝROBNY BETONOVÝCH SMĚSÍ SMĚREM NA BRANIŠOV



**Obrázek 26 – Mapa měřicího místa č. 5 – Silnice III. Třídy – u výroby
betonových směsí směrem na Branišov**

- Červený bod na mapě vyznačuje umístění měřicího přístroje
- Žluté plochy označují místo kde jsou na vozovce usazené nečistoty
- Modré plochy vyznačují zdroje znečištění (výrobna betonových směsí, skládka hlíny, pole)

4.5.1 POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 5

Tabulka 22 – Popis měřicího místa č. 5

| | | |
|-----|-------------------------------|--|
| a) | Datum a čas měření | 2.4.2013, 13:25 |
| b) | Teplota vzduchu při měření | 5,1 °C |
| c) | Vlhkost vzduchu při měření | 37,6 % |
| d) | Rychlost větru při měření | 1,3 m.s ⁻¹ |
| e) | GPS souřadnice měřicího místa | 48° 58' 39.76", 14° 24' 58.97" |
| f) | Sklon vozovky | Mírné stoupání od Českých Budějovic |
| g) | Max. povolená rychlost | 50 km.h ⁻¹ |
| h) | Nejbližší obydlená oblast | 200 m bytové domy |
| ch) | Okolí měřicího místa | Zorané pole, smíšený les, skládka hlíny, výjezd z výroby betonových směsí |
| i) | Povrch vozovky | V dobrém stavu, slabé znečištění hlínou a materiálem z výroby betonových směsí |

Toto měřicí místo se nachází na výjezdu z Českých Budějovic na Branišovské ulici, jak již jsem uvedl v popisu měřicího místa č. 1 je zde silný provoz ráno při přesunu lidí z okolních obcí od práce do města České Budějovice a odpoledne při jejich návratu zpět. V okolí je zorané pole, smíšený les, výjezd ze skládky hlíny a výjezd z výroby betonových směsí. Obytná zástavba je až ve vzdálenosti 200 m. Silnice je nejvíce znečišťována nákladními automobily, která vyjíždějí z výroby betonových směsí, dále je znečišťována vozidly, která vyjíždějí ze skládky hlíny a v neposlední řadě je tato komunikace znečišťována zemědělskými stroji, které vyjíždějí z přilehlého pole. Vrstva nečistot je zde od 0,1 do 0,2 mm. Nečistoty se skládají převážně ze surovin, které se používají v areálu výroby betonových směsí, dále pak z hlíny.



Obrázek 27 – Měřicí místo č. 5 – Silnice II. Třídy – U výroby betonových směsí směrem na Branišov – pohled na skládku zeminy a její výjezd

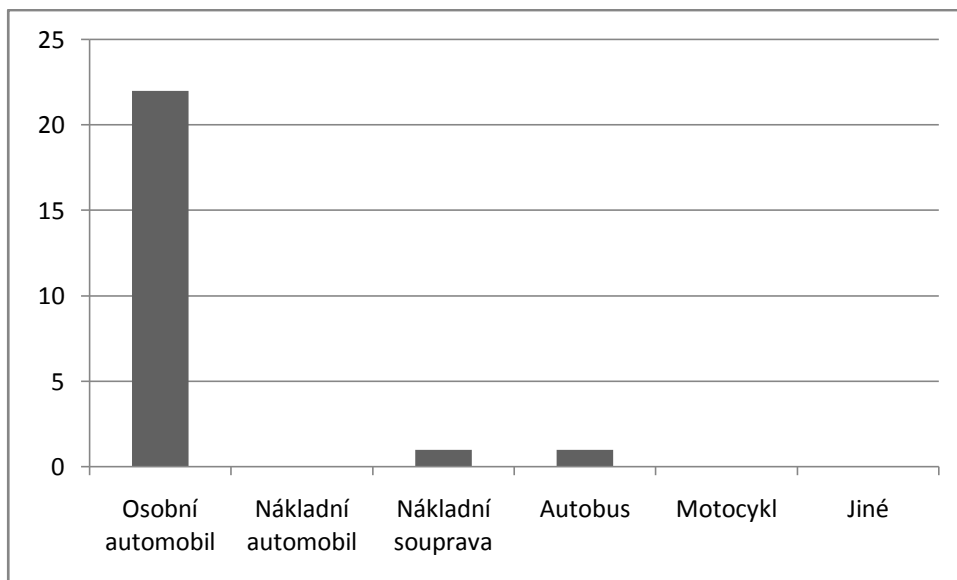


Obrázek 28 – Měřicí místo č. 5 – Silnice II. Třídy – U výroby betonových směsí směrem na Branišov – pohled na výjezd z polní cesty a přilehlé pole

4.5.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5

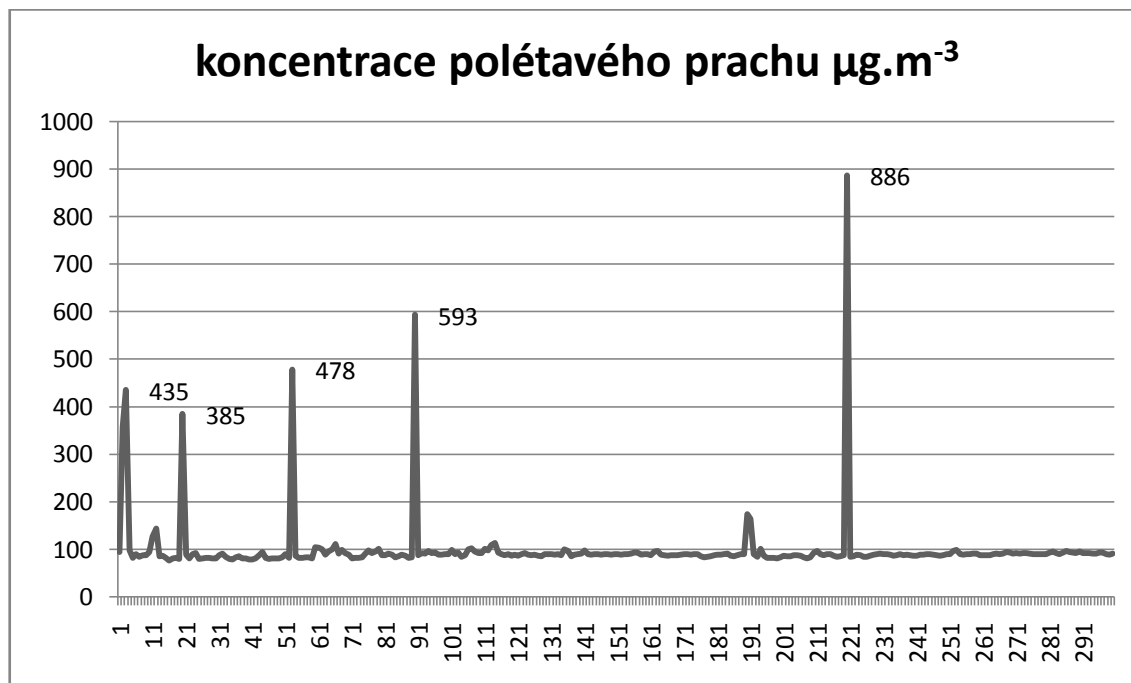
Tabulka 23 - Druh dopravy v měřicím místě č. 5

| Druh vozidla | Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou |
|--------------------|--|
| Osobní automobil | 22 |
| Nákladní automobil | 0 |
| Nákladní souprava | 1 |
| Autobus | 1 |
| Motocykl | 0 |
| Jiné | 0 |
| Celkem | 23 |



Graf 10 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č.5

4.5.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ V MĚŘICÍM MÍSTĚ Č. 5



Graf 11 – Koncentrace polétavého prachu v měřicím místě č. 5

Tabulka 24 – průměrná, maximální a minimální hodnota koncentrace v měřicím místě č.5

| | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Průměrná hodnota koncentrace: | 91 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| Maximální hodnota koncentrace: | 886 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |
| Minimální hodnota koncentrace: | 76 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |

4.5.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 5

Průměrná hodnota koncentrace polévatého prachu v tomto měřicím místě dosahuje hodnoty 91 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V tomto místě jsou krajnice velice úzké, proto jsou nečistoty zachyceny ve vegetaci v příkopu u silnice a z těch nedochází k tak velkému víření. Dále zde má vliv zorané pole, ze kterého jsou unášeny částičky hlíny, ale největší vliv zde mají nákladní soupravy vyjíždějící z výroby betonových směsí, které mají pneumatiky znečištěny z areálu. To je opět vidět v grafu, kde byla v tomto případě zaznamenána nejvyšší hodnota 886 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

4.5.5 NÁVRH OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 5

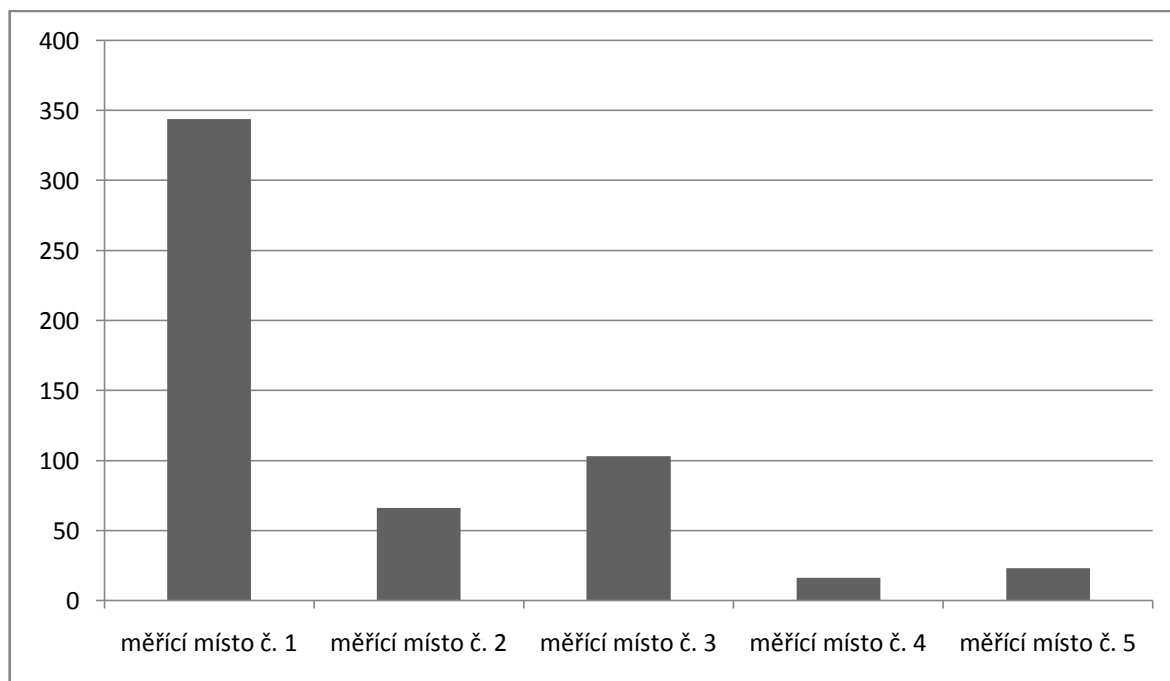
V tomto místě by bylo nejúčinnějším opatřením vybudovat na výjezdu z výroby betonových směsí nějaké zařízení, které by opláchlo tlakovou vodou nečistoty z pneumatik a podvozků nákladních vozidel. Dále by zde pomohlo zrušit skládku hlíny a v neposlední řadě vysázet např. křovinný pás mezi zoraným polem a silnicí aby nedocházelo k víření zorané půdy.

5 ZÁVĚR

5.1 POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘÍCÍCH MÍST Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

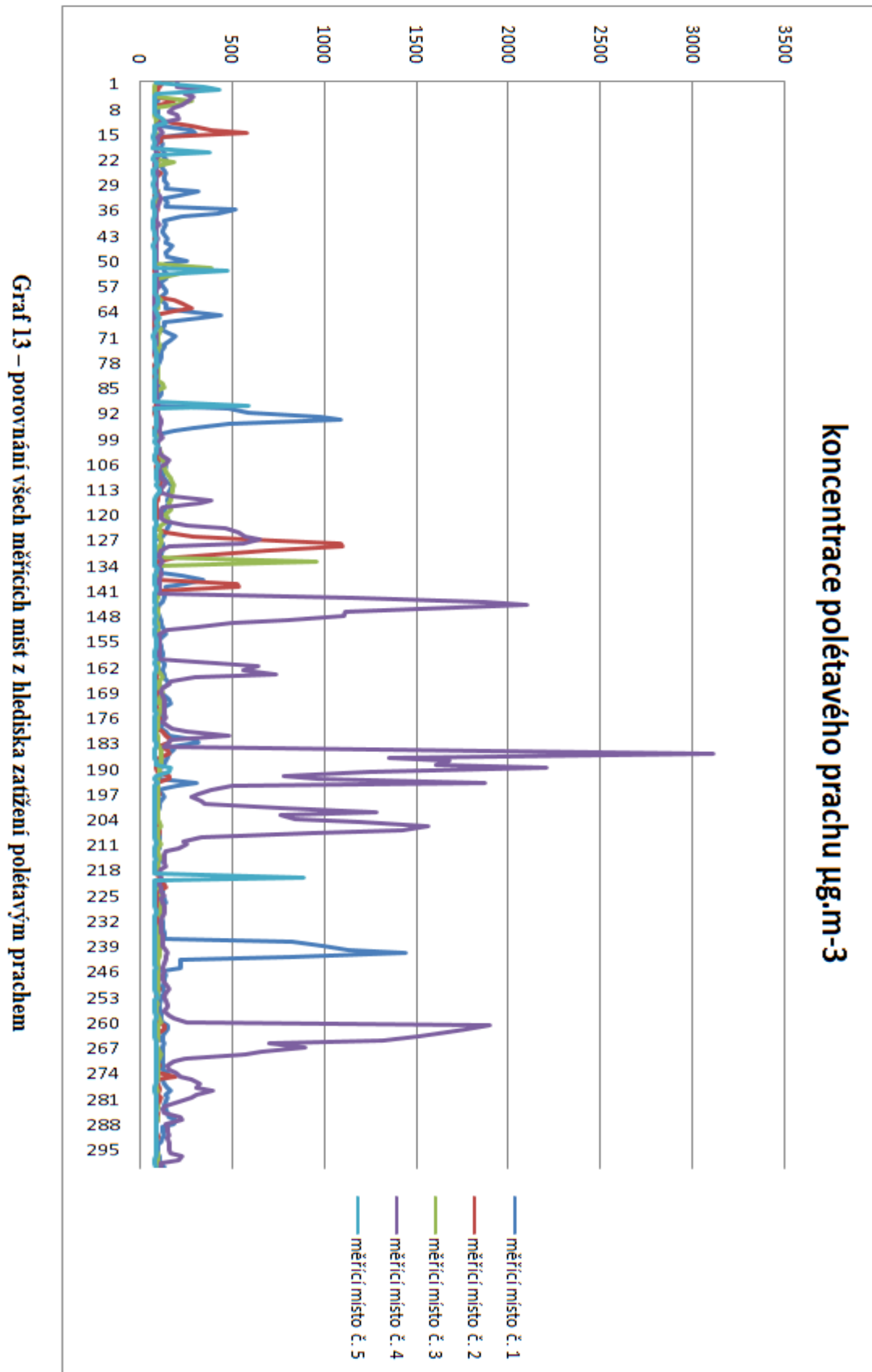
Tabulka 25 – Porovnání všech měřících míst z hlediska zatížení dopravou

| Měřící místo č.: | Osobní automobil | Nákladní automobil | Nákladní souprava | Autobus | Motocykl | Jiné | Celkem |
|------------------|------------------|--------------------|-------------------|---------|----------|------|------------|
| 1 | 326 | 8 | 5 | 5 | 0 | 0 | 344 |
| 2 | 62 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 66 |
| 3 | 90 | 6 | 6 | 1 | 0 | 0 | 103 |
| 4 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| 5 | 22 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 23 |



Graf 12 – porovnání všech měřících míst z hlediska zatížení dopravou

5.2 POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘICÍCH MÍST Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ PRACHEM



5.3 ROZBOR VŠECH VÝSLEDKŮ

Ze všech výsledků měření je patrné, že největší vliv na koncentraci poléťavého prachu v daném prostředí mají nečistoty usazené na vozovce, jejích částech nebo krajnicích. Proto je velice důležité provádět pravidelně čištění strojními čistícími a zametacími zařízeními a to nejen v okolí primárních zdrojů znečištění jako jsou stavby, výjezdy ze skládek nebo pole, ale i na všech okolních komunikacích např. ve městech. Jak bylo zjištěno, zdrojem prachu je i samotný povrch vozovky, který je bohužel na většině území České Republiky, ve velice špatném stavu. Špatný technický stav vozovky způsobuje uvolňování zrn z jejího povrchu a tato minerální zrna se usazují na krajnicích spolu s ostatními nečistotami. S poškozením povrchu vozovky souvisí ještě to, že když vozidla po takovémto povrchu projíždějí, dochází k vibracím, z vozidel pak odpadávají nečistoty, které mají nalepené například na pneumatikách, podvozku nebo jiných částech karoserie. Podle zákona je řidič povinen očistit vozidlo před vjezdem na pozemní komunikaci, a pokud již dojde k znečištění, je povinen zajistit její očištění. Bohužel to však v praxi často nefunguje, proto by bylo dobré například k velkým zdrojům nečištění nainstalovat nějaké automatické čistící zařízení, přes které by znečištěný automobil pomalu projel a to by ho tlakovou vodou zbavilo nečistot z pneumatik, podvozku a karoserie. K dalšímu zdroji nečistot po zimě patří inertní posyp, jeho výrobci sice uvádějí, že samotný inertní posyp nezpůsobuje zatížení poléťavým prachem, ale praxe je taková, že když dopravní prostředky tento posyp „rozjezdí“, zmenší tak jeho zrna a ty už pak mají docela významný vliv na hodnoty poléťavého prachu v ovzduší. K pozitivním vlastnostem vozovky patří tzv. „samočisticí“ schopnost, tu lze definovat tím, že vozidla svým průjezdem odstraní nečistoty z jízdni dráhy na krajnice, dále pak velkým pomocníkem proti prašnosti je déšť, který z vozovky usazené nečistoty spláchne. Ale není možné čekat a využívat tuto vlastnost a je naopak nutné, jak již bylo zmíněno, napomoci v prevenci před znečištěním a využívat strojní odstranění nečistot. Protože poléťavý prach je nebezpečný nejen pro lidi a způsobuje jim závažné zdravotní problémy, ale působí i na rostliny, které usychají, pokud se prach usazuje na listech pravidelně. Tato práce ukázala, že poléťavý prach je v oblasti silniční dopravy nezanedbatelným rizikem. Z hlediska podstaty silniční dopravy, která využívá rozmanitých dopravních tras v rozmanitém prostředí, nelze prach zcela odstranit. Tato skutečnost byla diplomovou prací prokázána

a rozhodně by se neměla podceňovat. Je velmi žádoucí investovat do systému protiprachové ochrany, kterým by se předešlo vzniku, resp., aby jeho koncentrace byla co možná nejnižší. Systém by se měl opírat o stávající legislativu v oblasti silničního provozu, komplexní údržbu dopravních tras ve všech kategoriích a účelovosti, o architekturu obcí z hlediska stromových a keřových porostů, o výběr a zavedení strojních zařízení pro čištění povrchů dopravních tras a o výchovu řidičů ve prospěch eliminace odpadu potenciálních prachových částic z vozidel.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ADAMEC, V. a kol. – Doprava, zdraví a životní prostředí, GRADA, Praha 2008, 160s.
- [2] ADAMEC, V. a kol.: DÚ 04 – Analýza toxických a genotoxických účinků reálných směsí emitovaných z dopravy, 2004
- [3] ADAMEC, V., POSPÍŠIL, J., LIČBINSKÝ, R., HUZÍK J., JÍCHA, M. - Metodický pokyn ke snižování prašnosti z dopravy, prašnost dopravy a její vlivy na imisní zatížení ovzduší suspendovanými částicemi, 2008, 19s.
- [4] Air Quality Guidelines for Europe (Regionální publikace WHO, Evropská řada č. 23), 1987.
- [5] CELJAK, I. – Komunální technika, čistící a zametací zařízení, 8/2012
- [6] CELJAK, I. - Zásady provádění měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu monitorem dusttrak 8530, 2011
- [7] ČHMÚ (2005): Groc2005 kap26 cz [online, cit. 2009-02-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr05cz/kap26.html>>
- [8] 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>>
- [9] 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>>.
- [10] ČSN EN 13241 Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM10 aerosolových částic – Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody, ČNI Praha 2000.
- [11] ČSN EN 13284–1 Stacionární zdroje emisí – Stanovení nízkých hmotnostních koncentrací prachu – Manuální gravimetrická metoda, ČNI Praha 2002.
- [12] ČSN ISO 4225 Kvalita ovzduší – Obecná hlediska – Slovník, ČNI Praha 1997

- [13] ČSN ISO 7708 Kvalita ovzduší – Definice velikostních frakcí částic pro odběr vzorků k hodnocení zdravotních rizik, ČNI Praha 1998.
- [14] HOLOUBEK, I. et al. 2000: Polychlorinated Biphenyls (PCBs) - World-Wide Contaminated Sites. TOCOEN Rep. No. 173, Brno, May 2000.
- [15] HOUGHTON, J.: Globální oteplování, Academia, Praha 1998
- [16] HŮNOVÁ, I., JANOUŠKOVÁ, S.: Úvod do problematiky znečištění venkovního prostředí, Univerzita Karlova, Praha 2004
- [17] Imisní limity (2002): Imisní limity [online, cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.chrnu.cz/uoco/limit/legisl.html>>.
- [18] KALČINSKÁ, J. – Monitorování životního prostředí. 1. Vydání, Ostrava 2006, 88s
- [19] KURFÜRST, J.: Klasifikace ochrany ovzduší. Podnik a životní prostředí. Raabe, 1998
- [20] MACHÁLEK, P. (2003): Emise tuhých znečišťujících látek : Toxikologicky závažné látky \ 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/dpldod.pdf>.
- [21] MC DONALD, A. G. et al - Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations. Atmospheric Environment. 41(38): 8455–8467, 2007
- [22] Nařízení vlády č. 597/2006
- [23] 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_number=597/2006&PC_8411_p=P%F8%ED1.6&PC_8411_1=597/2006&PC_8411_ps=10#10821>
- [24] Regulations (EC) No. 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European pollutant release and transfer register and amending Council directives 91/689/EEC and 96/61/EC.

[25] SCF 2002: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – Occurrence in foods, dietary exposure and health effects, SCF/CS/CNTM/PAH/29 ADD1 Final, prosinec 2002

[26] 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>>

[27] WHO 1998: Vyhodnocení zdravotního rizika dioxinů. Přehodnocení přípustného denního příjmu (TDI). Konzultace WHO 25. - 29. května 1998, Ženeva, Švýcarsko
Evropské centrum pro životní prostředí a zdraví při WHO. Mezinárodní program pro chemickou bezpečnost.

[28] Zákon o ochraně ovzduší 86/2002

6.1 INTERNET

[29] <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach-%E2%80%93-neviditelna-hrozba/>

[30] http://www.aureamedica.ic.cz/v_dychani.html

[31] <http://www.cng.cz/cs/237-589/>

[32] <http://www.conrad.hu/conrad.php?name=Products&pid=101040>

[33] <http://www.croy.cz/pracovni-a-ucelove-nastavby/faun/zametaci-stroje/>

[34] <http://www.dpfe.cz/o-filtru-pevnych-castic>

[35] <http://www.tsi.com/dusttrak-ii-aerosol-monitor-8530/>

[36] <http://www.zbozi.cz/vyrobek/asus-k55vj-sx069h/>

[37] <http://www.karcher.cz/vyrobky>