

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky

**Analýza závislosti hmotnostní koncentrace
polétavého prachu v obci
v návaznosti na čištění dopravních tras.**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor bakalářské práce: Miroslav Pospíchal

Rok vydání: 2013

Prohlášení

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 – 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.

Datum

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Ivu Celjakovi, CSc., za odborné vedení, rady, připomínky a pomoc, které mi poskytl při jejím vypracování.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo provedení měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí a získání objektivních informací o skutečném vlivu čištění dopravních tras. Měření probíhalo na běžné komunikaci v centru Českých Budějovic. Nejdříve byla změřena hmotnostní koncentrace polévatého prachu před vyčištěním komunikace. Poté byla komunikace vyčištěna kompaktním samosběrným zametacím zařízením a provedeno další měření. Z měření vyplynulo, že vyčištění komunikace mělo negativní vliv na množství polévatého prachu v ovzduší. Hmotnostní koncentrace polévatého prachu se zvýšila o 50 % na hodnotu $PM_{10} = 0,077 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Lidé pohybující se v blízkosti komunikace, tak byli vystaveni nadměrné zátěži, která by při dlouhodobém působení mohla mít vliv na jejich zdraví.

Abstract

The aim of this thesis was to provide a measuring of the weight concentration of flying dust in road traffic in dependence of traffic environment and also the acquirement of objective information about the real influence of roadcleaning. The measuring took place on a regular street in the centre of České Budějovice. At first the dust concentration was measured before the proces of cleaning. Next the street was cleaned by a compact sweepmachine and a second measuring took place. The results displayed, that the roadcleaning has a negative influence on the dust concentration in the air. The weight concentration of the flying dust rose about 50% to $PM_{10} = 0,077 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. People going along the street were exposed to an excessive encumbarance, which could have in a longtime affect bad inflence on their health.

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Doprava, dopravní trasa a silniční doprava.....	8
2.1 Silniční doprava	9
2.1.1 Základní rozdělení vozidel.....	9
2.1.2 Druhy a typy dopravních cest.....	10
2.1.3 Silniční síť ČR.....	11
3. Prachové částice	12
3.1 Zdroje původu, emisní a imisní limity	12
3.1.1 Emisní limit	14
3.1.2 Imisní limit	14
3.2 Vliv na zdraví a období zvýšené koncentrace prachových částic	15
4. Čistící a zametací zařízení.....	18
4.1 Čistící zařízení	18
4.1.1 Rozdělení čistících zařízení	19
5. Výskyt prachových částic v ovzduší	29
6. Metodika.....	31
6.1 Cíl metodiky.....	31
6.1.1 Cíl měření	31
6.1.2 Význam výsledků měření.....	32
6.2 Vlastní popis metodiky	32
6.2.1 Princip měření.....	32
6.2.2 Postup měření.....	32
6.2.3 Místa měření.....	33
6.2.4 Meteorologické podmínky při měření	34
6.2.5 Vyjádření výsledků	34
6.2.6 Období měření.....	36
6.2.8 Dopravně-inženýrské údaje	37
6.2.9 Doplnující údaje	37
6.3 Přístroje použité při měření	38

7. Měření a vyhodnocení.....	39
7.1 Podmínky při měření.....	39
7.2 Výsledky měření	42
7.3 Vyhodnocení výsledků.....	47
8. Závěr a diskuze	49
9. Seznam použité literatury	51
10. Seznam použitých obrázků	52

1. Úvod

Polétavý prach respektive prachové částice jsou pevné drobné částice rozptýlené ve vzduchu, protože jsou tak malé, že mohou být unášeny proudem vzduchu. Podle původu lze zdroje pevných částic (s čímž souvisí znečištění ovzduší) rozdělit na antropogenní a přírodní. V mnoha případech lze vystopovat také kombinované zdroje pevných částic. Emise prachových částic patří k nejrozšířenějším škodlivinám, se kterými se obyvatelé obcí setkávají v běžném životě. Nejčastěji zasahují dýchací cesty, kdy se nejmenší prachové částice dostávají až do plicních sklípků, což je ze zdravotního hlediska nejvíce nebezpečné.

Čištění dopravních tras lze provádět několika způsoby, kdy stroje působí fyzikálně a chemicky na znečištěný povrch prostřednictvím vhodného pracovního adaptéru a odstraní z povrchu nečistoty, které se zde nacházejí. Úkolem by mělo být snížení množství prachových částic a snížení jejich vlivu na zdraví obyvatel obcí.

Cílem práce je provedení měření hmotnostní koncentrace polétavého prachu v silniční dopravě v závislosti na dopravním prostředí a získání objektivních informací o skutečném vlivu čištění dopravních tras na množství prachových částic v ovzduší.

2. Doprava, dopravní trasa a silniční doprava

Doprava (přeprava) břemen je výsledkem dopravy pomocí dopravních zařízení. Je to obecný název pro přemísťování břemen dopravními zařízeními po dopravních trasách. Je to plánovaná činnost, kdy břemeno účelně změni svoji polohu na zemském povrchu (dojde ke změně souřadnic globálního polohového systému - GPS) po dopravních trasách s využitím dopravních zařízení a v některých případech i dopravních prostředků (například palety, kontejnery).

Doprava je nejčastěji realizovaná prostřednictvím dopravních zařízení nebo jejich částí a pohyb je zajištěn především působením energie dodané energetickým zařízením (motorem).

Doprava může být také realizována působením přírodních sil (gravitace, proud vody, vítr), působením lidské síly nebo zvířecí síly nebo kombinací výše uvedených. Takže dopravním zařízením je také vozík jedoucí po nakloněné rovině, větroň, balón, plachetnice, vor, jízdní kolo s přídavným motorkem, a podobně (nepoužívají přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu). Doprava je souhrn všech činností, jimiž se uskutečňuje úmyslný pohyb (jízda, plavba, let, posuv, skoky, kroky, proudění) prostřednictvím dopravních zařízení po stanovené trase. (Celjak 2011a)

Jednotlivé druhy dopravy se vyznačují souborem výhod a nevýhod, které ovlivňují jejich uplatnění na dopravním trhu. Většinou mezi sebou soutěží v závislosti na aspektech ceny, rychlosti, dostupnosti, frekvence, bezpečnosti a pohodlí. Multimodální (kombinované) dopravy pokrývají zatím jen menší část trhu.

Pro vyspělé země je v oblasti osobní dopravy charakteristický velký podíl individuální automobilové dopravy (IAD) oproti ostatním druhům dopravy. V Evropě zaujímá hromadná doprava přibližně 23% podíl oproti 77%, ale ve Spojených státech je tento rozdíl ještě větší, neboť individuální automobilismus dosahuje podílu téměř 87%.

Až do 60. let minulého století v nákladní dopravě dominovala jednoznačně

železnice. Její podíl od té doby začal výrazně klesat, zejména ve prospěch kamionové silniční dopravy. (Průša 2012)

Dopravní trasa

Dopravní trasa je vyznačená část v prostředí, která umožňuje bezpečný a plynulý pohyb dopravních zařízení s dopravními prostředky (s břemeny i bez nich) 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 a požadavkům na průchodnost (musí být v souladu s velikostí a hmotností) dopravních zařízení a musí splňovat požadavky na bezpečnost. (Celjak 2011a)

2.1 Silniční doprava

2.1.1 Základní rozdělení vozidel

Vozidlo:

- silniční vozidlo - automobil (osobní, speciální, autobus)
- nákladní automobil, tahač
- přípojné vozidlo (přívěs, přívěs traktorový, návěs, návěs traktorový)
- motocykl
- traktor
- pracovní stroje
- vojenské vozidlo

(Průša 2012)

Základní rozdělení motorových vozidel vhodných pro přepravu nebo pro zabezpečení přepravy břemen a nákladů podle legislativy

a) Kategorie M - motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob a břemen malých objemů a hmotností (zpravidla pro potřeby cestujících osob).

- M1 – vozidla, která mají nejvýše osm míst k přepravě osob a víceúčelová vozidla.
- M2 – vozidla, která mají více než osm míst k přepravě osob a jejichž nejvyšší přípustná hmotnost nepřevyšuje 5000 kg.
- M3 – vozidla, která mají více než osm míst k přepravě osob a jejichž nejvyšší přípustná hmotnost převyšuje 5000 kg.

b) Kategorie N - motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů (velmi široký záběr variant).

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

c) Kategorie O - přípojná vozidla (v závislosti na konstrukci mohou být používána pro dopravu nákladů).

d) Kategorie T - traktory zemědělské nebo lesnické (jsou mobilními energetickými zařízeními pro tlačení nebo tažení přípojných vozidel, které slouží pro dopravu nákladů).

(Celjak 2011a)

2.1.2 Druhy a typy dopravních cest

a) podle dopravní důležitosti

- dálnice
- silnice I. třídy
- silnice II. třídy
- silnice III. třídy

b) podle charakteru provozu

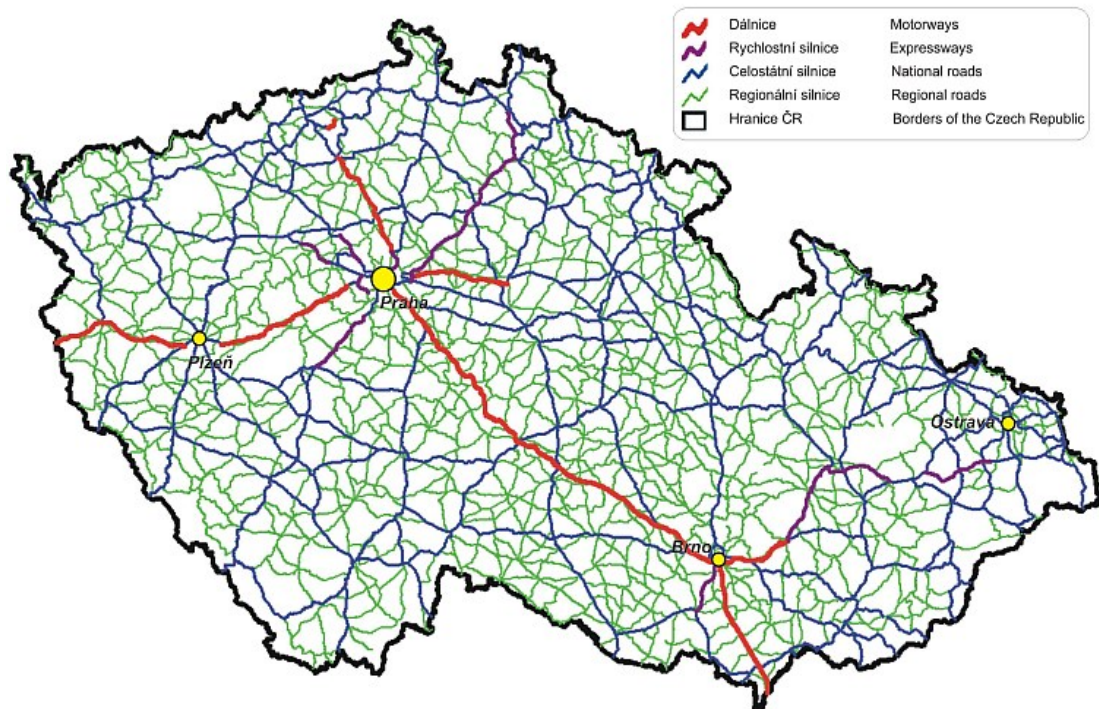
- silnice s neomezeným přístupem
- silniční komunikace s omezeným přístupem

c) podle rozestupu dopravních směrů

- směrově rozdělené
- směrově nerozdělené

(Průša 2012)

2.1.3 Silniční síť ČR



Obrázek 1 Silniční síť ČR.

(Zdroj: <http://algoritmy.eu/zga/grafy-a-stromy/>)

3. Prachové částice

Prachové částice (PM), resp. pevné částice či (pevné) jsou drobné částice rozptýlené ve vzduchu (polétavý prach), protože jsou tak malé, že mohou být unášeny proudem vzduchu. Podle původu lze zdroje pevných částic (s čímž souvisí znečištění ovzduší) rozdělit na **antropogenní** a **přírodní**. V mnoha případech lze vystopovat také kombinované zdroje pevných částic. (Celjak 2012a)

3.1 Zdroje původu, emisní a imisní limity

Antropogenní zdroje vznikají rozmanitou lidskou činností. Největší antropogenní zdroje nečistot v ovzduší (i jedovatých) představují spalovací procesy, které jsou nezbytnou součástí technologických činností při výrobě tepelné energie v teplárnách, využívajících spalování pevných paliv, při výrobě elektrické energie v tepelných elektrárnách na pevná paliva, při pohybu dopravních zařízení (zejména motorová vozidla, letadla, některé vlaky) na dopravních trasách, využívajících energii ze spalovacích procesů v motorech, při technologických činnostech manipulačních zařízení (nakladače, jeřáby, zdvižné vozíky, dopravníky), jejichž pracovní adaptéry jsou poháněné spalovacími motory, při pohonu speciálních strojních zařízení ve všech oblastech výroby a služeb (včetně komunální sféry, zemědělské a lesnické výroby), při dobývání a úpravě nerostných surovin (explozivní rozpojování, drtiče a třídače kameniva) a v ostatních doprovodných činnostech, které tvoří servisní činnost ve prospěch lidské společnosti (například při zimní údržbě posypem silnic a chodníků, používáním rozmanitých sprejů, aplikací nátěrů a impregnací, používáním rozpouštědel, zráním skládek komunálního odpadu, z nichž se uvolňuje metan apod.). Antropogenním zdrojem jsou také částice, které vznikají větrným odnosem ze stavenišť, ze skládek stavebních surovin, z demolovaných staveb, z nezpevněných polních cest a z obdobných míst, která vznikla v důsledku lidské činnosti.

Příčina znečištění ovzduší **přírodními procesy** může být chemické, fyzikální nebo biologické povahy. Mohou to být například zrna z větrných erozí půdy, obvykle z oblastí pokrytých řídkou vegetací, nebo zcela bez pokryvu vegetace (prachové bouře). Typickým příkladem, kdy se dostává do vznosu velké množství písku, je poušť. Důležitým přírodním zdrojem prachových částic je také kosmický prach. Kosmický prach je tvořen meziplanetární hmotou o velikosti menší než je 1 milimetr, která se volně nachází v okolním vesmíru. Jedná se o drobná zrnka různorodého materiálu, který pochází z různých zdrojů (materiál z období formování sluneční soustavy, ohon komety, materiál vyvržený po srážce atd.). Kosmický prach neustále dopadá na každé těleso ve vesmíru s různou intenzitou. Například na Zemi každoročně dopadne až 40 000 tun kosmického materiálu, kde dle výpočtu se jedná přibližně o 1 zrnko kosmického prachu za den na metr čtvereční. Dalšími přírodními zdroji látek, které znečišťují ovzduší, jsou následující zdroje (neprodukují prachové částice). Například metan, uvolňovaný v průběhu trávení potravy zvířaty nebo hnitím biomasy. Hnití je chemický, biologicky podmíněný proces, při kterém dochází k rozkladu organických látek bez přístupu kyslíku. Při hnití se uvolňují plyny, které jsou lidmi vnímány jako zápach. Dalším přírodním zdrojem je radioaktivní plyn radon, který se uvolňuje ze zemské kůry. Některé dřeviny, plodiny a ovoce uvolňují těkavé organické látky (borovice, topol, kukuřice a různé druhy ovoce a zeleniny) a velké množství silic je vytvářeno rostlinami jako ochrana před býložravci. Vážným zdrojem je sopečná aktivita, díky níž se uvolňují částice síry, chloru a popela. K přírodním zdrojům patří bioaerosol, který zahrnuje mikroorganismy (viry, bakterie, houby, pyl, spory).

Z uvedeného vyplývá, že prostředí v každé obci je ovlivňováno mnoha zdroji znečištění, které produkují rozmanité množství prachových částic – znečišťujících látek. Tyto znečišťující látky mají rozmanitý účinek a rozmanitou dobu trvání, kdy působí na obyvatele 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 obcí setkávají v běžném

životě, například při sportu, při turistice, při pobytu na zahradě, při relaxaci v pergole i při chytání ryb. Někteří lidé jsou vystavováni škodlivinám z povahy své pracovní činnosti. 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). (Celjak 2012a)

3.1.1 Emisní limit

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. (Celjak 2012a)

3.1.2 Imisní limit

Imisní limity stanovuje Nařízení vlády 597/2006 o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší v Příloze č.1. Přípustné úrovně znečištění ovzduší, přípustné četnosti jejich překročení a požadavky na sledování kvality ovzduší. Všechny uvedené přípustné úrovně znečištění ovzduší pro plynné znečišťující látky se vztahují na standardní podmínky - objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa. U všech přípustných úrovní znečištění ovzduší se jedná o

aritmetické průměry. Imisní limity znečišťujících látek PM₁₀ a přípustné četnosti jejich překročení uvádí tabulka 1.

Tabulka 1 Imisní limity znečišťujících látek PM₁₀ a přípustné četnosti jejich překročení.

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

3.2 Vliv na zdraví a období zvýšené koncentrace prachových částic

Hlavní a nejčastější cestou vstupu prachu do lidského organismu jsou dýchací cesty. Hrubé prachové částice jsou zadržovány v horních cestách dýchacích. Pohybem řasinkového epitelu, kterým je vystlána nosní dutina, se dostávají s hlenem do nosohltanu a jsou spolknuty, vykašlány nebo vykýchány. Větší částice postupně v dýchacích cestách sedimentují (horní cesty dýchací zachytí většinu částic větších než 5 μm), menší částice pronikají hlouběji. Se zmenšující se velikostí částic pravděpodobnost průchodu do plicních sklípků stoupá, pro částice velikosti 3 μm je tato pravděpodobnost vyšší než 50 %. Frakce prachu tvořená malými částicemi vdechnutelná až do plic je z hlediska zdravotního rizika nejnebezpečnější. Vysoké koncentrace prachu v ovzduší způsobují usazování prachových částic v očích, nosu a ústech a s tím spojené nepříjemné pocity. Dlouhodobá expozice těmito koncentracím i u prachu bez specifických účinků (někdy nazývanému "inertní") přetěžuje samočisticí mechanismy plic, snižuje celkovou obranyschopnost člověka a může přispívat ke vzniku chronického zánětu průdušek. Kromě toho mechanické působení těchto částic i jejich odstraňování může způsobovat poranění oka, pokožky nebo sliznic.

V průběhu celého roku lze zjistit přítomnost prachových částic v ovzduší v rozmanitých hodnotách, jejichž výši lze v mnoha případech ovlivnit. Lze obecně

stanovit některá období během kalendářního roku, kdy je výskyt prachových částic – znečišťujících látek vyšší než obvykle. Tím nejsou míněny například dvě hodiny po dešti, kdy jsou prachové částice odplaveny vodou do kanalizace nebo jsou přilepeny vodou k povrchu, na němž setrvávají. Je to období „aktivních zdrojů“. To je především v období inverze (což je obrácení teplotního gradientu), kdy dochází ke zvýšení koncentrace znečišťujících látek v nehybné přízemní vrstvě vzduchu. K inverzním situacím, trvajících několik dní (na podzim 2011 trvala inverze v některých lokalitách až 26 dní), dochází zpravidla v podzimních a zimních měsících. Příčinou zvýšení koncentrace znečišťujících látek není zmíněný meteorologický jev, ale jsou to antropogenní, přírodní a kombinované zdroje znečištění ovzduší, které produkují znečišťující látky do ovzduší. Tyto zdroje mají původ v biologických a fyzikálních prachových částicích, které se nacházejí na teritoriu obce nebo v jejím blízkém okolí a lze je v obcích a jejich okolí „vystopovat“.

Například v měsících, kdy ustoupí mrazy, roztaje sníh a následně dojde k vysychání silnic, cest a účelových ploch, které byly v zimních měsících ošetřovány posypem, zejména nevhodným posypem v obcích, kde občané „pomáhají“ sypat cesty a chodníky popelem po spalování fosilních pevných paliv. Lze vysledovat i období, kdy probíhají sklizňové práce a z polí vyjíždí dopravní a sklizňová zařízení, na jejichž pneumatikách zůstávají zbytky půdy, které opadnou na silnicích vedoucích do obce, vysuší se, rozdrobí a stanou se polétavými. Lze obecně vytipovat mnohé další zdroje znečišťujících látek. Například, kde probíhá stavební činnost a dochází k vývozu nečistot ze stavby na cesty, v místech, kde vyjíždějí vozidla z nezpevněných ploch a cest, při rekonstrukcích vozovek, při stavebních pracích v okolí cest, po prudkých deštích nebo po povodních, kdy je na cesty a nezatravněná prostranství naplaveno bahno a vyschne, při větrné erozi půdy v části obce, odkud vanou prudké větry, tam kde je zvýšený opad nečistot a produktů z vozidel (z koreb při přepravě nezajištěných sypkých materiálů) v místech, kde jsou na silnicích příčné nerovnosti (také příčné zpomalovací prahy) a výtlučky, v místech dočasných složišť stavebních materiálů nebo recyklátů, kolem průmyslových objektů produkujících prachové částice (drtiče, třídače, kamenolomy) a podobných zdrojů. Významnou zátěž ovzduší představuje zvíření prachových částic deponovaných na vozovce

(vozovkový prach) a v jejím blízkém okolí. Prachové částice ze zmíněných zdrojů, jsou tvořeny částicemi převážně větších frakcí, které se dostávají do ovzduší a stávají se znečišťujícími látkami především prouděním vzduchu.

Je to za předpokladu, že jsou v suchém stavu a ve velikostech, kdy jsou „unášeni schopné“. Proudění vzduchu je vyvoláno nejčastěji přírodním větrem, k němuž dochází vlivem rozdílů v tlaku a teplotě vzduchu a také vlivem rotace Země. Druhým zdrojem proudění vzduchu je pohyb dopravních a manipulačních zařízení. K iniciování dochází za určitých příznivých okolností při otáčení kol, turbulencí kolem rotujících částí zařízení a pohybem vzduchu za rychleji jedoucím vozidlem a podél vozidla (takže nejen na silnici, ale také na chodníku, který vede souběžně se silnicí). Pohyb vzduchu v malém měřítku mohou vyvolat pády některých břemen (například pád stromu na pevný povrch „zvíří“ prach) nebo vzduchotlaká strojní zařízení, pokud vzduch uniká mimo stroj. Čím je rychlost proudění vzduchu vyšší, tím se do ovzduší může dostat více zrn prachových částic. To samé platí i o velikosti částic. Čím vyšší je rychlost proudění vzduchu, tím se do ovzduší dostane více větších částic. Uvedené platí samozřejmě za předpokladu, že prachové částice „jsou k dispozici“. Čím méně je na exponovaných místech prachových částic „ochotných“ se dostat ze stabilní pozice proudem vzduchu do pozice nestabilní (polétavé), tím méně jich může zasáhnout dýchací cesty člověka. Z tohoto závěru vyplývá, že čištění cest, chodníků a veřejných prostranství, na nichž došlo z nějakých (výše uvedených) příčin k výskytu prachových částic, musí být systematické i operativní. Je to ve prospěch občanů obce. Samozřejmě, že v obcích jsou účelové cesty bez pevného povrchu, na kterých se také pohybují dopravní zařízení, za nimiž se mohou zvedat „oblaka prachu“. Tyto cesty mají jiný účel. Tím je především nést zátěž od kol a umožnit průjezd bez boření kol do podloží za jakéhokoliv počasí. Zpravidla je na nich provoz minimální a také rozumní řidiči na těchto cestách nejezdí vysokou rychlostí. Důležité je, aby byly čisté ty cesty, které jsou provozem více zatěžovány a především ty úseky, které vedou v zástavbě, kde mohou být lidé vystaveni prachovým částicím dlouhodobě. (Celjak 2012a)

4. Čistící a zametací zařízení

Tímto tématem se zabývá článek Čistící a zametací zařízení v časopisu Komunální technika 8/2012 jehož autorem je Celjak (2012b).

Čištění je obecný název pro pracovní činnost (procesu), kdy je určitý objem látky zbaven nežádoucích vnitřních příměsí (skupenství látek), resp. kdy je vymezená plocha zemského povrchu nebo povrch určitého tělesa zbaven zcela nebo částečně povrchových nečistot. Čištění zpravidla představuje chemický, biologický nebo fyzikální proces, kdy jsou odstraňovány nečistoty a je získána nová, resp. požadovaná kvalita vnitřního prostoru látky nebo povrchu tělesa, resp. plochy zemského povrchu. Nečistoty lze charakterizovat fyzikálními nebo chemickými veličinami. Jsou to například roztoky, prachy, kaly, sedimenty, tělesa, zrna nebo předměty variabilního složení a velikosti. Nečistoty disponují rozmanitými vazbami ke kapalinám nebo tuhým látkám. Například nečistoty mají rozmanitou přilnavost k povrchu. Mohou být volně ležící (zde působí pouze gravitační síly) nebo určitým způsobem připoutané - přilepené (zde mohou působit molekulární, vodíkové, elektrické a další vazby).

K odstraňování nečistot jsou určeny rozmanité prostředky (například chemické čisticí prostředky na bázi rozpouštědel, saponáty a ředidla nebo mechanické prostředky – pískové, papírové a jiné filtry) a čisticí strojní zařízení pracující s vhodnými médii (hydraulické nebo pneumatické) a mechanickými nástroji (kartáče, škrabky, nože). U mnoha čisticích strojních zařízení v komunální oblasti jsou používány kombinace čisticích prostředků s čisticími nástroji. (Celjak 2012b)

4.1 Čistící zařízení

Čisticí 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, resp. na velikostech sbíraných prachových částic. Některé prachové částice mohou být ponechány na povrchu a ostatní je nutné bezpodmínečně odstranit. Jiné požadavky jsou na čistotu podlah v interiérech a stěnách obytných nebo účelových zařízení (vitríny, sochy, lavičky) a jiné požadavky jsou na čistotu chodníků nebo silnic.

Čistících strojních zařízení je v komunální oblasti k dispozici několik. Některé stroje povrchy čistí dotykem pracovních adaptérů, jiné zametají dotykem pracovních adaptérů s následným odsáváním sacím zařízením a další zařízení povrchy čistí směrovým působením proudu tlakové vody. Mohou to být malé tlakové myčky s malým průtokem, které produkují tvarový (zejména plochý) paprsek vody a mohou to být také velká čerpadla, která dodávají velký objem tlakové vody. Podmínkou je, že mohou čerpat vodu z čistých nádrží nebo z vodovodního řádu. Některá tlaková čistící zařízení jsou vybavena vlastním zásobníkem na vodu, který je umístěn na kolovém podvozku společně s čerpadlem. Malá čistící zařízení, jako jsou například tlakové myčky, vyžadují elektrickou síť pro pohon čerpadla. Větší čistící zařízení jsou poháněna spalovacími motory nebo elektromotory s dodávkou elektrické energie z akumulátorů. (Celjak 2012b)

4.1.1 Rozdělení čistících zařízení

Čistící zařízení lze rozdělit podle konstrukce na:

- a) Čistící zařízení využívající tlakovou vodu (hobby i profesionální vysokotlaké myčky)
- 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 čistící a zametací sekcí

f) Samojízdné kompaktní čističe a zametače

a) Čistící zařízení využívající tlakovou vodu (vysokotlaké mycí stroje) (viz. obrázek 2)

Tyto stroje lze rozdělit na 2 skupiny: a) Myčky pro domácí použití, b) Myčky střední třídy, c) Myčky pro profesionální použití. 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. U myček pro občasné a krátkodobé použití jsou motory většinou kartáčové, u myček pro intenzivní zátěž se používají motory indukční. Typ použitého motoru ovlivňuje cenu myčky. U běžných myček pro domácí použití se pohybuje provozní tlak od 80 do 120 bar. U myček střední třídy se pracovní tlak pohybuje od 120 do 150 bar. Nad tuto hodnotu tlaku se jedná již většinou o myčky profesionální. S uvedeným rozdělením na domácí a profesionální myčky zpravidla souvisí i předpokládaná nepřetržitá doba při používání tlakové myčky. Domácí myčky by měly být používány v délce nepřetržitého provozu do 20 minut a potom by měly alespoň hodinu odpočívat. Zajistí se tím vysoká životnost čerpadla. Tlakové myčky lze rozdělit do dvou hlavních kategorií podle konstrukce čerpadla: a) čerpadla axiální a b) čerpadla lineární. Obojí jsou pístová. Axiální pístové čerpadlo má 3 nerezové písty, motor disponuje 2850 ot.min⁻¹. Hlava čerpadla může být z plastu, hliníku nebo z mosazi. Myčky s plastovou hlavou patří k těm nejlevnějším a životnost myčky je přibližně 200 provozních hodin. Myčky s hliníkovou hlavou jsou běžným standardem myček střední kategorie. Nevýhodou hliníkové hlavy je, že hliník reaguje s kyselější vodou a v čerpadle se někdy usazují drobné krystalky. Málo používanou tlakovou myčku je dobré jedenkrát měsíčně propláchnout krátkým spuštěním. Myčky pro profesionální použití mají hlavu čerpadla vyrobenou z mosazi, některé také mají hlavu z ušlechtilé oceli a písty ze speciálního tvrdokovu nebo keramické hmoty.

Domácí myčky jsou opatřeny zpravidla pěti až osmimetrovou tlakovou hadicí s ovládací rukojetí, k níž lze připojit rozmanité pracovní adaptéry v podobě trysek (plochý paprsek, rotující paprsek) nebo čistících kartáčů (lišťových nebo rotačních). Dále jsou vybaveny pětimetrovým přívodním kabelem k připojení k elektrické síti. Myčky mohou být vybaveny malou nádržkou na čistící prostředek. Součástí myček je jemný filtr, který je umístěn na vstupu do myčky a připevňuje se k němu přívodní hadice. Myčky mohou být připojeny k vodovodnímu řádu nebo si mohou vodu nasávat z nádoby. Hmotnost čistících zařízení přenosných obsluhou se pohybuje v rozmezí od 4 kg do 15 kg bez příslušenství.

Profesionální tlakové myčky jsou určeny pro náročné dlouhodobé použití při mytí velmi znečištěných stavebních strojů, zemědělské mechanizace nebo při čištění silně znečištěných vodorovných nebo svislých ploch (fasády). Menší stroje jsou opatřeny dvěma kolečky a ty větší jsou umístěny na dvoukolovém nebo čtyřkolovém podvozku s možností vlastního pojezdu. Pohon je zajištěn z elektrické sítě nebo prostřednictvím vlastního spalovacího motoru. Průtok vody se pohybuje v rozmezí 500 až 1800 litrů za hodinu, pracovní tlak se pohybuje v rozmezí 180 až 230 barů. Profesionální tlakové myčky mohou být vybaveny vlastní nádrží na vodu. Příkon se pohybuje v rozmezí 2,2 kW až 13 kW (ze sítě: 3/400/50). Profesionální tlakové myčky jsou vyráběny ve verzi přípojného jednoosého podvozku, na němž je umístěna myčka, spalovací motor k pohonu myčky a nádrž na vodu. Provozní hmotnost přívěsu je 450 kg.

Myčky s ohřevem vody naleznou uplatnění při mytí mastných nebo silně znečištěných předmětů nebo ploch. K dispozici jsou takové myčky, které vodu ohřívají na maximální hodnotu až 140°C a jsou buď s regulací teploty vody nebo pevně nastavené na 90°C s možností vypnutí ohřevu.

Čistící tlaková zařízení využívající vodu k transportu nečistot se používají v místech, ze kterých může voda společně se sedimenty odtéci do míst, kde již nebude překážet, resp. kde nevytvoří následný problém (například ucpání kanalizace). Čištění čistícími zařízeními s tlakovou vodou lze provést v místech, kde je k dispozici odtok, resp. kanalizační vpust' v nejnižším místě nebo alespoň malá jámka, do níž kaly stékají a jsou průběžně odčerpávány kalovými čerpadly. Také lze

tlakem vody čistit plochy, ze kterých voda se sedimenty odteče kanalizací (silnice, chodníky). Předpokladem je, že je k dispozici voda, resp. čistící zařízení s integrovaným zásobníkem (vlastní nádrží) vody a zároveň, že kanalizace je průchodná, což po povodních nebývá obvyklé. V jiných případech bude ekonomičtější, když budou sedimenty zameteny samosběrnými zametacími zařízeními a vyvezeny na řízené skládky nebo do míst, kde je to vhodné k jejich bezpečnému trvalému uložení nebo dalšímu využití (všechny sedimenty nemusí být škodlivé).



Obrázek 2 Vysokotlaký mycí stroj.

(Zdroj: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/poseidon-elektricky-motor.html>)

b) Ručně vedené čističe a zametače (viz. obrázek 3)

Tuto skupinu lze rozdělit na podskupiny jednokotoučových čistících strojů (mycí stroje) a ručně vedených čističů na kolovém podvozku (zametací 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. Rychlost pohybu se pohybuje v rozmezí 3,2 až 4,2 km.h⁻¹ a závisí na dispozicích obsluhy a čištěném prostředí. Ručně vedené čističe jsou vybaveny sběrnou nádobou o velikosti

40 až 60 litrů. Pracovní šířka se pohybuje v závislosti na modelu v rozmezí 420 až 760 mm. Stroje jsou opatřeny přimetacími kartáči. Plošná výkonnost je variabilní, protože záleží na charakteru čištěné plochy. Lze očekávat, že v ideálních podmínkách se bude pohybovat v rozmezí 1 600 až 2 800 m².h⁻¹. Ručně vedené čističe lze využít v interiérech i v exteriérech.

Jednokotoučové čisticí stroje jsou vedeny obsluhou a otáčení pracovního kartáče zajišťuje elektromotor s výkonem 300 až 1300 W. Elektrická energie je získávána ze sítě prodlužovacím kabelem, který je součástí stroje. Jeho délka je zpravidla 15 metrů. Některé stroje jsou vybaveny akumulátory. Otáčky pracovního kartáče se pohybují v rozsahu 120 až 150 až 410 ot.min⁻¹. Pracovní šířka čištění se pohybuje v rozsahu 330 až 430 mm. Plošná výkonnost se pohybuje v rozmezí 150 až 300 m².h⁻¹. Výměnné čisticí kartáče (pady) se připevňují na unášec a jsou k dispozici až v sedmi různých tvrdostech. Tvrdost padů je charakterizována barvou. Bílá barva označuje nejjemnější provedení, černá barva nejhrubší provedení. Stroje jsou vybaveny nádobkou na vodu a čisticí prostředek. Tyto čisticí stroje jsou určeny k čištění podlah s rozmanitými povrchy (dřevo, parkety, lino, dlažba, beton) v interiérech. Hmotnost se pohybuje v rozsahu 25 až 45 kg.



Obrázek 3 Ručně vedený čisticí stroj.

(Zdroj: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/zametaci-stroje.html>)

c) Samojízdné ručně vedené čističe (viz. obrázek 4)

Tuto skupinu lze rozdělit na podskupiny strojů pro mytí podlah (podlahové mycí automaty) a strojů pro zametání ploch s odsáváním. Tyto stroje jsou řízeny kráčejičím 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.

Podlahové mycí automaty jsou určeny pro mytí a současně i odsávání nečistot z pevných povrchů. Jsou vybaveny kartáči s horizontální osou rotace (válcové čisticí stroje) nebo vertikální osou rotace (diskové mycí stroje s výměnnými pady). Pracovní šířka se pohybuje v rozsahu 400 až 1000 mm. Plošná výkonnost se pohybuje v rozsahu 400 až 3600 m².h⁻¹. Objem nádrže na vodu je v rozsahu 10 až 200 litrů. Podlahové mycí automaty nacházejí své uplatnění zejména při čištění povrchů, které jsou tvořeny dlažbou, parketami, kamennými hladkými deskami, lakovaným betonem, PVC hmotami, pryžovými deskami.

Stroje pro zametání ploch s odsáváním disponují pracovní šířkou 480 až 1050 mm. Jsou vybaveny zásobníkem na zametené nečistoty v závislosti na modelu v rozsahu 40 až 50 litrů. Disponují plošnou výkonností v rozmezí 2800 až 4800 m².h⁻¹.



Obrázek 4 Samochodný ručně vedení čistící stroj.

(Zdroj: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/zametaci-stroje.html>)

d) Samojízdné čističe se sedící obsluhou (viz. obrázek 5)

Tuto skupinu lze rozdělit na podskupiny strojů pro mytí podlah (podlahové mycí automaty) a strojů pro zametání ploch s odsáváním. 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 vyklápat do výšky nad 2 metry, což umožňuje vyklápění na korby automobilů.



Obrázek 5 Samojízdný čisticí stroj se sedící obsluhou.

(Zdroj: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/zametaci-stroje.html>)

e) Nosiče nářadí s čisticí a zametací sekcí (viz. obrázek 6)

Čisticí nářadí může být nesené rozmanitými nosiči (malotraktory, stavební stroje), které mají k dispozici buď kardanovou hřídel nebo hydraulickou soustavu k pohonu hydromotorem. Zametače a čističe na nosičích nářadí je možné použít jak čelně nesené tak vzadu nesené. Většina nosičů zametacích adaptérů pracuje s tzv. aktivními pracovními adaptéry – rotující kartáče. Některé nesené pracovní adaptéry jsou využívány bez pohonu a jsou pouze nesené. Čisticí kartáče pracují na principu

koštěte. Jsou určeny zejména do vnitřních prostor, kde není žádoucí víření prachu. Pohon od vývodové hřídele nosiče je možné zvolit pro 540 nebo 1000 ot. min⁻¹. Zametače pracující s aktivním pohonem využívají hydromotory. U hydromotorů je potřeba respektovat minimální průtok oleje a tlak hydraulické soustavy malotraktoru, které udávají výrobci. Zametače lze natáčet mechanicky nebo hydraulicky na levou nebo pravou stranu pod určitým úhlem (zpravidla je to 20°). V základní výbavě zametačů nesených nosiči nářadí jsou dvě opěrná, výškově stavitelná kola, kterými se seřizuje přítlak kartáče na podložku a zároveň je umožněno kopírování zametače nezávisle na nosiči. Zametače nesené nosiči (zejména komunálními malotraktory) mají zpravidla ve standardní výbavě univerzální polypropylenové kartáče o průměru 530 mm. Zametače pro nosiče nářadí lze vybavit dalším příslušenstvím, například sběrnou vanou, hydraulickým vyklápěním sběrné vany, škrabkou, hydraulickým natáčením zametače, bočním přimetacím talířovým kartáčem, přídatným kropením, bantamovými opěrnými koly, čelním obrysovým osvětlením, zadním koncovým osvětlením nebo stavitelnou clonou proti odlétávání nečistot při použití zametače bez vany. Zametací zařízení nesená středně velkými traktory pracují buď beze sběru nečistot nebo se sběrem nečistot do sběrné nádoby (vany, lišty), kterou mohou hydraulicky vyklápat. Tyto sběrné nádoby nedisponují velkým objemem.



Obrázek 6 Nosič nářadí se zametací sekčí.

(Zdroj: <http://www.kohut.cz/zametaci-zarizeni-km-s>)

e) Samojízdné kompaktní čističe a zametače (viz. obrázek 7)

Kompaktní samozízdné čističe a zametače pracují na principu mechanicko-vakuového (ventilátor se sacím efektem) příjmu zameteného materiálu s možností použití vodního čerpadla pro mytí a kropení. V přední části automobilu je umístěna vysokotlaká lišta s několika tryskami, záleží na šířce záběru, pomocí níž lze odplavit sedimenty do míst, kde mohou odtéci, resp. nebudou překážet. Tato zařízení jsou vybavena zametacími kartáči, které jsou umístěny v přední části automobilu nebo mezi nápravami. Konstrukce zametacích kartáčů jsou buď se svislou osou rotace (talířové kartáče) nebo s vodorovnou osou rotace (válcové kartáče). Základ kartáče tvoří dřevěné nebo plastové jádro, které je vypleteno kartáčnickým drátem, polypropylenem nebo kombinací těchto materiálů. Pro odstranění zvláště hrubých nečistot jsou vyráběny lanové kartáče. Průměr talířových kartáčů je závislý na velikosti podle modelu nosiče. Kartáče válcové se skládají z plastového jádra, do kterého je osazen vhodný výplet (polyamid, polypropylen, polyamid + drát). Délky a průměry kartáčů jsou vyráběny podle typu čistícího strojního zařízení. Čistící zařízení je umístěno na podvozku automobilů nebo rozmanitých nosičů (nosičů komunálních nástaveb, malotraktorů nebo zemních strojů) a je zpravidla poháněno motorem podvozku, v některých případech je k dispozici nastavbový motor. Pro čištění jsou k dispozici výkonné vysokotlaké systémy, které jsou zásobovány vodou z nádrže umístěné na korbě.



Obrázek 7 Samojízdný kompaktní čistič.

(Zdroj: <http://www.mtmtech.cz/fotogalerie/cisteni-udrzba-a-opravy-komunikaci/vysavacove-zametaci-stroje-samochoodne/zametaci-stroj-mfh-2500.htm>)

Velikost mobilních čistících zařízení lze rozdělit podle objemu nástavby:

- a) Mini čistící zařízení s objemem zásobníků čištěného materiálu (odpadu) – 1 – 1,2 m³
- b) Malá čistící zařízení s objemem zásobníků čištěného materiálu (odpadu) – 1,2 – 3 m³
- c) Střední čistící zařízení s objemem zásobníků čištěného materiálu (odpadu) – 3 – 5 m³
- d) Velká čistící zařízení s objemem zásobníků čištěného materiálu (odpadu) – nad 5 m³

Objemu nástavby musí odpovídat podvozky, protože musejí nést hmotnost zaplněného zásobníku (kontejneru). S velikostí čistícího zařízení korespondují také rozměry strojů, což je předurčuje k plnění čistících prací v závislosti na prostředí (chodníky, úzké profily). V závislosti na velikosti disponují také pracovním záběrem čištění. Pracovní záběr bývá variabilní, protože lze přední kartáče vysunovat do stran. Například mini čistící zařízení disponuje pracovním záběrem 1200 až 2000 mm. U velkých čistících zařízení může být pracovní záběr v rozsahu 2300 až 3400 mm. Převážná rychlost je závislá na modelu nosiče, u středních a velkých čistících zařízení to může být až 80 km.h⁻¹. Pracovní rychlost se zpravidla pohybuje v rozsahu 0 – 12 km.h⁻¹, záleží na prostředí a charakteru nečistot. (Celjak 2012b)

5. Výskyt prachových částic v ovzduší

Měření znečišťujících látek PM_{10} se zabývá BAT centrum Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích v laboratoři Hluk a prach. Konkrétně Celjak (2012a), který uvádí tyto naměřené údaje:

Pokud není v měřené oblasti inverze, lze naměřit hodnoty PM_{10} v rozmezí 11 až $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pokud je obec zasažena mírnou inverzí, dojde k nárůstu na hodnoty PM_{10} 115 až $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Zajímavá je skutečnost, že se při inverzi nelze schovat do budovy ani utéci do lesa nebo se schovat do jeskyně. O tom svědčí následující naměřené údaje. Dne 18. listopadu 2011 byla v jižních Čechách inverze, kdy mimo obydli byla naměřena průměrná hodnota $223 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (čili 4 x překročen limit). Údaj není převzat ze stacionárního měřicího zařízení ČHMÚ, ale byl změřen mobilním zařízením DustTRAK u obce Netolice. V ten samý okamžik byly v místnosti, kam obyvatelé běžně vchází dveřmi (troje dveře !), průměrná hodnota PM_{10} $159 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (takže byl limit také překročen). V místnosti, do které nebylo od začátku inverze vcházeno, byla naměřena průměrná hodnota $85 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V místnostech, kdy inverze nebyla, se hodnoty pohybovaly také obdobně jako mimo obydli. Pokud byl měřicí přístroj umístěn 30 metrů ve směru vanoucího větru z místa, kde je komín, z něhož vycházel kouř z topidla na uhlí (měřicí přístroj byl umístěn v nerozptýleném kouři, který byl hnán k místu měření), byly naměřeny hodnoty PM_{10} v rozmezí 620 až $800 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Ted' zřejmě ty nejzajímavější hodnoty. Hodnoty byly změřeny podle metodiky měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě monitorem Dust TRAK 8530 (JČU v Českých Budějovicích, ZF). Průjezd vozidla kategorie N na nečištěné silnici (Braníšovská ulice v Č.Budějovicích, v místě výjezdu vozidel ze stavby od objektů JČU) emitoval prachové částice na průměrnou hodnotu $148 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Na vyčištěné cestě to byla průměrná hodnota $48 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, při hodnotách $12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ bez pohybu vozidla. Cesta byla vyčištěna kompaktním samosběrným zametacím zařízením. (Celjak 2012a)

V rámci Operačního programu životního prostředí- Prioritní osy 2 jsou k dispozici ke zhlédnutí například dva projekty (Projekt snížení prašnosti v obci Pašinka 2011 a Projekt snížení prašnosti na území města Králíky 2011), které uvádí tyto data:

Přesná analýza podílu tzv. sekundární prašnosti z automobilové dopravy na koncentracích PM_{10} v jednotlivých částech území ČR není k dispozici. Z rešerše odborných studií nicméně vyplývá, že na celkových emisích PM_{10} z dopravy se sekundární prašnost podílí cca z 80 – 90 %. V případě celkového prachu je její podíl ještě vyšší, neboť v primárních emisích se hrubší částice prakticky nevyskytují.

Podíl dopravy na celkových koncentracích PM_{10} pak lze na základě údajů o dopravní zátěži, množství vypočtených emisí a údajů o průběhu imisní zátěže během roku odhadovat na úrovni cca 40 % celkových koncentrací. Podíl sekundární prašnosti tedy lze předpokládat na úrovni nejméně 30 – 35 % z celkových hodnot, což pro roční průměr PM_{10} představuje cca 6– 11 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

6. Metodika

Metodika byla převzata z metodiky měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě, kterou využívá BAT centrum Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Napsal ji Celjak (2011b)

6.1 Cíl metodiky

Cílem této metodiky je poskytnout návod na měření polévatého prachu krátkodobých a průměrných čtyřadvacetihodinových koncentrací částic polévatého prachu v ovzduší obydlených míst a v pásmech hygienické ochrany. Součástí této metodiky je měření teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, tlaku vzduchu, rychlosti a směru proudění vzduchu. Zásady provádění měření vycházejí z ustanovení Zákona 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, Nařízení vlády 597/2006 Sb. o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší, Vyhlášky 205/2009 Sb. o zjišťování emisí ze stacionárních zdrojů a Nařízení vlády č.361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Sledování kvality ovzduší se provádí pro znečišťující látky uvedené v příloze č. 1 Nařízení vlády 597/2006. Sledování kvality ovzduší se provádí měřením úrovně znečištění na určených místech, a to kontinuálně nebo jednorázovým odběrem vzorků.

6.1.1 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.

6.1.2 Význam výsledků měření

Výsledky měření jsou nezbytné pro hodnocení specifických lokálních podmínek na vznik prachových částic a pro realizaci opatření pro jejich snížení v souladu se Zákonem č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví. Na základě výsledků měření v rozdílných lokálních podmínkách může být vypracován návrh protiprachových opatření.

6.2 Vlastní popis metodiky

6.2.1 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 $3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

6.2.2 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

ústí. 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°C a relativní vlhkost 20 – 45%.

6.2.3 Místa měření

Specifická místa měření

V místech oboustranně obestavěné silnice se měří přednostně ve vzdálenosti 2 metry od obvodové stěny budovy.

Pro hodnocení specifických lokálních podmínek na vznik prachových částic a pro realizaci opatření pro jejich snížení je nezbytné měřit zejména v těch situacích, kdy se může měnit celkový obsah prachových částic v ovzduší a lze předpokládat, že nebudou odneseny proudem větru směrem od měřicího zařízení.

Specifické lokální podmínky:

- a) kvalita povrchu silnice
- b) rychlost jízdy vozidel
- c) závislost na určité kategorii vozidel
- c) intenzita provozu
- d) úroveň znečištění vozovky (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 $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) 5 dnů před měřením

Přesnou polohu měřících míst je vhodné provést záznamem do mapy tak, aby byla místa jednoznačně určena, popřípadě uvedením polohy pomocí GPS.

6.2.4 Meteorologické podmínky při měření

Meteorologické podmínky musí být kontrolovány průběžně (například v hodinových intervalech) v místě měření a musí být při zahájení měření zapsány. Pokud měření přesáhne jednu hodinu, musí být v hodinových intervalech průběžně zaznamenávány. Meteorologické podmínky po celou dobu měření emisí prachových částic musí vyhovovat těmto omezením:

- rychlost větru musí být nižší než $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- okolní teplota v úrovni měření musí být v rozmezí $+15$ až $+30^\circ\text{C}$;
- relativní vlhkost musí být v rozmezí $20 - 45\%$;
- součin teploty vzduchu ($^\circ\text{C}$) 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. Tato podmínka platí i v případě předchozího technického čištění mokrou technologií.

6.2.5 Vyjádření výsledků

Výsledky koncentrace prachu se udávají v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejistota měření se uvádí v % hodnoty výsledku nebo v jednotce $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Výsledky se zaokrouhlují na jedno desetinné místo.

Statistická kontrola přístroje

O správné a stabilní funkci přístroje na měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě se lze přesvědčit pomocí vhodného statistického kritéria - zda změřené hodnoty podléhají pouze statistickým fluktuacím, nebo zda jsou ovlivněny i jinými faktory. Pokud je přístroj správně kalibrován a je

ověřeno jeho správné nastavení, nebude vykazovat hrubší chyby měření, avšak mohou se v principu objevovat drobnější odchylky vlivem nestabilit, které se významně neprojevují.

Pro rychlou orientační kontrolu stačí provést dvakrát měření, čímž se získají dvě hodnoty koncentrace prachu v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ N_1 a N_2 . Pro posouzení, zda rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami je ještě v rozmezí statistických fluktuací, lze použít následující kritérium:

Překročí-li rozdíl $|N_2 - N_1|$ mezi naměřenými hodnotami koncentrace prachu v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ přibližně tři směrodatné odchylky statistických fluktuací, tj. $3\cdot\sqrt{[(N_1^2 + N_2^2)/2]}$, svědčí to pro podezření na nestabilitu přístroje.

Statistické vyhodnocení měření

Měření hodnot koncentrace prachu v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ je zatíženo určitými chybami a tyto chyby je nutné ve výsledcích měření vyjádřit. K tomu je třeba stanovit směrodatnou odchylku.

Směrodatná odchylka σ (směrodatná odchylka vyjadřuje, jak se hodnoty liší od průměrné hodnoty) jednotlivého měření je dána druhou odmocninou z naměřeného počtu hodnot koncentrace prachu v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ N : $\sigma = \pm \sqrt{N}$. Znamená to, že při opakovaném měření leží přibližně 68% z celkového počtu naměřených hodnot v intervalu $(N - \sigma, N + \sigma)$, 95% hodnot leží v intervalu $(N - 2\sigma, N + 2\sigma)$ a 99% hodnot v intervalu $(N - 3\sigma, N + 3\sigma)$.

Relativní chyba (variační koeficient) měření je pak $\Delta = \sigma/N = \sqrt{N}/N = 1/\sqrt{N}$, resp. $\times 100$, pro vyjádření v %. Chyba měření je tedy tím nižší, čím vyšší počet hodnot koncentrace prachu v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ se naměří. To je jediný způsob, jak lze snížit chyby způsobené statistickými fluktuacemi (například změřili se 10 hodnot, činí chyba $1/\sqrt{10} \cong 33\%$, při změřených 100 hodnotách bude chyba $1/\sqrt{100} = 10\%$).

Výsledná chyba měření

Výsledná chyba měření se obecně skládá z jednotlivých dílčích chyb, které lze rozdělit do tří skupin:

- **Náhodné chyby** statistického charakteru, které u měření hodnot koncentrace prachu v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ vyplývají především z charakteru vlivu prostředí. Náhodné chyby mohou mít původ i ve specifických lokálních podmínkách, které mají vliv na vznik prachových částic, kdy se může měnit celkový obsah prachových částic v ovzduší.
- **Systematické chyby** zkreslující výsledky měření zcela určitým definovaným způsobem a směrem. Projevují se tak, že se změří buď trvale nižší nebo trvale vyšší hodnoty, než je hodnota skutečná. Příčinou systematické chyby může být vliv meteorologických podmínek nebo chybný výběr základních míst měření.
- **Hrubé chyby** způsobené např. poruchou měřicího přístroje, chybným nastavením přístroje nebo selháním v důsledku lidského faktoru. Zvýšenou pozorností a pečlivou kontrolou měřicího postupu lze hrubým chybám předejít.

Pokud jednotlivé dílčí chyby mají statistický charakter, je výsledná chyba měření podle zákonitostí matematické statistiky dána jejich geometrickým součtem:

$$\sigma = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2)^{1/2}.$$

6.2.6 Období měření

Doporučuje se měřit v měsíci březnu až říjnu. Den před a po měření nemá být dnem pracovního klidu, proto se měří v úterý, ve středu, ve čtvrtek, pokud nejsou stanoveny specifické požadavky pro měření (například měření rekreačního provozu, měření na trase automobilového závodu apod.).

6.2.7 Doba měření a její minimální trvání

Měření se provádí v závislosti na intenzitě provozu a době měření. Doba měření zahrnuje denní a noční dobu. V denní době se měří dopoledne (6,00 až 12,00 hodin) nebo odpoledne (12,00 až 18,00 hodin), v noční době se měří od 22,00 hodin do 4,00 hodin.

Minimální trvání měření se volí v závislosti na požadavcích na sběr dat. Při měření prachových částic v závislosti na kategorii vozidel se měří od okamžiku průjezdu vozidla kolmou spojnicí osy silnice a místa měření. Měření musí být ukončeno do průjezdu dalšího vozidla, pokud není stanoveno jinak.

6.2.8 Dopravně-inženýrské údaje

Doporučuje se měřit na silnici, kterou lze jednoznačně charakterizovat sklonem, druhem, kvalitou povrchu vozovky, způsobem a intenzitou čištění, způsobem vzniku prachových částic (vlivem automobilů – opadávající nečistoty z automobilů, ztráty převáženého materiálu, okolím, jinou pracovní činností – například zemními pracemi na silnici nebo přilehlém okolí, inertním materiálem – písek, štěrk, sůl).

6.2.9 Doplnující údaje

Prachové částice emitované jedoucimi vozidly je třeba ověřit měřením při shodné (přibližně) rychlosti jízdy vozidel. Měření je třeba provést na dvou rozdílných površích silnice (udržovaný čištěním, neudržovaný), aby bylo možné porovnat tyto výsledky. Mezi impaktorem měřícího přístroje a silnicí nesmí být překážky a povrch mezi místem měření a silnicí musí být přibližně shodný (travnatý, betonový, povrch bez porostu). Vzdálenost místa, kde je umístěn měřící přístroj musí být shodná pro všechna měřená vozidla (ve všech vybraných kategoriích), pokud se bude provádět srovnání mezi kategoriemi vozidel.

Měření lze provádět pouze při hodnotách PM_{10} nižších než $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nelze provádět při inverzích, kdy jsou hodnoty PM_{10} vyšší.

6.3 Přístroje použité při měření

Přístroj na měření prachových částic (viz. obrázek 8) (DustTRak 8530, výr.č. 8530110715). (Celjak 2011b)



Obrázek 8 Přístroj na měření prachových částic DustTRak 8530.

(Zdroj: Celjak I.)

7. Měření a vyhodnocení

7.1 Podmínky při měření

Měření proběhlo po domluvě s firmou A.S.A., spol. s r.o. za téměř optimálních povětrnostních podmínek (viz tabulka 2), dne 18. 10. 2012 před vyčištěním komunikace, a poté co byla komunikace vyčištěna kompaktním samosběrným zametacím zařízením dne 19. 10. 2012. Hodnoty PM_{10} byly porovnány s údaji z automatizované hydrometeorologické stanice (viz tabulka 3).

Tabulka 2 Meteorologické podmínky při měření.

	Před vyčištěním komunikace	Po vyčištění komunikace
Datum	18. 10. 2012	19. 10. 2012
Počasí	skoro jasno	skoro jasno
Teplota [°C]	16	15
Vlhkost [%]	82	78
Čas [h]	14:00- 15:00	15:00- 16:00
Rychlost větru [$m.s^{-1}$]	2,8	2,0
Směr větru	jižní	jižní
PM_{10} 1h [$mg.m^{-3}$]	0,009	0,013

Tabulka 3 Údaje o hydrometeorologické stanici.

Lokalita:	České Budějovice
Vlastník lokality:	Český hydrometeorologický ústav
Zeměpisné souřadnice:	48° 59' 3.791" sš 14° 27' 56.462" vd
Nadmořská výška:	383 m

Místo měření byla ulice Novohradská v Českých Budějovicích, kde bylo určeno 6 měřících míst (viz obrázek 9). Před každým měřením proběhla kalibrace přístroje a jedno měření probíhalo 3 minuty.



Obrázek 9 Novohradská ulice s vyznačenými místy měření.

(Zdroj: <http://www.mapy.cz/s/6FzB>)

Intenzita provozu

Intenzita provozu byla měřena při každém měření v obou směrech a v oba dny byla téměř shodná. V tabulce 4 jsou uvedeny kategorie vozidel, jejichž množství nebylo úplně zanedbatelné. Kategorie vozidel M1+ N1, M2+ M3 a N2+ N3 byla měřena dohromady.

Tabulka 4 Intenzita provozu za 1 měření (3 min).

Kategorie vozidel	Průměrné množství (ks)
M1+N1	29
M2+M3	2
N2+N3	<1

Popis stavu znečištění komunikace

Před vyčištěním

Na krajnici a uprostřed komunikace (mezi pruhy) se nacházela vrstva uvolněných minerálních zrn. Zrna velikosti průměru nad 3 mm v 15%, do 3 mm v 45%, zrn o velikosti do 2 mm v 25%, prachové jemné částice do 15%. Tloušťka vrstvy byla do 0,5 cm. Jemné prachové částice byly z větší části přilepeny k vozovce.

Po vyčištění

Komunikace byla v celé šíři zbavena hrubých nečistot. Jemné prachové částice však nebyly vyčištěny dostatečně a část jich na vozovce zůstala a byla rozptýlena po větší části komunikace v tenké vrstvě do 1 - 2 mm. Mechanickou cestou byla narušena jejich vazba k vozovce a byly spíše volně ložené.

Kompaktní samosběrné zametací zařízení

K čištění komunikace bylo použito kompaktní samosběrné zametací zařízení (viz obrázek 10), které pracuje na principu mechanicko-vakuového (ventilátor se sacím efektem) příjmu zameteného materiálu. Šířka záběru tohoto zařízení byla cca 2,5 metru. V přední části automobilu byla umístěna vysokotlaká lišta s několika tryskami, které skrápěly vozovku vodou z nádrže na korbě. Mezi nápravami byly zametací kartáče se svislou osou rotace (talířové kartáče), které zametaly nečistoty a ty byly následně odsáty do zásobníku. V jednom pruhu vozovky byly vykonány 2 jízdy, tak aby zařízení vyčistilo celou její šíři. Pracovní rychlost čištění byla cca 5 km.h⁻¹.



Obrázek 10 Kompaktní samosběrné zametací zařízení.

(Zdroj: Celjak I.)

7.2 Výsledky měření

Souhrn průměrných hodnot jednotlivých měření, rozdíly na místech měření a celkové průměry PM_{10} před a po vyčištění ukazuje tabulka 5 a grafy 1 a 2. Směrodatnou odchylku uvádí tabulka 6.

Tabulka 5 Výsledky měření.

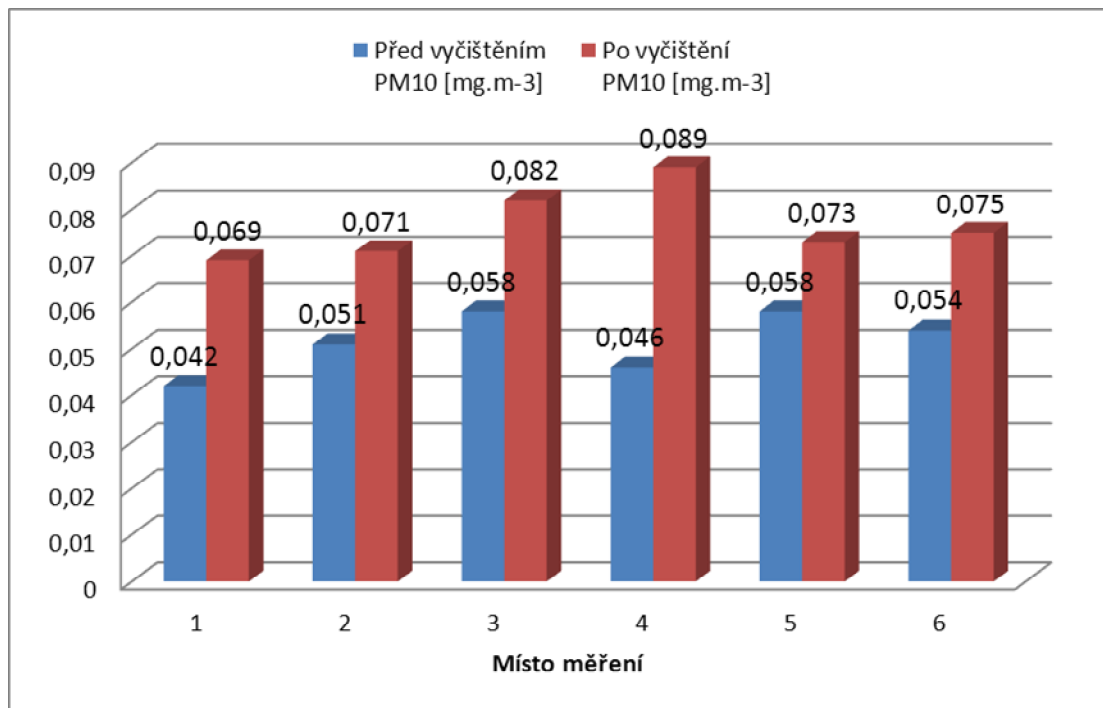
Místo měření	Před vyčištěním PM_{10} [$mg \cdot m^{-3}$]	Po vyčištění PM_{10} [$mg \cdot m^{-3}$]	Rozdíl [$mg \cdot m^{-3}$]	Rozdíl [%]
1	0,042	0,069	+0,027	+64
2	0,051	0,071	+0,02	+39
3	0,058	0,082	+0,024	+41
4	0,046	0,089	+0,043	+93
5	0,058	0,073	+0,015	+26
6	0,054	0,075	+0,021	+39
Průměr měření	0,052	0,077	+0,025	+49

Tabulka 6 Směrodatná odchylka měření.

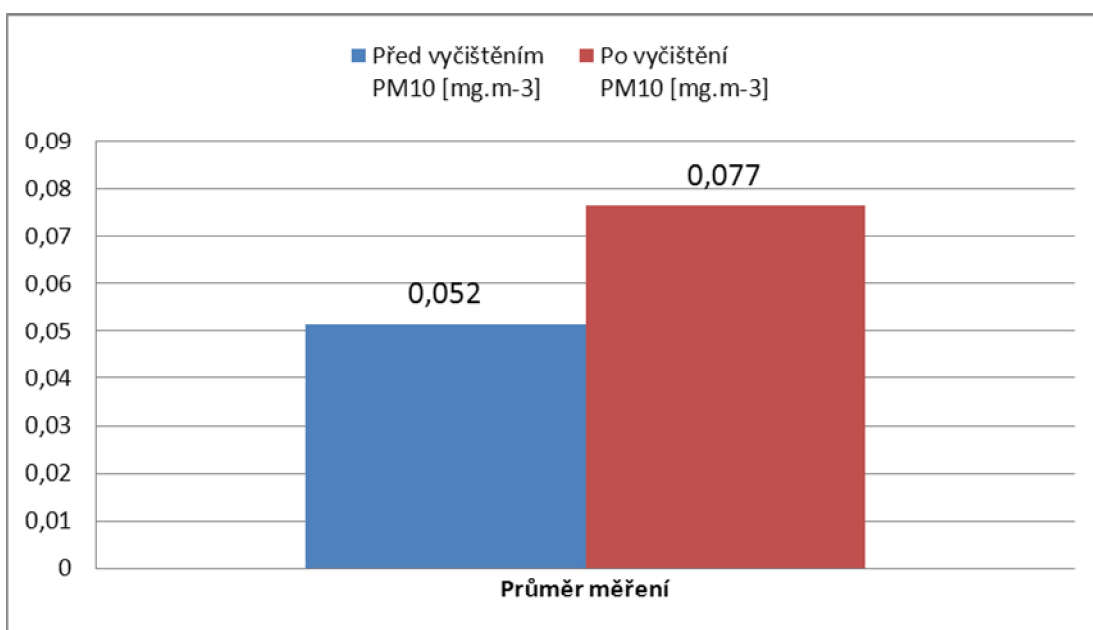
Místo měření	Před vyčištěním σ	Po vyčištění σ
1	0,008	0,007
2	0,013	0,015
3	0,023	0,018
4	0,008	0,029
5	0,059	0,010
6	0,023	0,011

Relativní chyba jednotlivých měření je $\Delta = 7,5 \%$. Celková relativní chyba průměru 6 měření je $\Delta = 3 \%$.

Graf 1 Výsledky jednotlivých míst měření.

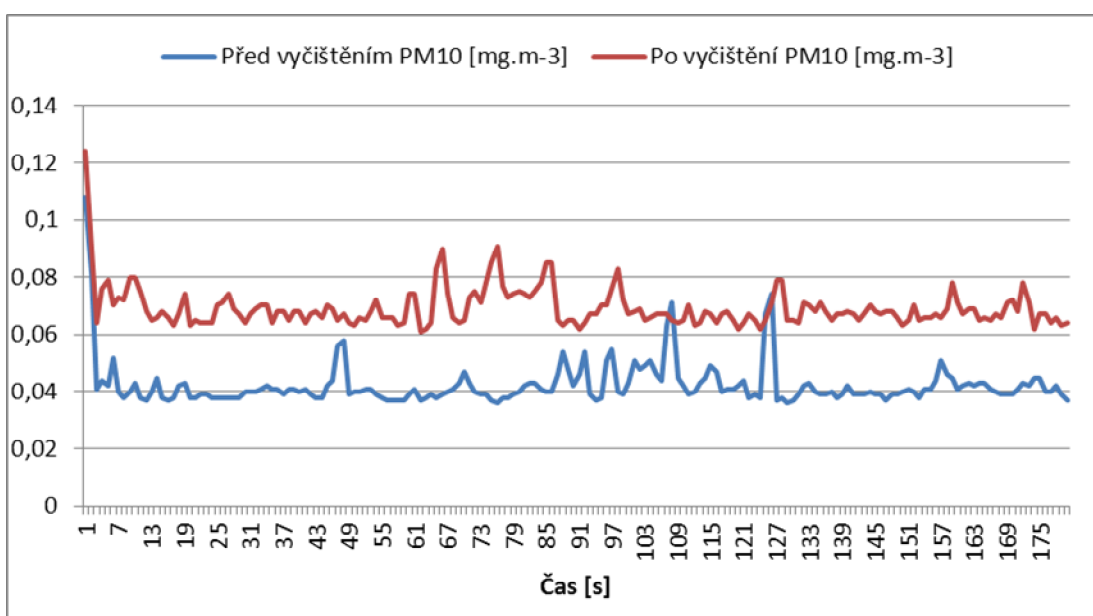


Graf 2 Celkové průměry měření.

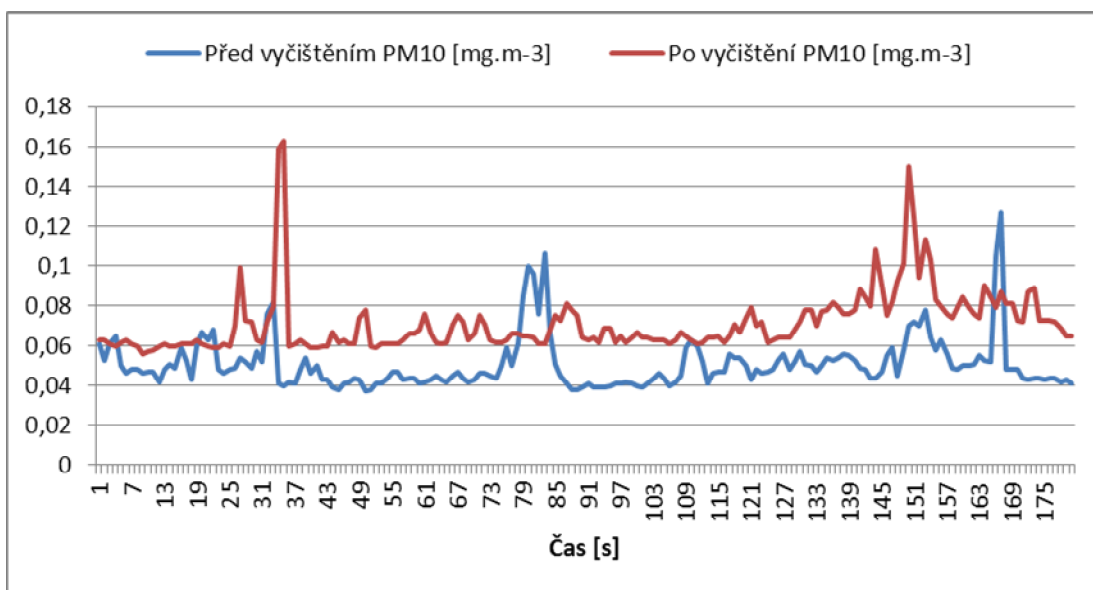


Průběhy hodnot množství PM₁₀ na jednotlivých místech ukazují grafy 3- 8.

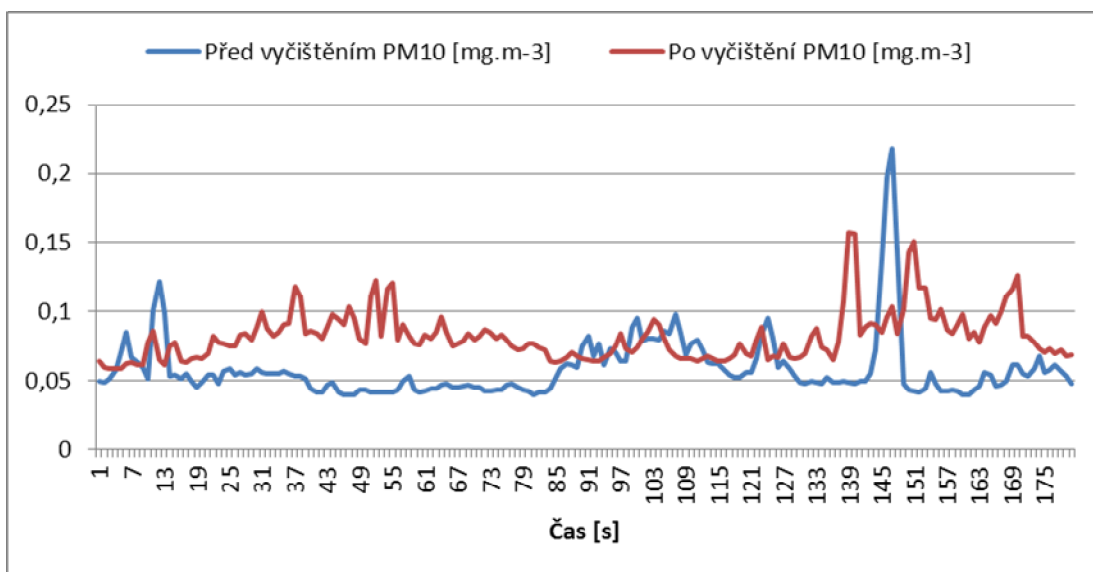
Graf 3 Místo měření 1.



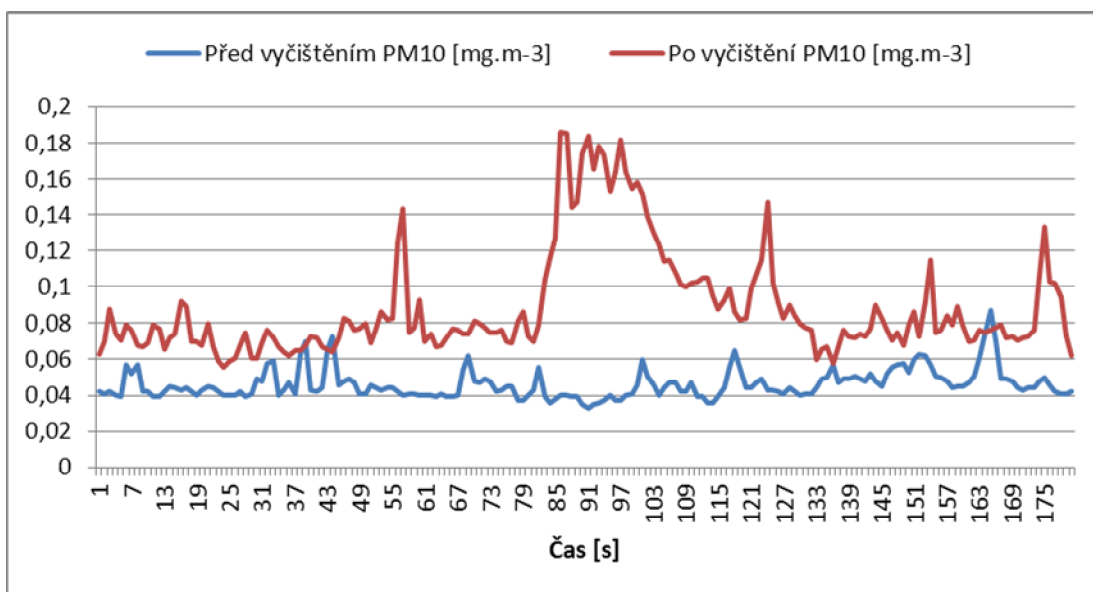
Graf 4 Místo měření 2.



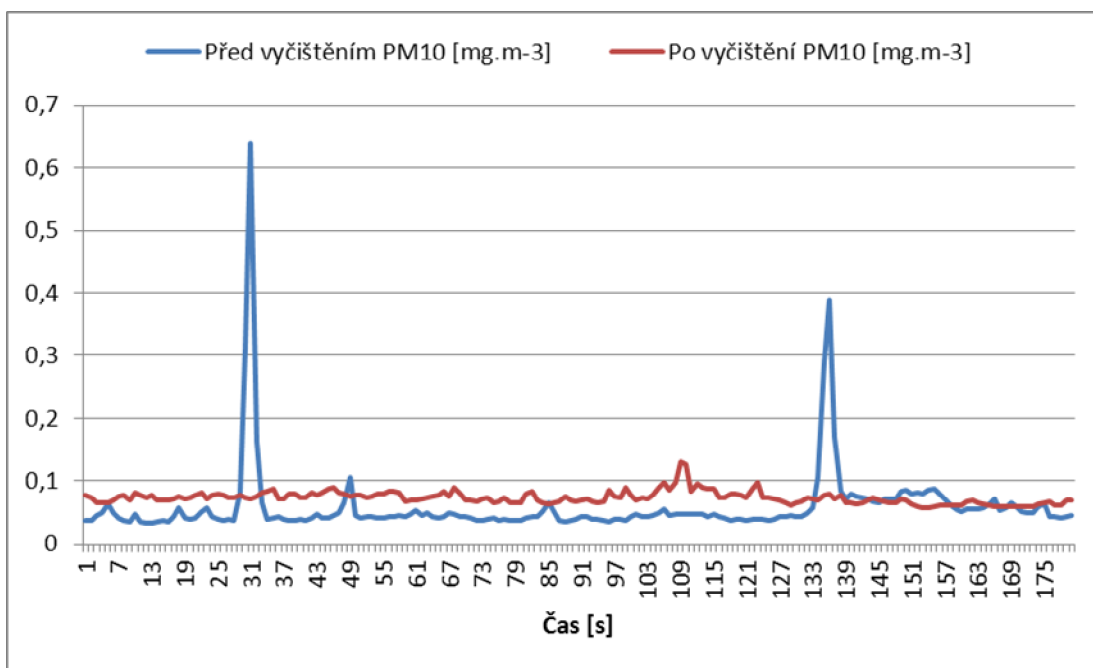
Graf 5 Místo měření 3.



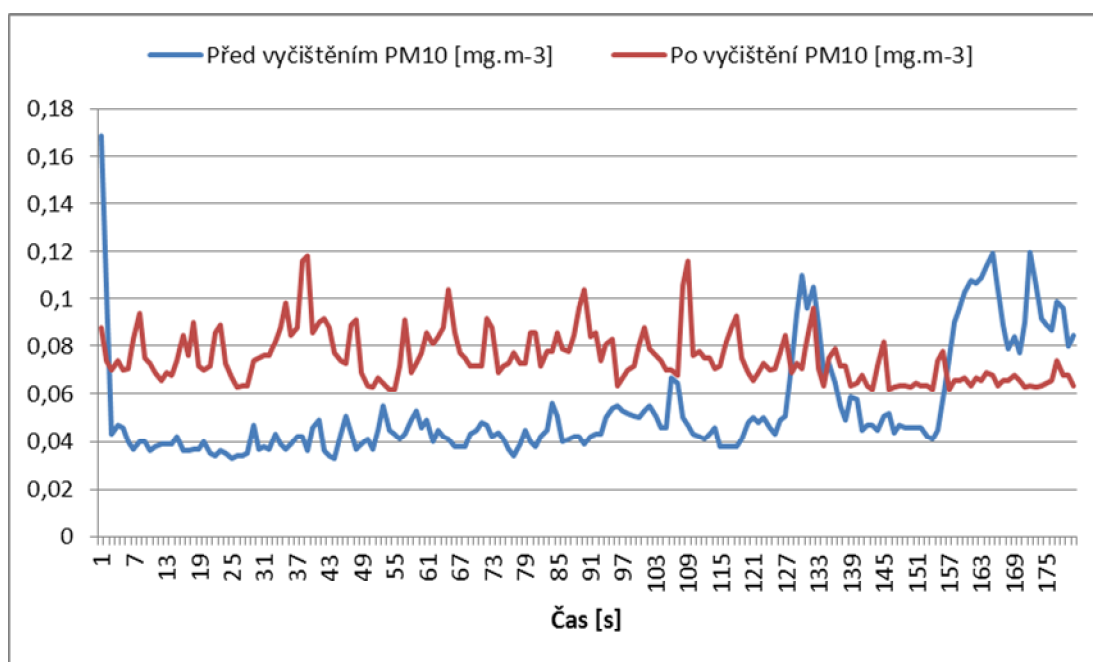
Graf 6 Místo měření 4.



Graf 7 Místo měření 5.



Graf 8 Místo měření 6.



7.3 Vyhodnocení výsledků

Měření proběhlo za téměř ideálních podmínek, pouze rychlost větru při měření před vyčištěním komunikace nepatrně překročila požadavek metodiky. Hodinové průměrné hodnoty PM_{10} udávané Českým hydrometeorologickým ústavem z lokality České Budějovice byly na přijatelné výši a byly téměř totožné, což bylo pro měření optimální.

Průměrná hodnota PM_{10} z 6. měření před vyčištěním komunikace byla na předpokládané výši tj. $0,052 \text{ mg.m}^{-3}$. Po vyčištění byl předpoklad, že se hodnoty PM_{10} sníží, ale měření ukázalo opačnou tendenci. Průměrná hodnota PM_{10} byla $0,077 \text{ mg.m}^{-3}$, což byl značný nárůst množství polévatého prachu v ovzduší. Hodnota PM_{10} stoupla o $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$, což představuje 49 %. Nařízení vlády 597/2006 o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší v Příloze č.1 udává 24 hodinový imisní limit PM_{10} na úrovni $0,05 \text{ mg.m}^{-3}$ po dobu maximálně 35 dnů v roce. Při hodnotě PM_{10} $0,077 \text{ mg.m}^{-3}$ byl tento limit momentálně překračován, avšak ke konečnému

hodnocení by bylo potřeba 24 hodinové měření. Tato úroveň PM_{10} už představuje zvýšené zdravotní riziko pro občany, kteří se dlouhodobě vyskytují u komunikací.

Grafy z průběhů měření na jednotlivých místech ukazují, že se po vyčištění komunikace hodnoty PM_{10} téměř neustále pohybovaly nad úrovní hodnot PM_{10} před vyčištěním komunikace, kromě výrazných odchylek při měření na 5. místě měření, které byly pravděpodobně způsobeny změřením výfukových plynů blízko projíždějícího automobilu.

Z naměřených hodnot lze usuzovat, že vyčištění komunikace mělo spíše negativní vliv na množství PM_{10} v ovzduší u komunikace.

Dále mne překvapilo, že mnou naměřené hodnoty se výrazně liší od hodnot udávaných Českým hydrometeorologickým ústavem z lokality České Budějovice a to až skoro 7 krát, což ve mně vzbuzuje podezření, že jsou lidé v Českých Budějovicích vystaveni mnohem větší zátěži polévatého prachu než oficiálně udávané hodnoty Českým hydrometeorologickým ústavem. Pravděpodobně to bude způsobeno tím, že ČHMÚ má stacionární měření v místě, kde není provoz, okolo je zeleň, poblíž je řeka, travnaté hřiště, což jsou "lapače" prachu. Zatímco já jsem měřil u dopravní komunikace bezprostředně u zdroje prachu.

8. Závěr a diskuze

Z naměřených hodnot vyplynulo, že množství prachových částic v ovzduší bylo po vyčištění komunikace vyšší než před vyčištěním komunikace, přibližně o 50%. Tento výsledek je v rozporu s literární rešerší i s obecně předpokládanými hodnotami. Z logiky věci lze předpokládat, že pokud bude komunikace vyčištěna, měla by úroveň prachových částic klesnout, protože bude část prachových částic z komunikace odstraněna čistícím zařízením a odvezena. Měření předchozích autorů např. Celjaka také potvrzuje snížení množství prachových částic po vyčištění na úroveň cca jedné třetiny u silněji znečištěné komunikace.

Z toho by vyplývalo, že by mohlo být mé měření zkreslené. Avšak neuvědomuji si, že bych udělal nějakou chybu. Povětrností vliv počasí mohu vyloučit, protože počasí bylo v obou dnech téměř totožné a měření bylo provedeno v souladu s metodikou, kterou používá i BAT centrum Jihočeské univerzity. Spaliny motorových vozidel mohly měření ovlivnit jen v zanedbatelné výši. Úroveň prachových částic v ovzduší se dle údajů z hydrometeorologické stanice ČHMÚ v Českých Budějovicích v obou dnech téměř nelišila. Jediné možné ovlivnění by mohly způsobit spaliny ze spalování pevných paliv, avšak měřením na 6 místech se to zdá jako nepravděpodobné a mohl bych to vyloučit.

Nejpravděpodobnější vysvětlení by mohlo být to, že čištěním komunikace se odstranily pouze hrubší nečistoty a tím se odkryly a načechraly další lehčí prachové částice, které byly rozvířeny koly automobilů a jiných dopravních zařízení. Tudíž i naměřené hodnoty jsou vyšší. Toto vysvětlení odpovídá stavu vozovky po vyčištění.

Významnou roli mohou sehrát také způsoby čištění (například počet průjezdů), resp. použitá strojní zařízení, u nichž může být rozdílný princip čištění (mechanický sběr nečistot, odsávání).

Z mnou naměřených výsledků se neodvážuji učinit úplný závěr, ale mohly by posloužit k porovnání při dalších měřeních. Bylo by potřeba provést pro větší objektivitu více měření, což se mi bohužel, kvůli počasí a složité dohodě s firmou

A.S.A., spol. s r.o. nepodařilo. Mé měření by ale mohlo vyvolat diskuzi, jestli je všeobecně deklarované snížení úrovně prachových částic po vyčištění komunikace pravdivé.

9. Seznam použité literatury

1. Celjak I. (2011a): Dopravní a manipulační zařízení. [Učební text na elektronickém nosiči]. České Budějovice, 112s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky.
2. Celjak I. (2011b): Metodika měření hmotnostní koncentrace polévatého prachu v silniční dopravě. [Text na elektronickém nosiči]. České Budějovice, 11s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky.
3. Celjak I. (2012a): Analýza prachových částic v ovzduší v obcích. Komunální technika, 08/2012, 23-27.
4. Celjak I. (2012b): Čistící a zametací zařízení. Komunální technika, 08/2012, 16-20.
5. Nařízení vlády 597/2006 o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší
6. Projekt snížení prašnosti v obci Pašinka (2011): http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/42/12630-opzp213_malaobec.pdf. Staženo dne 1. 2. 2013.
7. Projekt snížení prašnosti na území města Králíky (2011): http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/42/12631-opzp213_mesto.pdf. Staženo dne 1. 2. 2013.
8. Průša R. (2012): Analýza možností zmírnění negativních vlivů silniční dopravy ve prospěch ochrany životního prostředí. [Diplomová práce]. České Budějovice, 115 s. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské techniky a služeb.

10. Seznam použitých obrázků

Obrázek č.

1. Grafy a stromy: <http://algoritmy.eu/zga/grafy-a-stromy/>. Staženo dne 1. 2. 2013.
2. Poseidon s elektrickým pohonem: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/poseidon-elektricky-motor.html>. Staženo dne 1. 2. 2013.
3. Zametací stroje: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/zametaci-stroje.html>. Staženo dne 1. 2. 2013.
4. Zametací stroje: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/zametaci-stroje.html>. Staženo dne 1. 2. 2013.
5. Zametací stroje: <http://www.ctw.cz/cistici-stroje/zametaci-stroje.html>. Staženo dne 1. 2. 2013.
6. Zametací zařízení KM-S: <http://www.kohut.cz/zametaci-zarizeni-km-s>. Staženo dne 1. 2. 2013.
7. Zametací stroj MFH 2500: <http://www.mtmtech.cz/fotogalerie/cisteni-udrzba-a-opravy-komunikaci/vysavacove-zametaci-stroje-samochoodne/zametaci-stroj-mfh-2500.htm>. Staženo dne 1. 2. 2013.
8. Přístroj na měření prachových částic DustTRak 8530: Celjak I.
9. Ulice Novohradská, České Budějovice: <http://www.mapy.cz/s/6FzB>. Staženo dne 18. 10. 2012.
10. Kompaktní samosběrné zametací zařízení: Celjak I.