

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Katedra dopravní a manipulační prostředky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Jiří Skalička

2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří SKALIČKA**
Osobní číslo: **Z11106**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Analýza hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je provedení měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí a získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů.

Metodický postup:

1. Rešerše z oblasti sledování úrovně znečištění ovzduší polétavým prachem;
2. Vypracování zásad pro provádění měření koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě;
3. Měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na charakteru dopravní trasy;
4. Měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na kategorii dopravních zařízení a v závislosti na charakteru provozu;
5. Vypracování souhrnu poznatků na základě naměřených hodnot hmotnostní koncentrace polétavého prachu v závislosti na charakteru dopravní trasy a kategorii vozidel.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **60 - 80 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

Adamec, V. a kol.: **Doprava, zdraví a životní prostředí**, GRADA, Praha 2008, 160 s.;

Celjak, I.: **Dopravní a manipulační zařízení**, interní učební text pro e-čtečky, ZF, JU v Č.Budějovicích, 2010, 112 s.;

Celjak, I.: **Metodika měření hmotnostní koncentrace polévatvého prachu v silniční dopravě**, ZF, Jihočeská univerzita v Č.Budějovicích, 2011, 16 s.;


Dufek, J., Huzlík, J.: **Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice**, Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001, 21 s.;

Fiala, J., Horálek, J.: **Znečištění ovzduší částicemi aerosolu na dopravu ovlivněných stanicích**, *Ochrana ovzduší*, 2003, roč. XV., č. 2, s. 3-4, ISSN 1211-0337;


Zákon 56/2001 o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích;
Zákon 361/2000 o provozu na pozemních komunikacích;
Narizení vlády č.24/2003 Sb., o základních požadavcích na ochranu zdraví a bezpečnosti při konstrukci a výrobě strojních zařízení.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**


Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 2. března 2012

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 6. dubna 2013

.....
Jiří Skalička

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Ivo Celjakovi, CSc. za ochotu, cenné připomínky, rady a pomoc při zpracování této práce.

Abstrakt

Cílem mé práce je provedení měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí a charakteru dopravní trasy. V práci je uveden přehled naměřených hodnot z jednotlivých míst měření, která se lišila v intenzitě provozu a ve velikosti zdrojů prachových částic. Měřením jsou získány objektivní informace o skutečném vlivu pohybu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů.

Klíčová slova: prachové částice, dopravní trasa, vozidla, znečištění.

Abstract

The goal of my thesis is to measure the mass concentration of airborne dust in the road traffic, in relation to the nature of the traffic environment and transport routes. The paper provides an overview of the measured values from the individual measuring points, which differed in the intensity of traffic and the size of dust sources. Objective information are obtained with the measurements, about the actual impact of air pollution by emissions from non-combustion processes, on the movement of vehicles in road traffic.

Keywords: dust particles, transportation route, pollution

Obsah

0. Úvod.....	8
1. Přehled současného stavu v oblasti řešené problematiky	10
1.1 Zdroje emisí pevných částic.....	10
1.2 Příčiny vzniku polétavého prachu.....	11
1.3 Vliv polétavého prachu na lidský organismus	12
2. Základní názvosloví s vazbou na řešenou problematiku	14
2.1 Polétavý prach.....	14
2.1.1 Znečišťující látky v ovzduší	14
2.1.1.1 Saze.....	14
2.1.1.2 Minerální částice.....	15
2.1.1.3 Ostatní částice	15
2.2 Emisní limit.....	15
2.3 Znečištění ovzduší.....	16
2.3.1 Znečišťující tuhé látky v ovzduší	17
2.3.1.1 Znečištění oxidy dusíku	19
2.3.1.2 Znečištění oxidem siřičitým.....	19
2.4 Ochrana ovzduší před polétavým prachem v české legislativě.....	20
2.4.1 Imisní limity pro polétavý prach v České republice.....	20
2.5 Dopravní trasa	21
2.6 Dopravní zařízení	21
2.7 Vozovkové znečištění	21
2.8 Zpevnění dopravní trasy.....	22
2.9 Kategorie vozidel	22
2.9.1 Kategorie M.....	22
2.9.2 Kategorie N	23
2.9.3 Kategorie T	23

3. Měření.....	24
3.1 Cíl měření.....	24
3.2 Metodika měření	24
3.2.1 Přístroje pro měření	25
3.2.2 Princip měření	26
3.2.3 Podmínky při měření	26
3.2.3.1 Specifické podmínky	26
3.2.3.2 Období měření	27
3.3 Výběr místa měření	28
3.3.1 Základní místa pro měření prachových částic	28
3.3.2 Specifická místa měření	28
3.4 Vlastí měření	28
3.4.1 Místa měření	28
3.4.1.1 Vybrané lokality	29
4. Diskuse.....	37
5. Závěr	39
Použitá literatura	42
Seznam tabulek.....	44
Seznam obrázků.....	44

0. Úvod

V dnešní době se na úroveň znečištění ovzduší podílí mnoho faktorů. Prachové částice jsou významnou složkou znečištění atmosféry, která se významně podílí na škodlivém působení na zdraví živých organismů. Největším zdrojem prachových částic (i jedovatých) představuje doprava a spalovací procesy, které jsou nezbytnou součástí technologických činností.

Těmito činnostmi jsou ve velké míře tepelné elektrárny využívající spalování pevných paliv, teplárny na výrobu tepelné energie a také i spalovny komunálního odpadu. Dalším zdrojem nečistot v ovzduší jsou motorová vozidla při pohybu na dopravních trasách využívající energii ze spalovacích procesů v motorech. Tím jsou všechna motorová vozidla využívající se ve všech oblastech výroby a služeb (komunální sféra, nákladní sféra, zemědělská a lesnická výroba), speciální strojní zařízení využívající se při dobývání nerostných surovin (drtiče, třídiče kameniva, explozivní rozpojování). Další kategorií jsou manipulační zařízení (nakladače, jeřáby, dopravníky) jejichž pracovní adaptéry jsou poháněny spalovacími motory. Na znečištění ovzduší se podílí také částice, které vznikají větrným odnosem ze stavenišť, ze skládek, z nezpevněných polních komunikací a dalších podobných míst, která vznikla lidskou činností. Příčinou znečištění ovzduší přírodními procesy může být chemické, fyzikální nebo biologické. Mohou to být zrna z větrných erozí půdy, z míst obvykle pokrytých řídkou vegetací, nebo naopak zcela bez pokryvu (poušť, lom). Dalšími přírodními zdroji látek, které znečišťují ovzduší, ale neprodukují prachové částice jsou plyny, například metan, který je uvolňován při hnití biomasy nebo při trávení potravy zvířat. Dalším přírodním zdrojem je radioaktivní radon, který se uvolňuje ze zemské kůry. Také některé dřeviny, plodiny a ovoce uvolňují těkavé látky (borovice, topol, kukuřice a druhy ovoce a zeleniny).

Z uvedeného vyplývá, že prostředí v každém městě či obci je ovlivňováno mnoha zdroji znečištění, které produkují rozmanité množství prachových částic (znečišťujících látek). Tyto látky mají rozmanitý účinek a dobu trvání, kdy působí na obyvatele daného města (obce). Znečišťující látkou je jakékoliv látka vnesená do vnějšího ovzduší nebo v něm druhotně vznikající, která má přímo, a nebo může mít po fyzikální nebo chemické

přeměně škodlivý vliv na život a zdraví lidí a zvířat, na životní prostředí, na klimatický systém Země nebo na hmotný majetek (Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, § 2, odst. b). Emise prachových částic patří k nejrozšířenějším škodlivinám, se kterými se obyvatelé měst a obcí setkávají v běžném životě.

V obcích i mimo obce lze nalézt rozmanité dopravní trasy. Jsou to rozmanité silnice, polní cesty a účelové cesty. Tyto cesty jsou určeny například k dopravě z přilehlých pozemků a na ně, spojují zemědělské usedlosti, sklady nebo samostatné výrobní objekty v jedné obci nebo ve více obcích. Spojují zemědělské farmy se silnicemi nebo místními cestami, soustřeďují dopravu z polních cest vedlejších a jsou napojeny na místní cesty nebo na silnice, slouží k dopravnímu spojení jednotlivých nemovitostí podle potřeby vlastníků těchto nemovitostí, slouží ke spojení těchto nemovitostí s ostatními cestami nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků.

Význam práce spočívá v získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu dopravních zařízení (silničních vozidel) v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů. Významnou zátěž ovzduší představuje zvíření prachových částic deponovaných na vozovce (vozovkový prach) a v jejím blízkém okolí, které je iniciováno projíždějícími vozidly vlivem pohybu kol, turbulencí kolem rotujících částí vozidel a pohybem vzduchu za vozidlem a podél vozidla.

1. Přehled současného stavu v oblasti řešené problematiky

1.1 Zdroje emisí pevných částic

Hlavním zdrojem emisí pevných částic ve frakci PM₁₀ v městském prostředí je silniční doprava. Částice produkované automobilovou dopravou vznikají jak přímo při spalovacích procesech v automobilových motorech (tj. částice obsažené přímo ve výfukových plynech (1), tak mechanickým obrusem různých částí vozidel (pneumatiky, brzdové a spojkové obložení apod.), korozí karosérie nebo doprovodného zařízení (svodidla, dopravní značky) nebo resuspenzí (2,3). Na emisích částic z dopravy se podílí i posypové materiály a částice, které sedimentují na povrchu silnice z různých blízkých či vzdálených zdrojů, a jsou následně nesuspendovány provozem automobilů nebo větrem. PM obsažené ve výfukových plynech (tj. vzniklé spalováním paliva) se nachází převážně v jemné frakci aerosolů (PM_{2.5}), zatímco abrazní a resuspenzní procesy produkují většinou částice v rozmezí velikostí 2.5-10 μm (PM_{2.5-10}).

Resuspenze je proces, při němž se prachové částice původně deponované na zemském či jiném povrchu (např. půda, chodníky, silnice, střechy budov, okenní parapety atd.) dostávají zpět do vzduchu vlivem turbulence způsobené automobilovou dopravou nebo působením větru. Resuspenze prachových částic přispívá významně k obsahu TSP a PM₁₀ ve vzduchu (4). Uvádí se, že resuspendované částice tvoří až 60 % frakce PM₁₀. Resuspendované částice obsahují pouliční prach z komunikací a nejbližšího okolí nashromážděný zde v důsledku silniční dopravy, z konstrukčních materiálů silnic, vodní nebo větrné eroze a atmosférickou depozicí (5). Resuspenze vzrůstá s třecí rychlostí a průměrem částic a klesá s časem, hustotou částic a drsností povrchu. Resuspenze prostřednictvím automobilové dopravy závisí na specifických lokálních podmínkách, tj. povrchu silnice, rychlosti jízdy, hmotnosti automobilů a vlhkosti vzduchu (6). Za předpokladu, že emise PM ve výfukových plynech se nachází převážně v jemné frakci PM_{2.5} a další procesy emitují částice ve frakci PM_{2.5-10}, lze srovnat relativní příspěvky z různých dopravních zdrojů k emisi hrubých částic. Ve vztahu k celkové emisi částic PM_{2.5-10}, abrazní procesy jsou zodpovědné za 44-57 % celkových emisí hrubých částic, zatímco resuspenze je zodpovědná za emisi zbylých

43-56 % hrubých částic. Příspěvek k celkové emisi částic ve frakci PM 2.5-10 vyplývající z kombinace resuspenze a otěru povrchu silnic je 59-67 % (6). Navzdory vzrůstajícímu počtu studií zaměřených na kvantifikaci emise částic resuspenzí, publikované odhady jsou velmi proměnlivé v důsledku obtížností přímého měření.

Jak vyplývá z mnoha studií, nebezpečí resuspendovaného prachu je způsobeno jeho obohacením mnoha rizikovými prvky, které jsou emitovány jinými antropogenními zdroji (7,8). Polutanty vázané na povrchu aerosolových částic po jejich sedimentaci jsou větrem nebo provozem automobilů opět suspendovány do vzduchu a následně částice opět sedimentují. Tato recyklace vede k postupnému obohacování polutantů v pouličním prachu.

1.2 Příčiny vzniku polétavého prachu

Polétavý prach v malém množství vzniká přirozeně v přírodě, například při sopečných erupcích nebo lesních požárech. V současné době vzniká ale polétavý prach především jako negativní produkt lidské činnosti. K jeho nadměrnému vytváření dochází především různými spalovacími procesy.

Nadměrnou produkci polétavého prachu způsobuje

- nárůst automobilové dopravy
- domácí vytápění nekvalitními tuhými palivy
- spalování odpadů
- tepelné elektrárny
- těžební činnost
- tavení rud a kovů
- odnos částic půdy větrem z ploch bez vegetačního pokryvu

1.3 Vliv polétavého prachu na lidský organismus

Inhalace PM10 poškozuje hlavně kardiovaskulární a plicní systém. Dlouhodobá expozice snižuje délku dožití a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. Může způsobovat chronickou bronchitidu a chronické plicní choroby. V důsledku absorpce organických látek s mutagenními a karcinogenními účinky může míra působení PM10 způsobovat rakovinu plic.

Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje atmosférického aerosolu patří:

- vysokoteplotní procesy, především spalovací
- cementárny, vápenky, lomy a těžba
- odnos částic větrem ze stavebních ploch a z ploch zbavených vegetace

Významným zdrojem prachových částic jsou automobily s dieselvými motory, které nemají katalyzátor a jejich výfukové plyny obsahují množství malých prachových částic vznikajících nedokonalým spalováním motorové nafty.

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.

Prachové částice v průduškách a plicích škodí jednak samotným mechanickým zaprášením, stejně jako rostlinám škodí zaprášení listů, mnohem větším problémem je pak obsah jedovatých a rakovinotvorných látek v prachu, například arzenu, kadmia, chromu, niklu, olova nebo manganu.

Dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím poléťavého prachu poškozuje dýchací a srdeční ústrojí, zkracuje délku života a zvyšuje kojeneckou úmrtnost.

Nadměrné vdechování poléťavého prachu způsobuje:

- astma
- plicní choroby
- rakovinu plic
- poškození nenarozených dětí již v prvním měsíci těhotenství
- častější onemocnění dýchacích cest u dětí

- ve vyšším věku zvyšuje počet onemocnění cukrovkou, vysokým krevním tlakem a různými srdečními onemocněními

2. Základní názvosloví s vazbou na řešenou problematiku

2.1 Polétavý prach

Polétavým prachem se nazývají malé částice různých látek, které jsou tak lehké, že trvá velmi dlouhou dobu, než se usadí na povrchu. Označuje se jako PM, přičemž se rozlišují kategorie PM_{10} , $PM_{2,5}$ a $PM_{1,0}$, podle velikosti částic. Např. PM_{10} jsou částice do 10 mikrometrů (tj. tisícín milimetru). 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. Na částice polétavého prachu se vážou těkavé organické látky, které pak v organismu působí toxicky.

Čím menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší. Částice PM_{10} „poletují“ ve vzduchu několik hodin, $PM_{1,0}$ i několik týdnů, dokud nejsou spláchnuty deštěm.

Polétavý prach tvoří většinou sírany, amonné soli, uhlík, některé kovy, dusičnany, případně i těkavé organické látky nebo polyaromatické uhlovodíky.

2.1.1 Znečišťující látky v ovzduší

2.1.1.1 Saze

Dalším zdrojem znečištění jsou saze. Hlavním zdrojem sazí je teplárenský a koksárenský průmysl. Saze obsahují především uhlík, který způsobuje černé zbarvení. Výskyt sazí se projevuje v několika tvarových modifikacích. Běžnými tvary jsou malé kulovité agregáty spojené do podoby řetízků anebo velké krystaly o velikosti 1-2 mm.

2.1.1.2 Minerální částice

Tyto částice obsahující minerály vznikají přirozenou antropogenní cestou. Částice s nepravidelným tvarem mají geologický původ a podlouhlé částice (partikule), vznikají v důsledku lidské činnosti. Částice jsou složeny zejména z vápníku, hliníku a křemíku. Také obsahují železo a síru. U podlouhlých krystalů se setkáváme s významným množstvím draslíku, sodíku a síranu vápenatého.

2.1.1.3 Ostatní částice

Částice tohoto typu obsahují spíše lehčí prvky, zejména dusík, kyslík a dusík. Jejich tvar je různorodý. Mohou být kubického, kulovitěho nebo nepravidelného tvaru. Některé částice mohou být klasifikovány jako biologické. Těmito částicemi mohou být pyly nebo různé bakterie

2.2 Emisní limit

Emisním limitem je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečištění vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky nebo hmotnostní tok ZL za jednotku času nebo hmotnost ZL vztažená na jednotku produkce nebo lidské činnosti Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, § 2, odst. e)

V ČR je určen limit pro znečištění ovzduší pevnými částicemi (polétavý prach). Denní imisní limit je 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Překročení tohoto limitu je tolerováno max. 35 dní v roce. Na některých místech ČR jako je Ostravsko je limit překračován i přes 100 dní v roce.

Rozsah škodlivých účinků prachu na člověka je velmi široký, při jejich hodnocení záleží na původu, vlastnostech a velikosti prachu, na jeho koncentraci v ovzduší, na délce a podmínkách působení i na individuální vnímavosti člověka na prach. Legislativa stanovuje tzv. emisní limity.

Emisním limitem je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečištění vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky nebo hmotnostní tok znečišťující látky za jednotku času nebo hmotnost znečišťující látky vztažená na jednotku produkce nebo lidské činnosti (Zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, § 2, odst. e).

Emisní limit pro ochranu zdraví lidí je stanoven pro částice, které projdou velikostně-selektivním vstupním filtrem vykazujícím pro aerodynamický průměr 10 μm odlučovací účinnost (PM10) (Nařízení vlády 597/2006 o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, §3, odst. (2), písm. b)).

Imise je emise, která se dostala do styku s životním prostředím. Mohou se kumulovat na površích předmětů, na plochách objektů, v půdě, ve vodě nebo v organismech. V praxi jsou imisemi například znečišťující látky, které se ukládají v životním prostředí, například na obecních prostranstvích, na silnicích, na asimilačních orgánech dřevin a bylin nebo v obytných místnostech domácností. Imise vznikají následkem emisí a zpravidla se drží při zemském povrchu.

2.3 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 (9) 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 (9). ČHMÚ v České republice provozuje síť automatizovaných monitorovacích stanic (AMS), měřících oxid siřičitý, oxidy dusíku, prашný 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. 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 (9).

2.3.1 Znečišťující tuhé 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 (10).

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 (10).

Na charakteru emisního zdroje závisí další důležitý faktor tuhých znečišťujících látek, jejich chemické složení. Prachové částice lze klasifikovat do několika skupin podle obsahu škodlivých příměsí (11):

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 je prach dlouhou řadu let sledovanou charakteristikou znečištění ovzduší (10). 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 prekurzorům SO₂, NO_x, NH₃ a VOC (12).

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 (13).

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 (10).

2.3.1.1 Znečištění oxidy dusíku

Z hlediska škodlivého vlivu na životní prostředí je významný výskyt oxidu dusičitého a dusného v troposféře. Většina analytických metod udává sumu těchto oxidů pod společným názvem NO_x. V případě znečišťování ovzduší uniká ze zdrojů především oxid dusný (NO), kterého je při opuštění výfuku z automobilu nebo komínu spalovacího zařízení ve směsi NO_x 90 – 95%. Zbytek tvoří oxid dusičitý (NO₂). V atmosféře pak většina oxidu dusného (NO) oxiduje na NO₂. Oxidy dusíku působí nepříznivě na dýchací orgány. Při vyšších koncentracích se vážou na hemoglobin a zhoršují přenos kyslíku z plic do krevního oběhu. Akutní poškození organismu mohou způsobit koncentrace 190 µg.m⁻³ které trvají déle než 1 hodinu. NO se v atmosféře při reakci s vodními kapkami mění na kyselinu dusičnou s nežádoucími dopady na rostlinstvo. Oxidy dusíku se dále účastní jednoho nebezpečného procesu vzniku tzv. fotochemického smogu. K tomu dochází obvykle v létě a účastní se ho také další znečišťující látky sloučeniny uhlíku a ozon (O₃). Podmínkou pro jeho vznik je dostatečný sluneční svit, proto se vyskytuje zejména v letních měsících. Přitom vzniká řada dalších nebezpečných látek, které pak silně ovlivňují zdraví lidí (17).

2.3.1.2 Znečištění oxidem siřičitým

Oxid siřičitý(SO₂) je ze škodlivin nejméně významnou látkou z hlediska dopadu na zdraví obyvatel. V ovzduší se tato látka mění na oxid sírový (SO₃) a po reakci s vodou v atmosféře vzniká kyselina sírová (H₂SO₄). Kapičky s obsahem této látky později vypadávají z atmosféry v podobě srážek a vznikají tzv. kyselá deště. Ty pak poškozují zejména rostliny. Negativní vliv mohou mít kapky s obsahem kyseliny sírové na oční spojivky, vzniká jejich podráždění a následně zarudnutí očí. Při dýchání může u silnějších koncentrací SO₂ docházet k poškozování plic. Opakované a dlouhodobé expozice vyšších koncentrací než 50 µg.m⁻³, mohou vést k výskytu chronické bronchitidy a chorobám krevního oběhu (17).

2.4 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. (14).

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 (9).

2.4.1 Imisní limity pro polétavý prach v České republice

Nařízení vlády č. 350/2002 Sb., v platném znění (novela č. 597/2006 Sb.), zpracovává 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 PM₁₀, PM_{2,5} a znečišťujících látek, které se analyzují v PM₁₀, se objem odběru vzorků vztahuje k vnějším podmínkám (15).

2.5 Dopravní trasa

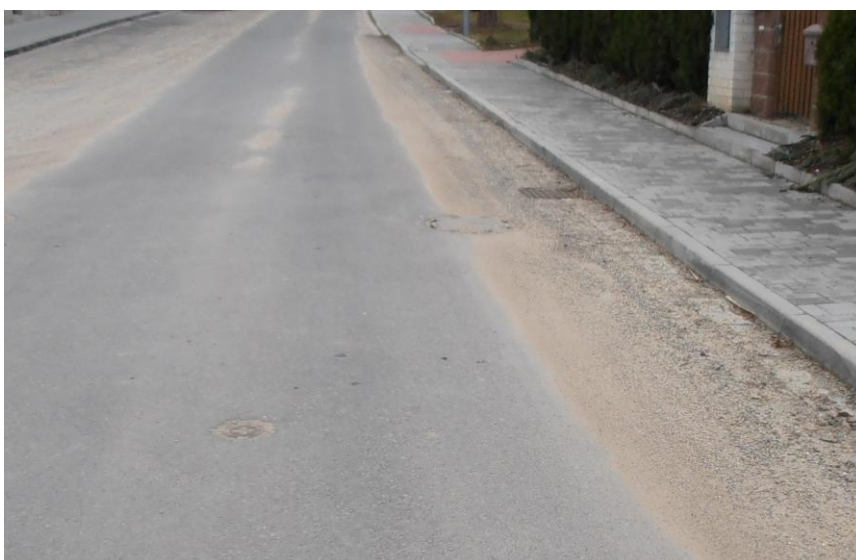
Je zpravidla vyznačená část v prostředí, která umožňuje opakovaný, bezpečný a plynulý pohyb dopravních zařízení, resp. strojních zařízení, která na trasách nebo v jejich okolí vykonávají pracovní činnost. Pohyb je realizován pomocí mobilních energetických zařízení, zařízení využívající zvířecí síly, lidské síly, přírodních a fyzikálních sil, které jsou určeny pro dopravu. Konstrukce (provedení) dopravní trasy musí vyhovovat předpokládané zátěži (hmotnosti a počtu vozidel a strojních zařízení) a musí umožnit pohyb dopravních zařízení s minimálním ovlivněním prostředí v okolí dopravní trasy (16).

2.6 Dopravní zařízení

Je mobilní strojní zařízení, jehož konstrukce umožňuje řízený pohyb po stanovených dopravních trasách a umožňuje nést rozmanitá břemena a směřovat jeho pohyb do cílového místa (16).

2.7 Vozovkové znečištění

Vozovkové znečištění (prach) zahrnuje částice převážně větších frakcí, na jejichž složení se podílejí částice geologického původu z okolní půdy, částice pocházející ze zimních posypů, částice vzniklé abrazí vozovky, opotřebením částí vozidel (pneumatiky, karoserie, brzdové a spojivé obložení), částice pocházející z úletů sypkých břemen, převážených nákladními vozidly a také částice pocházející z pouličního příslušenství a dopravního značení (16).



Obrázek 1. Zbytky inertního posypu, je nutné odstraňovat průběžně

2.8 Zpevnění dopravní trasy

Zpevněním cesty se rozumí opatření realizovaná na povrchu tělesa cesty vozovkou nebo provozním zpevněním. Vozovka je základní součást cesty, tvořená z 1 nebo více vrstev stmelených či nestmelených silničních staviv i jiných materiálů. Kontakt kola odvozního zařízení zajišťuje obrusná (krytová) vrstva cesty. Charakter obrusné vrstvy cesty a přítomnost vozovkového znečištění na povrchu této vrstvy je rozhodujícím činitelem pro zviření prachových částic (16).

2.9 Kategorie vozidel

2.9.1 Kategorie M

Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob a malých břemen. Tato kategorie zahrnuje automobily, kterými lze převážet břemena v prostoru za sedačkami posádky (automobily osobní kombi, MPV).

2.9.2 Kategorie N

Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů (Poznámka: Terénní vozidlo příslušné kategorie se označuje doplňkovým písmenem G ke kategorii M nebo N, například M₁G, N₃G).

1. N₁ - vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 3 500 kg,
2. N₂ - vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, avšak nepřevyšuje 12 000 kg,
3. N₃ - vozidlo, jehož největší přípustná hmotnost převyšuje 12 000 kg.



Obrázek 2. Vozidla kategorie N3 jsou nejčastěji příčinou vznosu prachových částic z povrchu dopravních tras

2.9.3 Kategorie T

Traktory zemědělské nebo lesnické (jsou mobilními energetickými zařízeními pro tlačení nebo tažení přípojných vozidel, které slouží pro dopravu nákladů).

3. Měření

3.1 Cíl měření

Cílem měření je získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů. Významnou zátěž ovzduší představuje zvíření prachových částic deponovaných na vozovce (vozovkový prach) a v jejím blízkém okolí, které je iniciováno projíždějícími vozidly vlivem pohybu kol, turbulencí kolem rotujících částí vozidel a pohybem vzduchu za vozidlem a podél vozidla.

Vozovkový prach zahrnuje částice převážně větších frakcí, na jejichž složení se podílejí částice geologického původu z okolní půdy, částice pocházející ze zimních posypů, částice vzniklé abrazí vozovky, opotřebením částí vozidel (pneumatiky, karoserie, brzdové a spojkové obložení), částice pocházející z úletů sypkých břemen, převážených nákladními vozidly a také částice pocházející z pouličního příslušenství a dopravního značení.

S velikostí částic souvisí jejich negativní účinky na zdraví člověka a možná zdravotní rizika, která představují pro obyvatele velkých městských aglomerací.

3.2 Metodika měření

Měření spočívá ve stanovení hmotnostní koncentrace vdechovatelné nebo respirabilní frakce polévatého prachu v ovzduší. Vdechovatelnou frakcí tvoří soubor částic polévatého prachu, které mohou být vdechnuty nosem nebo ústy. Respirabilní frakcí tvoří hmotnostní frakce vdechnutých částic, které pronikají do té části dýchacích cest (do plicních sklípků), kde není řasinkový epitel. 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°C a relativní vlhkost 20 – 45%.

3.2.1 Přístroje pro měření

K měření byl použit přístroj DustTRAK 8530 s odečtem hodnot z displeje. Přístroj je vybaven vnitřním zdrojem – lithiovou baterií, která musí být před měřením nabita (nabíjí se minimálně hodinu). Pokud je v místě měření síťový zdroj, lze přístroj zapojit do sítě prostřednictvím AC adaptéru a přívodními kabely. Zásuvka je na pravé části přístroje.

Po zapnutí přístroje tlačítkem nad obrazovkou se objeví úvodní logo TSI a potom obrazovka základního Menu, na níž jsou dotyková pole pro provedení přípravy měření.



Obrázek 3. Přístroj DustTRAK 8530, na displeji přístroje lze okamžitě zjistit hodnoty koncentrace prachových částic

3.2.2 Princip měření

Princip spočívá v prosávání vzduchu zařízením s filtrem, na kterém se kvantitativně zachytí zvolená velikost polétavého prachu. Při měření byla zvolena velikost filtru pro částice menší než 10 μm (PM10). Vstupní zařízení je tvořeno impaktorem, který zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu. Vzorek prachu je tedy získán prosáváním zkoumaného ovzduší přístrojem dané lokality. Před odběrem vzorku je nutné provést kalibraci přístroje. Průtoková rychlost musí být dodržena shodná po celou dobu odběru na hodnotě 3,0 l.min⁻¹.

3.2.3 Podmínky při měření

Meteorologické podmínky byly kontrolovány průběžně (na začátku a na konci měření) v místě měření a byly při ukončení měření zapsány. Meteorologické podmínky po celou dobu měření emisí prachových částic musely vyhovovat těmto omezením:

- rychlost větru musí být nižší než 2 m.s⁻¹;
- okolní teplota v úrovni měření musí být v rozmezí +15 až +30°C;
- relativní vlhkost musí být v rozmezí 20 – 45%;
- součin teploty vzduchu (°C) a relativní vlhkosti (%) musí být vyšší než 500;
- měření nesmí probíhat za podmínek teplotní inverze;
- průměrný směr větru musí být v rozsahu $\pm 60^\circ$ od spojnice měřícího místa a silnice, která je kolmá na osu silnice;
- měření nesmí probíhat za mlhy;
- při měření a před měřením se nesmí vyskytovat žádné srážky a silnice musí být suchá.

3.2.3.1 Specifické podmínky

Vzhledem k očekávaným rozdílům výskytu prachových částic na rozdílných površích dopravních tras, při rozdílné rychlosti a intenzitě pohybu vozidel a při rozdílných kategoriích vozidel, byly zaznamenány následující doplňující faktory:

- a) kvalita povrchu silnice (zpevněný, nezpevněný, prašný, štěrkový)
- b) rychlost jízdy vozidel (využita vazba na legislativu nebo na charakter dopravní trasy)
- c) závislost na určité kategorii vozidel (vybrány výrazně rozdílné kategorie M, N a T)
- c) intenzita provozu (na některých trasách byl řešen pouze provoz samostatně jedoucích vozidel a shodných kategorií vozidel v proudu za sebou, intenzita provozu se vyjadřuje počtem vozidel, která projedou úsekem silnice, na níž je prováděno měření. Nízká intenzita je charakterizována počtem nižším než je 2 400 vozidel za 24 hodin, vysoká intenzita je charakterizována počtem vyšším než je 12 000 vozidel za 24 hodin)
- d) úroveň znečištění vozovky se zpevněným povrchem (čištěný a nečištěný úsek)
- e) charakter silniční vegetace (stromy, travnatý povrch, vodní hladina)
- f) roční období
- g) meteorologické podmínky při měření a směr větru vůči měřicímu zařízení
- h) meteorologické podmínky (zejména déšť a vítr nad 10 m.s^{-1}) 5 dnů před měřením

Byl proveden přesný záznam měřících míst do mapy tak, aby byla místa přesně určena pomocí uvedení polohy pomocí GPS.

3.2.3.2 Období měření

Měření bylo realizováno v měsíci říjnu v pracovních dnech, kdy probíhal provoz vozidel sledovaných kategorií na vybraných dopravních trasách.

3.3 Výběr místa měření

3.3.1 Základní místa pro měření prachových částic

Měření bylo provedeno ve vzdálenosti 4, 8 a 12 metrů, kolmo od osy bližšího okraje dopravní trasy. Měřicí přístroj s nasazeným příslušným impaktorem PM₁₀ byl umístěn přednostně do výšky 175 ± 20 cm nad úrovní povrchu dopravní trasy. Mezi silnicí a místem měření nebyla žádná nadzemní překážka.

3.3.2 Specifická místa měření

Pro hodnocení specifických lokálních podmínek na vznik prachových částic a pro realizaci opatření pro jejich snížení byla vybrána místa, kdy se mohl měnit celkový obsah prachových částic v ovzduší. Byl také dodržen postup, aby nebyly prachové částice odneseny proudem větru směrem od měřicího zařízení.

3.4 Vlastí měření

3.4.1 Místa měření

Vlastní měření byla prováděna ve dnech od 17.10.2012 do 21.10.2012. na dopravních trasách v obcích České Budějovice, Borovany a Trhové Sviny, resp. v jejich blízkém okolí. Měření bylo prováděno během pracovních dnů. Zvolené lokality byly vybrány záměrně tak, aby bylo možné zjistit stav dopravního zatížení, jak ve větších městech (České Budějovice), tak i v menších obcích (Trhové Sviny, Borovany), aby byl také zaznamenán pohyb vozidel kategorie T a O_T (zemědělské techniky).

3.4.1.1 Vybrané lokality

1. Lokalita Borovany, ulice Vodárenská, 48°54'40.065"N, 14°38'23.563"E



Obrázek 4. Letecký pohled místa měření ve Vodárenské ulici (Borovany)

Zdroj: www.mapy.cz

Měření ze dne 17.10.2012, začátek měření 10:30, provedeno 7 měření v délce 60 minut. Prostor ve Vodárenské ulici je otevřený, bez větší vegetace a zástavby. Dopravní trasa je z převážné většiny využívána vozidly komunální sféry, dále nákladními, zemědělskými a v poslední řadě osobními vozidly.

Klimatické podmínky při měření, byly vyhovující s ohledem na stanovenou metodiku měření. Teplota 15°C, vlhkost 36,5 %, rychlost větru 2 m.s⁻¹, srážky nulové, vzdálenost měřicího místa od vozovky 4 m, povrch vozovky byl zpevněný, na krajnicích s 0,5 cm vrstvou šterku a prachu. Intenzita provozu nízká, sklon vozovky 3%. Rychlost jízdy vozidel 50 ± 5 km.h⁻¹. Hodnota naměřená ve vzdálenosti od dopravní trasy, kdy nebyla prašnost ovlivněna provozem vozidel na této dopravní trase byla 0,018 mg.m⁻³.

Tabulka 1. Přehled naměřených hodnot prachových částic ve Vodárenské ulici v Borovanech

Číslo měření	Průměrná hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Maximální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Minimální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)
1.	0,035	0,058	0,029
2.	0,045	0,171	0,028
3.	0,395	1,42	0,054
4.	0,069	0,197	0,037
5.	0,045	0,091	0,033
6.	0,024	0,027	0,021
7.	0,023	0,059	0,019

2. Lokalita Borovany, ulice Budějovická, 48°54'8.137"N, 14°38'29.957"E



Obrázek 5. Letecký pohled místa měření v Budějovické ulici (Borovany)

Zdroj www.mapy.cz

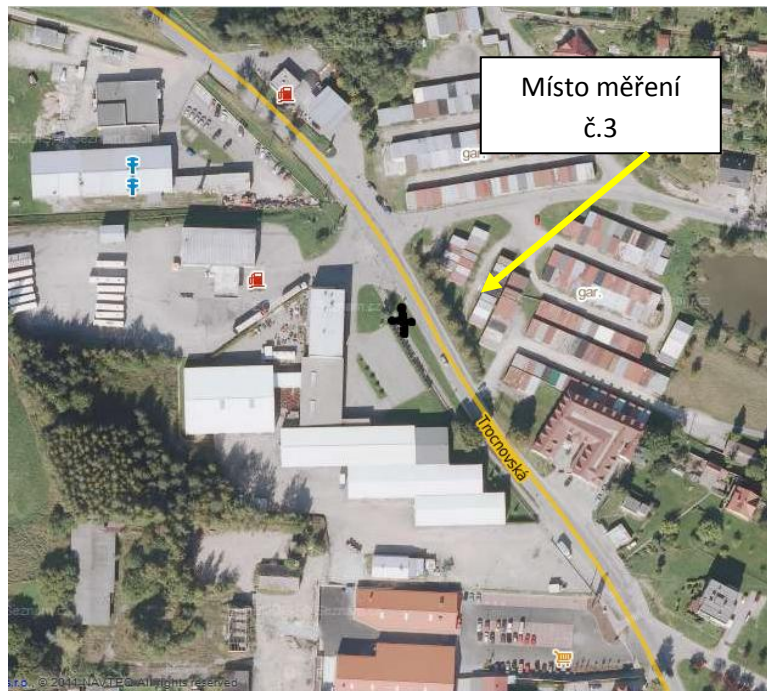
Měření ze dne 18.10.2012, začátek měření 15:00, provedeno 7 měření v délce 60 minut. Ulice Budějovická je hlavní trasa na České Budějovice, proto se zde setkáváme se značnou frekvencí projíždějících vozidel. Dle normy ČSN 73 6114 dopravního zatížení se komunikace řadí do skupiny IV. Komunikace je ze všech stran obestavena zástavbou. Během měření se na měřené trase pohybovaly z velké části osobní automobily, traktory, nákladní automobily, autobusy a traktory.

Klimatické podmínky během měření: teplota 16°C, vlhkost 37 %, rychlost větru 1,5 m.s⁻¹, srážky nulové, vzdálenost měřicího místa od vozovky 2 m, povrch vozovky byl zpevněný, kryt z asfaltového materiálu. Úroveň znečištění povrchu vozovky nízká, pouze menší vrstva šterku ve výšce 0,5 cm u okrajů vozovky. Intenzita provozu vysoká, sklon vozovky nulový, rychlost jízdy vozidel 50 km.h⁻¹. Hodnota naměřená ve vzdálenosti od dopravní trasy, kdy nebyla prašnost ovlivněna provozem vozidel na této dopravní trase byla 0,086 mg.m⁻³.

Tabulka 2. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Budějovické ulici v Borovanech

Číslo měření	Průměrná hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Maximální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Minimální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)
1	0,112	0,160	0,101
2	0,114	0,156	0,099
3	0,114	0,164	0,060
4	0,145	0,574	0,097
5	0,259	1,06	0,117
6	0,184	0,836	0,109
7	0,118	0,152	0,105

3. Lokolita Trhové Sviny, ulice Trocnovská, 48°50'42.444"N, 14°37'43.953"E



Obrázek 6. Letecký pohled místa měření v ulici Trocnovská (Trhové Sviny)

Zdroj www.mapy.cz

Měření ze dne 19.10.2012, začátek měření 14:00, provedeno 7 měření v délce 60 minut. Ulice Trocnovská protíná město Trhové Sviny. Je hlavní trasa na České Budějovice a v opačném směru na Nové Hrady, občané se zde setkávají se značnou frekvencí projíždějících vozidel. Dle normy ČSN 73 6114 dopravního zatížení se komunikace řadí do skupiny III. Komunikace je ze všech stran obestavena zástavbou. Během měření se na měřené trase pohybovaly z velké části osobní automobily, traktory, nákladní automobily, autobusy a traktory.

Klimatické podmínky během měření: teplota 17°C, vlhkost 37 %, rychlost větru 1,5 m.s⁻¹, srážky nulové, vzdálenost měřicího místa od vozovky 2 m, povrch vozovky byl zpevněný tvořen asfaltovým krytem, mírné znečištění vozovky tvořeno šterkopískem s větším výskytem u krajnice. Intenzita provozu vysoká, rychlost jízdy vozidel 50 km.h⁻¹, sklon vozovky nulový. Hodnota naměřená ve vzdálenosti od dopravní trasy, kdy nebyla prašnost ovlivněna provozem vozidel na této dopravní trase byla 0,012 mg.m⁻³.

**Tabulka 3. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Trocnovské ulici
v Thových Svinech**

Číslo měření	Průměrná hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Maximální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Minimální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)
1	0,232	0,514	0,067
2	0,092	0,201	0,010
3	0,012	0,018	0,009
4	0,013	0,080	0,007
5	0,041	0,018	0,010
6	0,013	0,028	0,010
7	0,104	0,372	0,064

4. Lokalita České Budějovice, ulice Mánesova, 48°58'11.777"N, 14°29'18.543"E



Obrázek 7. Letecký pohled místa měření v ulici Mánesova (České Budějovice)

Zdroj www.mapy.cz

Měření ze dne 20.10.2012, začátek měření 14:00, provedeno 7 měření v délce 60 minut. Mánesova ulice je jedna z hlavních dopravních tepen Českých Budějovic, komunikace je po obou stranách obestavěna zástavbou. Tato dopravní trasa je do značné míry zatěžována frekvencí dopravy. Dle normy ČSN 73 6114 dopravního zatížení se komunikace řadí do skupiny II. Během měření se na měřené komunikaci pohybovaly osobní automobily, nákladní automobily, traktory, autobusy, stavební technika.

Klimatické podmínky během měření: teplota 17°C, vlhkost 37,5 %, rychlost větru 1,5 m.s⁻¹, srážky nulové, vzdálenost měřícího místa od vozovky 2 m, povrch vozovky byl zpevněný, tvořen asfaltovým krytem. Intenzita provozu vysoká, rychlost jízdy vozidel 50 ± 5 km.h⁻¹, sklon vozovky nulový, žádné výrazné znečištění povrchu vozovky, pouze vrstva šterku do 0,5 cm u krajnice. Hodnota naměřená ve vzdálenosti od dopravní trasy, kdy nebyla prašnost ovlivněna provozem vozidel na této dopravní trase byla 0,044 mg.m⁻³.

**Tabulka 4. Přehled naměřených hodnot prachových částic
v Mánesově ulici v Českých Budějovicích**

Číslo měření	Průměrná hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Maximální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Minimální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)
1	0,104	0,372	0,064
2	0,098	0,158	0,065
3	0,117	0,660	0,062
4	0,083	0,184	0,064
5	0,094	0,172	0,063
6	0,089	0,220	0,063
7	0,087	0,364	0,063

5. Lokalita České Budějovice, ulice Novohradská, 48°58'1.933"N, 14°29'14.156"E



Obrázek 8. Letecký pohled místa měření v ulici Novohradská (České Budějovice)

Zdroj www.mapy.cz

Měření ze dne 23.10.2012, začátek měření 14:00, provedeno 7 měření v délce 60 minut. Novohradská ulice je po obou stranách obestavěna zástavbou. Dopravní trasa je značně zatěžována frekvencí těžké dopravy. Komunikace se řadí do skupiny II. dle normy ČSN 73 6114 dopravního zatížení. Během měření se na měřené komunikaci pohybovaly osobní automobily, nákladní automobily, traktory, autobusy a stavební technika.

Klimatické podmínky během měření: teplota 15°C, vlhkost 36,5 %, rychlost větru 1,5 m.s⁻¹, srážky nulové, vzdálenost měřícího místa od vozovky 2 m, povrch vozovky zpevněný, tvořen asfaltovým krytem. Znečištění povrchu vozovky minimální, vrstva prachu a šterku u krajnice ve výšce 0,4 cm. Sklon vozovky nulový, intenzita provozu vysoká. Rychlost jízdy vozidel na dopravní trase se pohybovala 50 ± 5 km.h⁻¹. Hodnota naměřená ve vzdálenosti od dopravní trasy, kdy nebyla prašnost ovlivněna provozem vozidel na této dopravní trase byla 0,024 mg.m⁻³.

**Tabulka 5. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Novohradské ulici
v Českých Budějovicích**

Číslo měření	Průměrná hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Maximální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)	Minimální hodnota PM ₁₀ (mg.m ⁻³)
1	0,082	0,176	0,063
2	0,079	0,126	0,065
3	0,072	0,109	0,065
4	0,074	0,101	0,066
5	0,083	0,141	0,066
6	0,112	0,160	0,101
7	0,114	0,156	0,099

4. Diskuse

Lze obecně konstatovat, že naměřené hodnoty jsou na všech měřicích místech vyšší, než byly naměřeny hodnoty mimo dopravní trasy. Vliv dopravy na vyšší prašnost v blízkosti dopravních tras byl potvrzen. Také bylo prokázáno, že vliv nečistot na dopravních trasách, resp. v krajní části vozovky, má také vliv na prašnost. V následujícím rozboru jednotlivých měřicích míst jsou uvedeny faktory, které se na naměřených hodnotách podílely.

Z tabulky 1 vyplývá, že v případě měření ve Vodárenské ulici byla naměřena maximální hodnota $1,42 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$, což je oproti ostatním hodnotám výrazně vyšší. Příčina spočívá v průjezdu vozidla kategorie N poblíž krajnice, kde byla vrstva štěrku s jemnými prachovými částicemi a následným vnosem prachu do ovzduší vlivem rotace kol a turbulentního stříhu za jedoucím vozidlem.

Z tabulky 2 vyplývá, že při měření v Budějovické ulici byla naměřena maximální hodnota $1,06 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$. Důvodem zvýšené hodnoty je vysoká koncentrace projíždějících vozidel kategorie N, T a M poblíž krajnice, kde byla vrstva štěrku a prachu, která se po průjezdu vozidel zvířila.

Z tabulky 3 vyplývá, že při měření v Trocnovské ulici byla naměřena maximální hodnota $0,514 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$. Zvýšená hodnota je oproti ostatním výrazně vyšší. Příčina je ve frekvenci projíždějících vozidel kategorií N, M, T a O_T (přípojná vozidla zemědělské techniky) blíž krajnice vozovky, kde byla vrstva štěrku a písku.

Z tabulky 4 vyplývá, že při měření v Mánesově ulici byla naměřena maximální hodnota $0,660 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$. Oproti ostatním hodnotám naměřeným v tomto měřicím místě je výrazně vyšší. Důvodem nárůstu je zvýšená intenzita průjezdu vozidel kategorií N, M, T a stavební techniky. Povrch vozovky nebyl výrazně znečištěný, přesto u krajnice byla vrstva štěrku a písku, střed vozovky byl místy pokryt kusy drolicí se zeminy.

Z tabulky 5 vyplývá, že při měření v Novohradské ulici byla naměřena maximální hodnota $0,176 \text{ (mg.m}^{-3}\text{)}$. Hodnota je oproti ostatním výrazně vyšší. Tato dopravní trasa

je výrazně zatěžována intenzitou provozu vozidel kategorií N, M, T a stavební techniky. Povrch komunikace v době měření nebyl výrazně znečištěný, pouze u krajnice byla nízká vrstva štěrku a prachu.

5. Závěr

V dnešní době patří prašnost z automobilové dopravy mezi nejvýznamnější zdroje zátěže suspendovaných částic, které nad 100 mikrometrů rychle sedimentují k povrchu země. Nečistoty, které jsou deponované na povrchu komunikace jsou postupně rozmělnovány projíždějícími vozidly a vlivem turbulentního proudění za projíždějícími vozidly jsou následně opět vynášena do ovzduší. Toto je označováno jako tzv. sekundární prašnost.

Sekundární prašnost má tu vlastnost, že částice může být opakovaně usazována a vynášena do ovzduší. V tomto případě dochází v dané lokalitě k dlouhodobému zvýšení koncentrace suspendovaných částic v ovzduší.

V průběhu celého roku lze sledovat přítomnost prachových částic v ovzduší v různých hodnotách. Je možné stanovit období během roku, kdy je výskyt prachových částic (znečišťujících látek) vyšší než obvykle. Například období kdy ustoupí mrazy a roztaje sníh dochází k vysychání silnic, cest, účelových ploch, které byly v zimních měsících ošetřovány posypem. Přestože je tento posyp inertní, bývá hlavním zdrojem prachových částic, protože minerální zrna jsou tlakem kol rozmělnována na velikosti, které se mohou dostat do vzduchu. Dalším obdobím, jsou probíhající sklizňové práce, kdy z polí vyjíždí zemědělská dopravní a sklizňová zařízení, která po výjezdu z pole na povrch dopravní trasy roznášejí zemědělskou půdu. Ta se vysuší, rozdrolí a její částice se stanou polétavými při pohybu vozidel. Lze vytipovat mnohé další možné zdroje znečišťujících látek, například v místech kde probíhá stavební činnost. V tomto případě dochází běžně k vývozu nečistot na komunikaci vozidly z nezpevněných ploch.



Obrázek 9. Příčinou znečištění vozovek může být i sypkých látek

Problematiku zvýšené prašnosti z automobilové dopravy lze řešit účinným odstraněním nečistot z povrchu vozovky, tzn. důsledným vyčištěním povrchu dopravní trasy. Řešením této problematiky v obcích a ve městech je využívání silničních samosběrných čistících mobilních zařízení, vybavených soustavou kartáčů, výkonným sacím zařízením a skrápěním kartáčů vodou. Je nutné, aby zametací zařízení bylo dostatečně výkonné (plošná výkonnost). S tím souvisí, že čím vyšší je pracovní šířka, pracovní rychlost a objem sběrné nádrže zametacího stroje, tím je jeho plošná výkonnost vyšší. Zařízení musejí také disponovat účinnou filtrací při čištění, aby nedocházelo k rozptýlu prachu při čištění a k jeho zpětné sedimentaci.



Obrázek 10. Kompaktním samosběrným zametačem lze snížit prašnost v obcích odstraněním zdroje prachových částic na vozovkách i chodnicích

Významným faktorem je také prevence proti vzniku a vývoji zdrojů prašnosti na dopravních trasách. Prevenci lze rozdělit na oblast zákazovou, výchovnou a oblast operativní nápravy. Oblast zákazová se opírá o rozmanitá omezení při jízdě vozidel, buď omezení rychlosti nebo omezení (také zákazu) vjezdu vozidel, která produkují nečistoty na povrch dopravní trasy. Oblast výchovná se opírá o výchovu obsluh strojů a řidičů automobilů, kteří by měli omezit pohyb znečištěných vozidel na dopravních trasách, resp. ztrátám prašných nákladů při jízdě na dopravních trasách. Oblast operativní nápravy se opírá o nutnost co nejrychleji realizovat čištění dopravních tras po

zjištění znečištění. Například včasné a průběžné odstraňování zbytků inertního posypu v zimním období, okamžité odstraňování nečistot u vozidel vyjíždějících ze staveb a zemědělských polí.

Použitá literatura

- (1) Pierson, W.R., Brachaczek, W.W. 1983. Particulate matter associated with vehicles on the road. II. *Aerosol Sci. Technol.* 4, 1–40.
- (2) Colville, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F. 2001. The transport sector as a source of air pollution. *Atmos. Environ.* 35, 1537-1565.
- (3) Caplain, I., Cazier, F., Nouali, H., Mercier, A., Déchaux, J.C., Nollet, V., Joumard, R., André, J.M., Vidon, R. 2006. Emissions of unregulated pollutants from European gasoline and diesel passenger cars. *Atmos. Environ.* 40, 5954–5966.
- (4) Braaten, D.A., Paw, U.K.T., Shaw, R.H. 1990. Particle resuspension in a turbulent boundary layer observed and modelled. *J. Aerosol Sci.* 21, 613–628.
- (5) Claiborn, C, Mitra, A., Adams, G., Bamesberger, L., Allwine, G., Kantamaneni, R., Lamb, B., Westberg, H. 1995. Evaluation of PM10 emission rates from paved and unpaved roads using tracer techniques. *Atmos. Environ.* 29, 1075-1089.
- (6) Thorpe, A.J., Harrison, R.M., Boulter, P.G., McCrae, I.S. 2007. Estimation of particle resuspension source strength on a major London Road. *Atmos. Environ.* 41, 8007–8020.
- (7) Rauch, S., Morrison, G.M., Motelica-Heino, M., Donard, O.F.X., Muris, M. 2000. Elemental association and fingerprinting of traffic related metals in road sediments. *Environ. Sci. Technol.* 34, 3119.
- (8) Lough, G.C., Schauer, J.J., Park, J.S., Shafer, M.M., Deminter, J.T., Weinstein, J. P. 2005. Emissions of metals associated with motor vehicle roadways. *Environ. Sci. Technol.* 39, 826-836.
- (9) Kaličinská, J. (2006): *Monitorování životního prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Pavel Klouda. 88 s.
- (10) Machálek, P. (2003): *Emise tuhých znečišťujících látek : Toxikologicky závažné látky v emisích PM10, problematika emisí prachu a obsahu těžkých kovů v uhlí* [online, cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW: http://www.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_3_02/dp1dod.pdf.

- (11) KURFÜRST, J. (1998): *Klasifikace ochrany ovzduší*. Podnik a životní prostředí. Raabe
- (12) Zákony (2004): - *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)>.
- (13) 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>>.
- (14) Imisní limity (2002): *Imisní limity* [online, cit. 2009-03-15]. Dostupný z WWW:
<<http://www.chmu.cz/uoco/limit/legisl.html>>.
- (15) 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%EDl.6&PC_8411_l=597/2006&PC_8411_ps=10#10821>.
- (16) Celjak, Učební texty Dopravní a manipulační zařízení 2010, ZF, JČU v Č.Budějovicích
- (17) Pudelová et al. (2009): Kvalita ovzduší města Olomouce. Odbor životního prostředí Magistrátu města Olomouce, 36 s.

Seznam tabulek

Tabulka 1. Přehled naměřených hodnot prachových částic ve Vodárenské ulici v Borovanech

Tabulka 2. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Budějovické ulici v Borovanech

Tabulka 3. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Trocnovské ulici v Thových Svinech

Tabulka 4. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Mánesově ulici v Českých Budějovicích

Tabulka 5. Přehled naměřených hodnot prachových částic v Novohradské ulici v Českých Budějovicích

Seznam obrázků

Obrázek 1. Zbytky inertního posypu, je nutné odstraňovat průběžně

Obrázek 2. Vozidla kategorie N3 jsou nejčastěji příčinou výnosu prachových částic z povrchu dopravních tras

Obrázek 3. Přístroj DustTRAK 8530, na displeji přístroje lze okamžitě zjistit hodnoty koncentrace prachových částic

Obrázek 4. Letecký pohled místa měření ve Vodárenské ulici (Borovany)

Obrázek 5. Letecký pohled místa měření v Budějovické ulici (Borovany)

Obrázek 6. Letecký pohled místa měření v ulici Trocnovská (Trhové Sviny)

Obrázek 7. Letecký pohled místa měření v ulici Mánesova (České Budějovice)

Obrázek 8. Letecký pohled místa měření v ulici Novohradská (České Budějovice)

Obrázek 9. Příčinou znečištění vozovek může být i sypkých látek

Obrázek 10. Kompaktním samosběrným zametačem lze snížit prašnost v obcích odstraněním zdroje prachových částic na vozovkách i chodnících