

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Dopravní a manipulační technika  
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: Doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

## Bakalářská práce

Analýza emisí polétavého prachu při provozu  
dopravních a pracovních zařízení v zemědělství ve  
vybrané farmě a obci.

Vedoucí bakalářské práce: Celjak Ivo, Ing. CSc.  
Konzultanti bakalářské práce: Celjak Ivo, Ing. CSc.

Autor: Veronika Zelenková DiS.

České Budějovice, listopad 2014



Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala 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 (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 11. listopadu 2014

Podpis studenta

Poděkování:

Ráda bych poděkovala Ing. Ivo Celjakovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích k vypracování bakalářské práce, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Děkuji také Ing. Vladimírovi Sedlákovvi za pomoc při gramatické kontrole práce.

Anotace:

Práce se zabývá analýzou emisí polétavého prachu při provozu dopravních a pracovních zařízení v zemědělství na farmě v Šumavských Hošticích, kterou provozuje firma Agrodružstvo Šumavské Hoštice. V první části se práce zabývá problematikou v oblasti znečištění ovzduší obecně. Ve druhé části práce je řešena problematika praktického měření emisí prachových částic vzniklých v okolí farmy a jsou zde uvedeny naměřené hodnoty ve vazbě na prováděné polní práce a dopravu zemědělské techniky.

Klíčová slova: Prachové částice, polní práce, koncentrace, emise.

Annotation:

The work deals with the analysis of the emission of airborne dust during operation of transport and work equipment in agriculture on a farm in Šumavské Hoštice, which is run by Agrodružstvo Šumavské Hoštice. In the first part of the thesis deals with the problem of air pollution in general. In the second part, the issues of practical measuring particulate matter emissions generated around the farm and are given the measured values in relation to carried out field work and transport of agricultural technology.

Key words: Dust particles, field work, concentration, emission.

## Obsah

Úvod .....	9
1. Vzduch .....	10
1.1. Složení vzduchu .....	10
1.2. Zdroje znečišťování vzduchu .....	11
1.3. Antropogenní zdroje .....	12
1.4. Přírodní zdroje .....	13
2. Poléťavý prach .....	14
2.1. Poléťavý prach a jeho vliv na zdraví člověka .....	14
2.2. Praha - nejprašnější evropské velkoměsto .....	16
2.3. Existuje "bezpečná" koncentrace prachu? .....	16
3. Atmosférický aerosol .....	17
3.1. Dopady aerosolu na člověka .....	18
3.2. Dopady aerosolu a životní prostředí .....	18
4. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2013 .....	19
4.1. Limity a jejich dodržování v ČR .....	21
4.2. Opatření ve prospěch snižování prašnosti .....	21
Výběr dopravního prostředku .....	22
Používání filtrů pevných částic .....	22
Bezprašné topení .....	22
4.3. Opatření v dalších zemích .....	22
5. Měření a způsob stanovení velikostí frakcí .....	23
5.1. Způsob odběru frakcí PM <sub>10</sub> a PM <sub>25</sub> v emisních měřeních .....	24
5.2. Emisní inventura .....	25
6. Měření .....	27
6.1. Cíl měření .....	27
6.2. Materiál a metody .....	27
6.3. Přístroj k měření prachových částic .....	28
6.4. Princip měření .....	32

6.5.	Měřené zdroje.....	32
6.5.1.	Měření koncentrace prachu při dopravě .....	32
6.5.2.	Meteorologické podmínky .....	32
6.6.	Místo měření .....	33
6.6.1.	Jednotlivá místa měření.....	34
6.7.	Měření koncentrace prachu při realizaci pracovní činnosti v zemědělství .	36
6.7.1.	Mulčování rostlinných zbytků .....	37
6.7.2.	Podmítka diskovým podmítačem .....	38
6.7.3.	Předseťová příprava .....	40
6.7.4.	Setí.....	41
6.8.	Výsledky měření .....	42
7.	Diskuze a závěr .....	44
8.	Seznam použité literatury .....	46
9.	Seznam příloh .....	47

## Úvod

Prach, nepřítel zdraví, ale třeba i optiky, mechaniky a elektroniky našich přístrojů, ničitel fasád a oděvů, prach z cest a chodníků, prach z výroben i kanceláří, našich domovů, polí i zahrad, všudypřítomný, dráždivý a často toxický. Zdá se, že lidstvo se před ním naučilo zavírat oči, doslova i obrazně. Ale na jak dlouho?

Největším problémem je právě zvířený prach, který nikdo neměří a nekontroluje a kolik se jej vířením opakovaně zvedá nad chodník a až k dýchacím orgánům lidí a zvířat a očím, nikdo ani přibližně neví. Měřicí stanice stávají v klidném a odlehlém parku, kde mohou naměřit jen prach padající z výšky oblohy, z atmosféry.

Samozřejmě, že část prachu ležícího na silnici a chodníku pochází z atmosféry. Problém prachu atmosférického a vířeného jsou ale dva zcela odlišné problémy. V České republice se vypouští do ovzduší ročně 1,5 milionu tun prašného odpadu, do čehož ovšem není započítán zvířený prach, resp. jeho podstatná část. Množství polétavého prachu tedy zvyšují nejen jeho přímí producenti.

Morálně zastaralé způsoby obdělávání půdy, při kterých je část roku půda holá, umožňují odnášení půdních částic větrem a vodou. Prach víří doprava, stavební a demoliční práce a povrchová těžba v lomech a dolech a mechanické zpracování kamene, uhlí a rud. Vířeného prachu se tedy do atmosféry dostanou na dobu delší než jedna minuta rovněž miliony tun ročně.



# 1. Vzduch

## 1.1. Složení vzduchu

Vzduch je směs plynů tvořící plynný obal Země - atmosféru - sahající až do výše asi 1000 km. Má vliv na všechny chemické proměny jak v nerostné přírodě respektive v neživé přírodě, tak i v živých organismech. Prakticky všechny živé organismy (živá příroda) by bez kyslíku z ovzduší nemohly vůbec existovat. Má i své významné fyzikálně chemické vlastnosti, jedná se zejména o transport vody neboli koloběh vody v ovzduší. Kromě toho tepelná kapacita vzduchu udržuje na Zemi teplotu přijatelnou pro život, jinak by na noční straně naší planety byl mráz několika desítek stupňů, kdežto na denní straně by bylo více než stostupňové horko. Je také důležitou průmyslovou surovinou. Mimo jiné vzduch (resp. kyslík v něm obsažený) také slouží k oxidaci paliva ve všech běžných spalovacích motorech, k oxidaci paliva při výrobě elektrické energie v tepelných elektrárnách, dále při vytápění či ohřevu vody atd. Vzduch tedy slouží coby druhá (prakticky neviditelná) složka každého běžného fosilního paliva [1].

**Tabulka 1 - Složení a fyzikální vlastnosti vzduchu (1).**

plyn	objem %	hmotnost %
dusík	78,09	75,51
kyslík	20,95	23,16
argon	0,93	1,28
oxid uhličitý	0,033 (334 ppm)	0,05
neon	0,0018 (18,18 ppm)	0,0012
helium	0,000524 (5,24 ppm)	0,000072
metan	0,0002 (2 ppm)	0,0001
krypton	0,000114 (1,14 ppm)	0,0003
vodík	0,00005 (0,5 ppm)	0,000001
xenon	0,0000087 (87 ppb)	0,00004

Fyzikální vlastnosti vzduchu při 0°C a 1,01325 bar

Vlastnost	Jednotka	Rozměr	Hodnota
Molová hmotnost	M	kg/kmol	28,96
Molový objem	$v_0$	m <sup>3</sup> /kmol	22,40
Plynová konstanta	$r$	J/kg.K[1]	287,10
Hustota	$\rho_0$	kg/m <sup>3</sup>	1,29
Měrná tepelná kapacita (0 °C)	$c_p$	kJ/kg.K	1,01
Izoentropický exponent	$\kappa=c_p/c_v$		1,40
Teplota tání	$T_t$	°C	-213,4
Teplota varu	$T_v$	°C	-194,5

## 1.2. Zdroje znečištění vzduchu

Znečištění ovzduší je chemický, fyzikální nebo biologický činitel (částicové podstaty), jenž mění přírodní vlastnosti zemské atmosféry. Atmosféra je komplexní, dynamický, přírodní plynný systém, jenž je nezbytný pro výskyt života na Zemi. Zmenšování vrstvy stratosférického ozónu z důvodu znečištění vzduchu je dlouhodobě vnímáno jako hrozba pro lidské zdraví, stejně jako pro zemské ekosystémy. Znečištěné ovzduší je celosvětovou příčinou řady úmrtí a nemocí např. dýchacích cest a výskytu rakoviny a srdečních onemocnění. Některé odhady hovoří, že za rok zaviní znečištěné ovzduší úmrtí 300tisíc občanů v EU. Mezi největší zdroje nečistot v ovzduší (i jedovatých) patří teplárny, tepelné elektrárny na pevná paliva a automobilová doprava (nejvíc znečišťuje naše životní prostředí). Při spalování méně kvalitního uhlí vznikají škodlivé látky, které jsou vypouštěny do ovzduší (především oxidy dusíku a síry, které způsobují kyselé deště). Velké množství jedovatých látek také obsahují výfukové plyny z motorových vozidel (způsobují vznik přízemního ozonu) Některé plyny, jako třeba oxid uhličitý, jenž se podílí na globální změně klimatu, byly vědci teprve nedávno označeny jako polutanty. Jiní toto označení odmítají, neboť tento plyn je zároveň nezbytný pro život.

**Tabulka 2 - Hodnoty naměřeného znečištění. Zdroj ČHMÚ**

### Znečištění ovzduší v ČR

Látka	tun v r. 2002	tun v r. 2006
Tuhé emise	14 298	53 247
Oxid siřičitý	194 436	197 961
Oxidy dusíku	147 297	143 665
Oxid uhelnatý	151 263	113 692
Těkavé org. látky	8 047 (v roce 2003)	15 966
Těžké kovy	6	130
Amoniak	3 265	10 365
Polycykl. arom. uhlovodíkv	1	4

Zdroje znečištění ovzduší jsou faktory na určitém místě, které způsobují uvolňování znečišťujících látek do ovzduší. Podle typu vzniku je polutanty možno rozdělit na několik skupin. Zdroje primární spočívají v prostém uvolňování polutantů přímo z určitého zdroje (např. oxid uhelnatý, oxid siřičitý, vedlejší produkty spalování). Naopak, produkty sekundárních zdrojů znečištění jsou vytvářeny reakcemi primárních polutantů mezi sebou nebo s jinými látkami. Příkladem sekundárního zdroje znečištění může být vznik troposférického ozonu v důsledku fotochemické reakce, ke které dochází za působení oxidů dusíku, UV záření a těkavých organických látek. Podle původu můžeme zdroje znečištění ovzduší rozdělit na antropogenní (tedy lidského původu) a přírodní [2].

### 1.3. Antropogenní zdroje

Jsou zdroje způsobené člověkem. Velké rozpětí znečišťujících látek je spojené se spalováním různých typů paliv, jako je benzín, uhlí, dřeva, rafinace ropy a podobně. Nejvýznamnějším antropogenním zdroje jsou ovšem spalovací procesy, hlavně v automobilových motorech a elektrárnách a další vysokoteplotní procesy, jako je tavení rud a kovů nebo svařování. Tyto procesy produkují částice o velikosti kolem 20nm, Znečištění může také vznikat odnosem částic větrem ze stavebních ploch nebo v důsledku odstranění vegetačního pokryvu z půdy.

Seznam hlavních zdrojů antropogenních částic:

Zdroje spojené se spalováním různých typů paliv.

Tepelné elektrárny.

Řízené vypalování lesů, používané v zemědělství či lesnictví.

Motorová vozidla.

Námořní lodě, včetně emisí vznikajících v přístavech.

Spalovaná fosilní paliva.

Spalování materiálů na ohništích, v kamnech (lokální topeniště), pecích a spalovnách odpadů.

Jiné antropogenní zdroje:

Provoz elektráren a průmyslové činnosti vůbec (např. rafinace ropy).

Nevhodné obdělávání půdy.

Výpar z nátěrů, sprejů na vlasy, aerosolových sprejů a ostatních rozpouštědel.

Skládky odpadů, z nichž se uvolňuje metan.

Vojenské zdroje, např. jaderné zbraně, toxické plyny, biologické zbraně, rakety[6].

#### **1.4. Přírodní zdroje**

Existují i některé přírodní zdroje. Když se vrátíme do dávné historie, kyslík v atmosféře pravděpodobně vznikl právě díky činnosti sinic, které tímto způsobovaly znečišťování životního prostředí asi před 2,5 miliardami lety. Hlavním přirozeným zdrojem jsou výbuchy sopek, lesní požáry a prach unášený větrem. Významné jsou také kapičky mořské vody, třebaže většina z nich spadne poměrně brzy zpět do oceánu. Přirozeným zdrojem jsou také organismy. Jsou to zejména viry, bakterie, houby a případně jejich části a živočišné a rostlinné produkty jako spory či pyl. I dnes však dochází k přirozenému uvolňování polutantů, a to zejména několika cestami:

Prach z přírodních zdrojů, obvykle oblastí Země pokrytých řídkou vegetací, nebo zcela bez vegetace.

Písek z pouští.

Bioplyn a konkrétně metan, uvolňovaný v průběhu trávení potravy zvířaty (např. skotem).

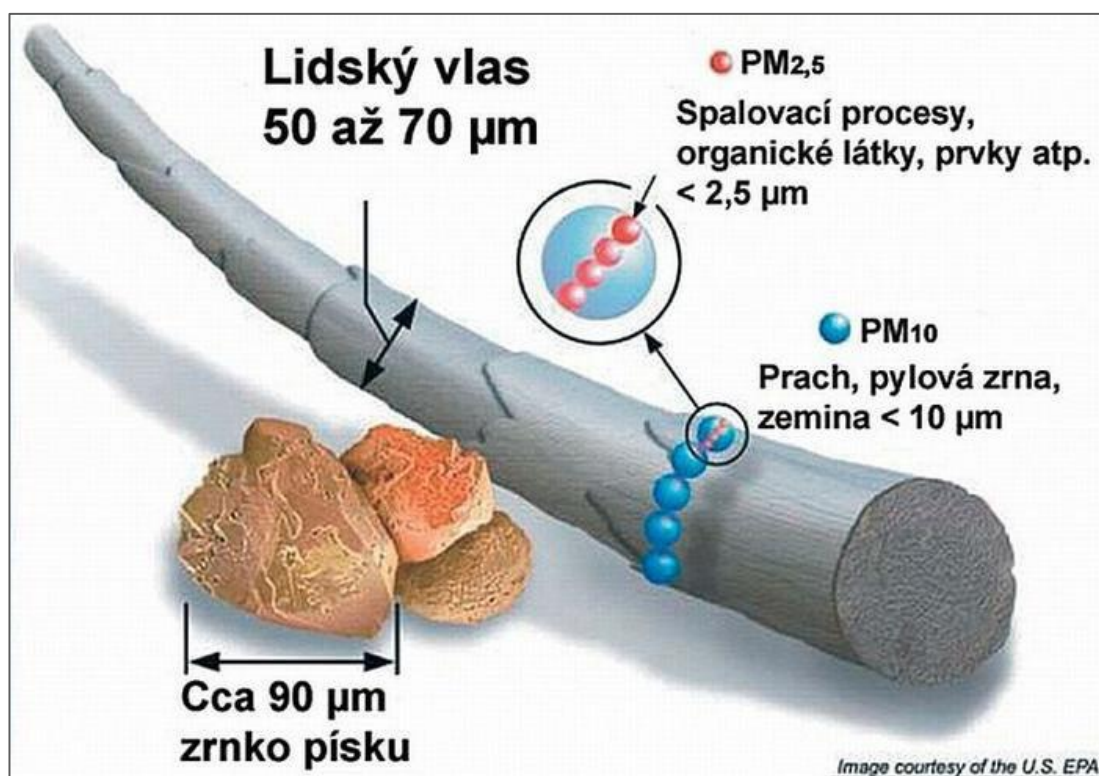
Radioaktivní plyn radon, uvolňující se ze zemské kůry.

Borovice, které uvolňují těkavé organické látky (volatile organic compounds, VOC).

Kouř a oxid uhelnatý, vznikající při lesních požárech.

## 2. Polétavý prach

Polétavý prach (PM z anglického názvu "particulate matter") je pojem pro mikročástice o velikosti několika mikrometrů ( $\mu\text{m}$ ). Částice mají své specifické označení podle velikosti – například PM10 označuje polétavý prach o velikosti 10 mikrometrů.



Obrázek 1 - Porovnání velikosti jednotlivých částic s tloušťkou lidského vlasu

### 2.1. Polétavý prach a jeho vliv na zdraví člověka

Znečištění ovzduší prachem a přízemním ozónem v průměru každého z nás připraví o devět měsíců života. Experti odhadují, že jen v Evropské unii každoročně předčasně umírá na následky znečištění ovzduší asi 370 000 tisíc lidí. Samotný polétavý prach v zemích EU podle odborníků snižuje hrubý domácí produkt každoročně asi o 80 miliard euro. Podle názoru Světové zdravotní organizace (WHO) ale koncentrace polétavého prachu běžné v českém ovzduší představují značné riziko pro lidské zdraví.

Zdravotní účinky polétavého prachu jsou zkoumány už po desetiletí. Při hodnocení vlivu prachu na zdraví člověka činí problémy značná variabilita jeho vlastností a proto je klíčové pro stanovení zdravotních rizik a zavedení regulací, jak nebezpečný je prach určitého složení či z konkrétního zdroje. Výsledky medicínských studií ukazují, že může být velmi podstatný rozdíl ve zdravotním účinku rozdílných druhů prachu. Není jedno, jestli při procházce přírodou člověk vdechuje větrem zvržená a obroušená zrníčka půdy ze zoraného pole nebo jestli je nucen vdechovat na Václavském náměstí drobné saze z diesellových motorů, kterými ovzduší v centru Prahy zamořují desetitisíce automobilů. Podle výsledků epidemiologických studií je třeba soustředit pozornost zejména na procesy spalování, např. domácí topeniště, kotelny, teplárny a elektrárny, hutě či spalovny odpadů, automobily a letadla. Částice prachu vzniklé spalováním mají poměrně velký povrch a obsahují často i řadu nebezpečných sloučenin jako jsou třeba polyaromatické uhlovodíky nebo těžké kovy [6].

Jako zvláště nebezpečné byly vyhodnoceny prachové částice unikající z diesellových motorů, což má značný význam i pro Českou republiku, kde se bohužel v posledních letech zvyšuje podíl automobilové dopravy na znečištění ovzduší, zejména v hustě obývaných oblastech. V Česku roste významně i objem nákladní automobilové dopravy (včetně tranzitu kamionů) a vzhledem k poloze naší země uprostřed Evropské unie může tento trend představovat i vážnou hrozbu do budoucna. V tomto ohledu je za negativní trend možné označit i to, že stoupá množství diesellových motorů v osobních automobilech a že automobilky vkládají velké sumy do reklamy na vozy s diesellovými motory. Automobily s diesellovými motory, ale na rozdíl od vozů poháněných benzínem nemají katalyzátor, který by snižoval množství nebezpečných zplodin ve výfukových plynech [7].

Na základě desítek vědeckých studií byla v 80. letech 20. století odvozena tzv. funkce dávka-odpověď, která umožňuje odhadnout vztah mezi koncentrací prachu v ovzduší a úmrtností. Výzkumy v nejrůznějších zemích světa prokázaly souvislost mezi průměrnou denní koncentrací prachu v ovzduší a vyšší nemocností následující den. U astmatiků byl zjištěn vliv rostoucí koncentrace prachu na zhoršení příznaků nemoci a na růst užívání léků. U dětí existuje také významný rozdíl v úmrtnosti na pneumonii v závislosti na průměrné roční koncentraci prachu v ovzduší. Řada studií prokázala i synergický efekt působení polétavého prachu a oxidů síry, s nímž mělo bohatou zkušenost i komunistické Československo, kde bylo sirnaté hnědé uhlí těžené v Podkrušnohoří významným palivem v domácnostech i v neodsířených a špatně odprašených elektrárnách a teplárnách [6].

## **2.2. Praha - nejprašnější evropské velkoměsto**

Znečištění ovzduší prachem je bohužel v Česku značně vysoké. V rámci projektu Čisté ovzduší pro Evropu (CAFE - Clear Air For Europe) provedla holandská Agentura pro hodnocení životního prostředí porovnání čistoty ovzduší asi ve 30 velkých evropských městech. Z hlediska znečištění ovzduší polévatým prachem vyhodnotila jako vůbec nejhorší situaci v Praze. Naopak jako zdaleka nejčistší bylo vyhodnoceno ovzduší švédského Stockholmu a poměrně dobrá situace je též třeba v Helsinkách, Birminghamu či Paříži.

Problémy se znečištěným ovzduším však u nás nemá jen Praha, neboť podle oficiálních statistik bylo v roce 2003 v pěti městech s překročenou roční průměrnou koncentrací polévatého prachu vystaveno nadlimitním hodnotám znečištění 83% obyvatel. V lednu 2005 vstoupilo v platnost zpřísnění normy Evropské unie pro znečištění ovzduší prachem a mnohá česká města stačila už koncem března vyčerpát celoroční kvótu dní, kdy smí být překročen denní limit PM10 (50 mikrogramů/m<sup>3</sup>) [2].

## **2.3. Existuje "bezpečná" koncentrace prachu?**

Hodnocení zdravotního rizika v minulosti vycházelo u polévatého prachu z přesvědčení, že lze nalézt "bezpečnou" koncentraci škodliviny, která nezpůsobuje žádné nežádoucí účinky. Na této teorii tzv. "prahového působení" bylo založeno vyhlášení i hygienických limitů, které vytvářelo ve veřejnosti představu, že pokud není překročena limitní koncentrace škodlivin, nemá znečištění ovzduší vliv na zdraví.

V roce 2004 však Světová zdravotní organizace (WHO) konstatovala, že ani nejnovější epidemiologické studie nebyly schopné jednoznačně stanovit prahovou hodnotu pro polévatý prach. Prokazují naopak existenci nežádoucích účinků i pro hodnoty znečištění, které v minulosti nebyly zkoumány. Ve stanovisku WHO se uvádí, že "pojem prahové hodnoty je spíše iluzorní neboť nevyhnutelně existují hluboké rozdíly v individuální senzitivě". Proto WHO doporučuje místo stanovování limitů znečištění používat závislost mezi koncentrací, které jsou obyvatelé vystavení, a reakcí organismu, která může být u odlišných skupin obyvatel různá. S obdobnou koncepcí "bezprahového účinku" škodlivin mají už odborníci zkušenosti, neboť je

užívána pro hodnocení rizika onemocnění rakovinou, kde je počítána pravděpodobnost onemocnění klesající s velikostí expozice.

WHO nyní i pro polétavý prach považuje podobnou závislost mezi expozicí a účinkem za lepší základ pro přijímání opatření k regulaci kvality ovzduší než pohodlné spoléhání na "bezpečné" koncentrace. WHO konstatuje významné dopady na zdraví lidí (včetně výrazného zkrácení průměrné délky života) i v případech, kdy limitní hodnota znečištění není překročena. Experti Světové zdravotní organizace došli k závěru, že snižování znečištění ovzduší i pod současnými normami bude mít za následek zlepšení zdraví obyvatel. Převedení do každodenní praxe to naopak znamená, že ke zhoršení zdravotního stavu obyvatel může vést i výstavba nového zdroje polétavého prachu (např. parkoviště, silnice, spalovny, elektrárny, slévárny atd.), která nepovede k překročení stávajícího hygienického limitu.

WHO proto vládám doporučuje, aby se intenzivně věnovaly snížení úrovně znečištění ovzduší, protože povede ke zlepšení zdraví lidí, včetně výrazného prodloužení průměrné délky života. A to dokonce i v oblastech, kde je dnes znečištění silně pod limitem pro polétavý prach stanovený Evropskou unií.

Existuje celá řada dobrých příkladů toho, že lze v poměrně krátké době podstatně zlepšit ovzduší města. Kupříkladu americká Atlanta kvůli letní olympiádě v roce 1996 zavedla komplex opatření, který poměrně rychle snížil znečištění ovzduší a prokazatelně zlepšil i některé indikátory zdravotního stavu. Doufejme, že se podobnými příklady dají brzy inspirovat i radní českých a moravských měst [8].

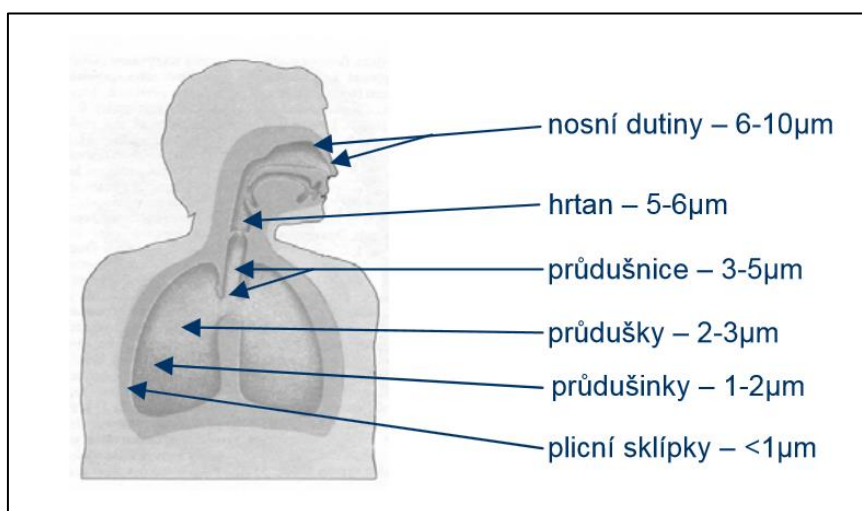
### **3. Atmosférický aerosol**

Atmosférický aerosol je všudypřítomnou složkou atmosféry Země. Je definován jako soubor tuhých, kapalných nebo směsných částic o velikosti rozsahu 1 nm – 100 µm. Významně se podílí na důležitých atmosférických dějích, jako je vznik srážek a teplotní bilance Země. Z důvodu toho, že aerosol vzniká téměř výhradně jako negativní produkt lidské činnosti, nemá aerosol žádného dalšího využití až na studii použití elektrárenského popílku jako přísad do betonu nebo tvárnic. Toto využití je však velmi problematické z důvodu možného uvolňování toxických látek.



### 3.1. Dopady aerosolu na člověka

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  $10\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) se mohou usazovat v průduškách a způsobovat zdravotní problémy. Částice menší než  $1\mu\text{m}$  mohou vstupovat přímo do plicních sklípků, proto jsou tyto částice nejnebezpečnější a navíc často obsahují absorbované karcinogenní sloučeniny.



**Obrázek 2 - Průnik částic dle velikosti do jednotlivých částí těla**

Inhalace  $\text{PM}_{10}$  poškozuje hlavně kardiovaskulární a plicní systém. Dlouhodobá expozice snižuje délku dožití a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. Může způsobovat chronickou bronchitidu a chronické plicní choroby. Toxicky působí chemické látky obsažené v aerosolu (například sírany, amonné ionty). V důsledku absorpce organických látek s mutagenními a karcinogenními účinky může expozice  $\text{PM}_{10}$  způsobovat rakovinu plic [2].

### 3.2. Dopady aerosolu a životní prostředí

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

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

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

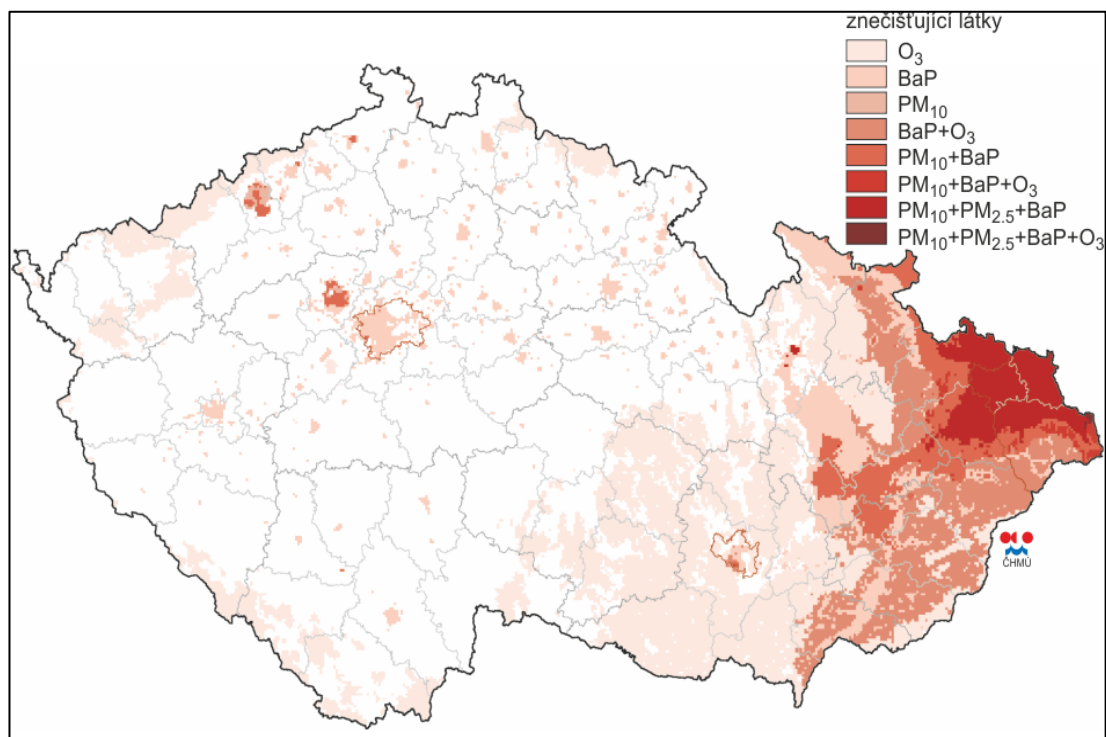
Pevné částice v atmosféře ovlivňují energetickou bilanci Země, protože rozptylují sluneční záření zpět do prostoru. Podnebí ovlivňují tyto částice také svým účinkem na tvorbu oblaků. Jsou-li při tvorbě oblaků přítomny pevné částice ve velkém množství, bude výsledný oblak sestávat z velkého množství menších kapek. Takový oblak bude odrážet sluneční záření mnohem více, než oblak sestávající z částic větších. Vlivy na klima se však projevují spíše v regionálním měřítku [6].

#### **4. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2013**

V loňském roce vyšel souhrnný materiál Úseku ochrany čistoty ovzduší Českého hydrometeorologického ústavu „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2013“. Ročenka srozumitelně hodnotí kvalitu ovzduší, popisuje výskyt smogových situací a úroveň emisí. V grafech, mapách, tabulkách a textových komentářích dokumentuje nejen stav ovzduší v roce 2013, ale i jeho dlouhodobý vývoj a příčiny.

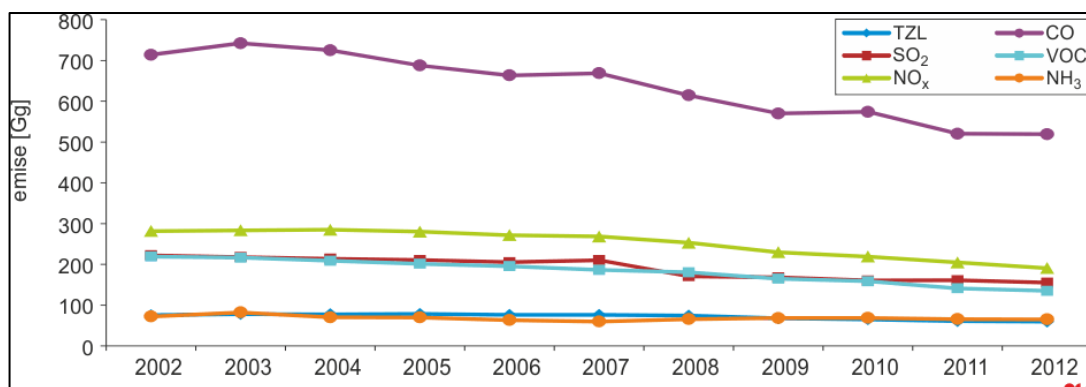
Ovzduší České republiky je nejvýznamněji zatížené částicemi PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, benzo[a]pyrenem a přízemním ozonem. Většina imisních charakteristik látek znečišťujících ovzduší od roku 2000 vykazuje příznivě sestupný trend s dílčími meziročními výkyvy. Pokles je ale méně výrazný než v 90. letech. Nicméně v roce 2013, podobně jako v letech předešlých, koncentrace některých látek se škodlivými dopady na lidské zdraví překročily své imisní limity na řadě lokalit.

Nejzávažnější situace zůstává v aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek, kde k překračování imisních limitů dochází ve všech zónách. Vysoké koncentrace škodlivin zde způsobuje po obou stranách hranice vysoká koncentrace průmyslové výroby, hustá zástavba s lokálním vytápěním pevnými palivy a rozvinutá dopravní infrastruktura.



**Obrázek 3 - Vyznačení oblasti s překročenými imisními limity pro ochranu zdraví jedné nebo více látek (Zdroj ČHMÚ)**

Na kvalitě ovzduší v Praze a Brně se podepisují nadlimitní koncentrace škodlivin pocházející převážně z dopravy. Zhoršená kvalita ovzduší není problémem jen aglomerací a větších měst, ale i malých sídel, kde se suspendované částice a benzo[a]pyren dostávají do ovzduší převážně z lokálního vytápění. Lze ovšem předpokládat, že i v obcích, kde tyto škodliviny nejsou měřeny, mohou být jejich koncentrace zvýšené i nadlimitní. Imisní limit suspendovaných částic PM<sub>10</sub> byl překročen na 5,7 % území České republiky, kde žije 15,9 % obyvatel. Imisní limit suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> byl překročen na 2,4 % území České republiky, kde žije 9,6 % obyvatel. Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu překročily imisní limit na 17,4 % území České republiky, kde žije 54,5 % obyvatel. Část území i obyvatel České republiky byla v roce 2013 vystavena i nadlimitním koncentracím přízemního ozonu (25,6 % území a 8,2 % obyvatel).



**Graf 1: Vývoj celkových emisí v letech 2002-2012 (Zdroj ČHMÚ)**

Lokálně byl překročen imisní limit pro arsen a kadmium. Na několika lokalitách s vysokou intenzitou dopravy byl naměřen nadlimitní oxid dusičitý. Nadlimitní obsah benzenu, olova, niklu, oxidu siřičitého a oxidu uhelnatého nebyly v roce 2013 naměřeny na žádné měřicí stanici Státní imisní sítě [9].

#### **4.1. Limity a jejich dodržování v ČR**

Pro poléťavý prach PM<sub>10</sub> platí čtyřicetihodinový limit 50 mikrogramů na m<sup>3</sup>, přičemž tento limit může být 35x ročně překročen. Další platný limit stanovuje nejvyšší průměrnou koncentraci za celý rok na 40 mikrogramů. Dle nejnovějších studií však mohou mít škodlivé zdravotní účinky i nižší koncentrace poléťavého prachu.

Bez ohledu na to je imisní limit pro poléťavý prach překročen na třetině území ČR. Na této třetině území však žijí dvě třetiny obyvatel, kteří jsou prachu vystaveni a musí čelit zvýšeným zdravotním rizikům.

Evropská unie chce zpřísnit limit tak, aby povolený limit 50 mikrogramů na metr krychlový nesměl být překročen častěji než sedmkrát za rok. Zpřísnilo se tak dosavadní kritérium tolerující překročení stanovené hranice pětatřicetkrát.

#### **4.2. Opatření ve prospěch snižování prašnosti**

Dvě třetiny prachových částic z aut vyprodukuje dieselové motory. Dieselový motor sice ušetří oproti benzínovému 25-30% paliva, což má kladný vliv na emise CO<sub>2</sub> a vznik skleníkového efektu, jenže dokáže vyprodukovat stonásobně (!) větší

množství prachových částic oproti benzínovému motoru s katalyzátorem. V tomto ohledu je diesel vážnou hrozbou pro zdraví lidí.

Technickým řešením jsou filtry pevných částic (DPF), v nichž dojde ke spálení přes 80% větších i menších částic, některé filtry umí odstranit z výfukových plynů až 95% částic. Filtry podle typu potřebují údržbu po 100 – 200 tisíci najetých kilometrech (především doplnění aditiva pro občasné spálení prachových částic), montují se ale už i filtry bez nutnosti údržby.

Některé automobilky vybavují své diesellové vozy filtry prachových částic standardně, u některých modelů jsou k dispozici volitelně za příplatek. Řada výrobců bude muset filtr prachových částic zahrnout jako běžnou součást vozu kvůli splnění aktuálních emisních limitů EURO.

### **Výběr dopravního prostředku**

Pokud se místo cesty autem rozhodneme jít pěšky nebo na kole, autobusem nebo vlakem, snižujeme znečištění ovzduší nejen prachovými částicemi, ale i řadou dalších škodlivých látek. Pokud auto nutně potřebujeme, je vhodné vybrat si takové, které škodí nejméně, a zároveň jej řídit šetrným způsobem.

### **Používání filtrů pevných částic**

Každý automobil s diesellovým motorem, by měl být vybaven filtrem pevných částic (DPF). Chrání se tak nejen životní prostředí a zdraví ostatních lidí, ale i vlastní.

### **Bezprašné topení**

Při řešení nového systému vytápění by měly být preferovány obnovitelné zdroje – například tepelná čerpadla, solární kolektory, čisté kotle na biomasu. Možným řešením je i vytápění na zemní plyn, případně napojení na centrální zásobování teplem. Pokud se topí tuhými palivy, nemělo by to být nekvalitním uhlím nebo mokrým dřevem. Nejen snížení produkce znečišťujících látek, ale i výrazné úspory nákladů na nákup paliva může přinést zateplení vytápěné budovy a tedy snížení spotřeby paliv.

## **4.3. Opatření v dalších zemích**

USA:

Americká agentura EPA (Environmental Protection Agency) posílila dne 14. Prosince 2012 své normy kvality ovzduší pro jemné částice s cílem zlepšit ochranu veřejného zdraví. Revizí prošla norma pro standart PM<sub>2,5</sub> tak, že se snížila na 12

mikrogramů na metr. Snížena byla také 24. hodinová norma pro úroveň částic PM10, která je 35 mikrogramů na m<sup>3</sup>.

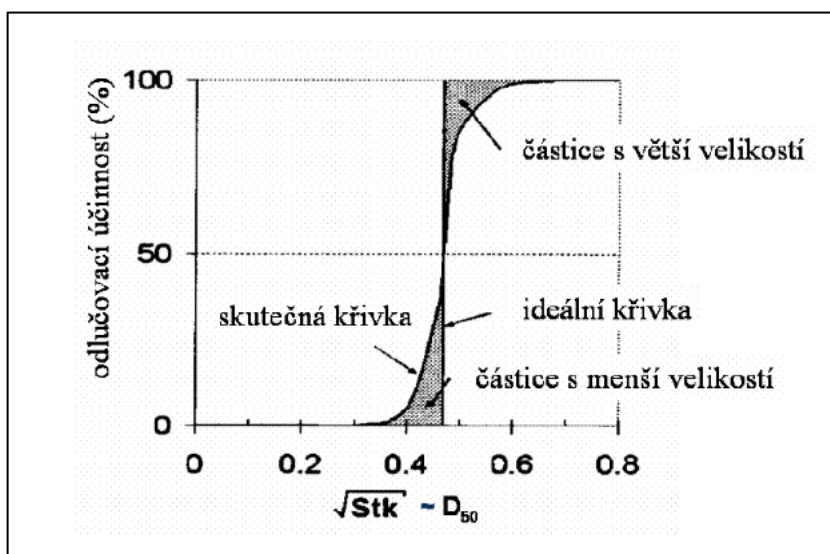
Starší verze této normy, která byla v platnosti od roku 1987, udávala limit pro částice PM10 24 hodin 150 mikrogramů na m<sup>3</sup>. V rámci této změny EPA vylepšila monitoring částic PM2,5 po celé zemi. Díky tomuto dochází k lepšímu sběru dat a k dalšímu přezkoumání situace dojde v roce 2017.

Co stávající normy pro PM10 znamenají pro zemědělství? Epa monitoruje jednotlivé oblasti, které jsou zatíženy zemědělstvím. Veškerá data zpracuje a poté stanoví jednotlivé požadavky každému státu zvlášť, jelikož některé státy jsou zatíženy zemědělskou výrobou více a některé méně. Každý stát pak navrhne metody pro snížení znečištění ovzduší.

Vzhledem k tomu, že emise ze zemědělství tvoří veliký podíl v celkovém součtu produkce částic PM10, některé nezasažené státy jako Kalifornie a Arizona se podílejí na řešení problémů států, kteří produkují nadnormativní objem částic [7].

## 5. Měření a způsob stanovení velikostí frakcí

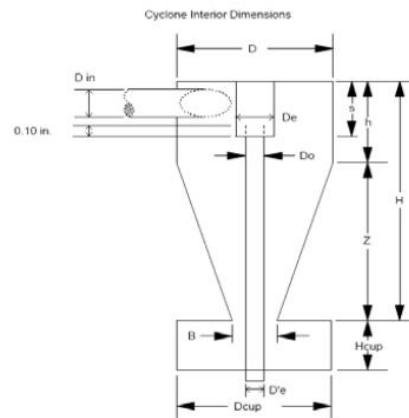
Frakce PM<sub>10</sub> (resp. PM<sub>2,5</sub>) jsou definovány jako částice s aerodynamickým průměrem  $a < 10 \mu\text{m}$  (resp.  $< 2,5 \mu\text{m}$ ) a měrnou hmotností  $1000 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Ideální třídící zařízení oddělí částice požadované velikosti se 100% účinností, skutečné třídící zařízení musí odloučit částice požadované velikosti s 50% pravděpodobností. Strmost křivky je také předepsána. Její tvar je na obrázku.



Obrázek 4 - Skutečná a ideální křivka odloučení částic v měřicím zařízení

### 5.1. Způsob odběru frakcí PM<sub>10</sub> a PM<sub>25</sub> v emisních měřeních

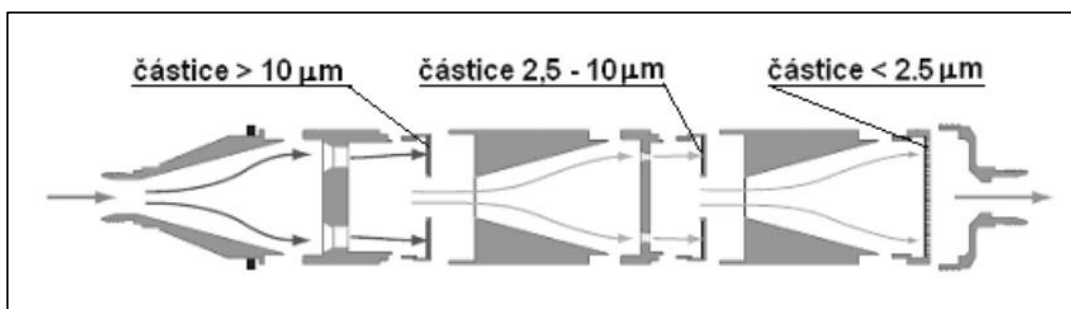
Existuje několik způsobů, jak částice při odběru roztřídit podle jejich aerodynamického průměru. V současné době se nejčastěji používají impaktory a cyklony, protože výsledky měření těmito přístroji se zdají nejspolehlivější. Oba přístroje mají své výhody i nevýhody. Impaktor odebírá obě frakce současně, ale při vysoké koncentraci částic se mohou trysky zanášet a výsledek měření neodpovídá skutečnosti. Cyklony jsou méně choulostivé a dávají spolehlivé výsledky i při vyšších koncentracích, ale stanovení frakcí PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> mohou probíhat buď současně, ale na různých místech nebo v jednom místě, ale postupně. Na obrázku níže je nákres a fotografie cyklonu pro odběr frakce PM<sub>10</sub> spolu s tabulkou rozměrů doporučenou US EPA. Hrubé částice se zachytí v cyklonu a dále na filtr se dostanou jen částice požadované frakce [2].



		Dimensions (+ 0.02 cm, + 0.01 in.)										
	D in	D	De	B	H	h	Z	s	Hcup	Dcup	D'e	Do
cm	1.27	4.47	1.50	1.88	6.95	2.24	4.71	1.57	2.25	4.45	1.02	1.24
inch	0.50	1.76	0.59	0.74	2.74	0.88	1.85	0.62	0.89	1.75	0.40	0.49

Obrázek 5 - Fotografie, nákres a tabulka rozměrů pro cyklon PM<sub>10</sub>

Třídění v impaktoru je založeno na náhlé změně směru proudu částic a plynu. Těžší částice, které nestačí sledovat proud plynu, se zachytí na filtru a menší částice spolu s plynem pokračují dále.



Obrázek 6 - Schéma činnosti impaktoru

## 5.2. Emisní inventura

Emisní inventura zahrnuje pouze primární zdroje. V ČR jsou z jednotlivých zdrojů znečištění vykazovány pouze celkové emise pevných částic, ne jejich jednotlivé frakce. Proto je třeba odhadnout na základě výrobního či spalovacího procesu a použitého odlučovacího zařízení podíl v celkových emisích. Jelikož do současné doby nebyla realizována věrohodná měření  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  na tuzemských zdrojích, byly převzaty výsledky měření z Německa. Tam byly stanoveny procentní podíly  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  v celkovém úletu za odlučovacím zařízením. Tyto hodnoty byly získány proměřením velkého množství odlučovačů užívaných v SRN a i jejich kombinací a zprůměrováním naměřených hodnot. Je třeba poznamenat, že obsah jednotlivých frakcí za odlučovačem samozřejmě závisí na vstupujícím rozložení velikostí a výpočet pomocí průměrných hodnot je značně zjednodušený. V tabulce níže jsou uvedena procentní zastoupení  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  v úletu za odlučovačem.



**Tabulka 3 - Podíly PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za odlučovačem**

Druh odlučovače	% PM <sub>10</sub>	% PM <sub>2,5</sub>
<b>FILTRY</b>	85	60
F - textilní s regenerací ON LINE	85	60
F - textilní s regenerací OFF LINE	85	60
F - ze slinutých porézních vrstev	85	60
F - se zrnitou vrstvou	85	55
<b>ELEKTRICKÉ ODLUČOVAČE</b>	85	55
E – suchý	85	55
E - mokrý	85	55
<b>SUCHÉ MECHANICKÉ ODLUČOVAČE</b>		
S - vírový jednočlánek (cyklon)	65	35
S - multicyklon	70	45
<b>MOKRÉ MECHANICKÉ ODLUČOVAČE</b>	75	40
M - rozprašovací	90	60
M - pěnový	90	60
M - vírový	90	50
M - hladinový	90	50
M - proudový	95	75
M - rotační	95	75
M - kondenzační	85	55

Procentní zastoupení PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> lze také odhadnout na základě mechanismu vzniku částic. Vychází se z předpokladu, že částice vzniklé při obdobných procesech mají podobné rozložení velikosti. Charakteristické hodnoty pro některé technologické procesy, převzaté z tabulky výš, jsou v tabulce níže.

**Tabulka 4 - Podíly PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> pro některé technologické procesy**

typ	%PM <sub>10</sub>	%PM <sub>2,5</sub>
mechanický vznik	51	15
manipulace s materiálem, mletí, prosívání a sušení materiálu ( např. lomy, čištění uhlí )		
mechanický vznik	85	30
jemné mletí, broušení, nanášení barev a laků		
vypalování a jiné tepelné úpravy	53	18
aglomerace rud, jílu apod.		
manipulace se zrnem	15	1
sklizeň obilí, manipulace s obilím, zpracování dřeva		
zpracování zrnin	61	23
mletí obilí, sušení, třídění		
tavení kovů ( mimo hliníku)	92	82
všechny primární i sekundární výrobní procesy probíhající za vysokých teplot, výroba minerální vlny		
kondenzace, hydratace, absorpce, destilace	94	78
uzení masa, výroba dřevěného uhlí, kalení		

## **6. Měření**

### **6.1. Cíl měření**

Cílem měření bylo zjistit hmotnostní koncentraci polévatého prachu, který vzniká v souvislosti se zemědělskou činností farmy v obci Šumavské Hoštice. Měření bylo realizováno při obvyklých pracovních činnostech, kdy bylo možné očekávat, vzhledem k jejich charakteru, že dojde ke vzniku a následnému vnesu prachových částic. Pracovní činnosti byly realizovány běžným hospodařením Agrodružstva Šumavské Hoštice.

Dílčím cílem měření bylo získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu zemědělské techniky na polních cestách na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů. Vlivem pohybu kol je značná zátěž na ovzduší zvíření prachových částic. Jedná se převážně o částice větších frakcí, na jejichž složení se podílejí částice geologického původu z okolní půdy, částice pocházející z pracovní činnosti na polích, částice vznikající abrazí a drolením vozovky, opotřebením částí vozidel (pneumatiky, karoserie, brzdové a spojkové obložení), částice pocházející z úletů sypkých břemen.

### **6.2. Materiál a metody**

Metodika měření vychází z předpokladů, že se prachové částice mohou šířit od zdroje ovzduším. Jedním předpokladem pro šíření prachových částic je to, že jsou volně uloženy (nemají pevné vazby na podložku), čímž lze předpokládat, že působením pracovního adaptéru strojního zařízení dojde při pracovní činnosti k jejich vzniku. Dalším předpokladem je, že částice musejí být v určitých velikostech (zde je vazba hmotnost a proud vzduchu) a v suchém stavu. Třetím předpokladem je, že musejí být uvedeny do pohybu a vnosu působením proudění o určité rychlosti nebo mechanickým působením (například podřezáváním a nakypřením půdního profilu radličkami, hlazením a urovnáváním povrchu půdy smykovou lištou nebo bránami atd.).

Rychlost a směr šíření prachových částic závisí na mnoha faktorech, které vycházejí jednak z výše uvedených předpokladů, a jednak z vlivů prostředí, například vyskytujících se překážek, ale především z meteorologické situace v okamžiku měření (vítr, relativní vlhkost, teplotní inverze, mlha, déšť).

Měření bylo realizováno při pracovních činnostech, kdy bylo možné očekávat, že dojde ke vzniku a následnému vznosu prachových částic. Důležitým faktorem při měření byla rychlost a směr proudění větru od zdroje prachových částic a také vzdálenost od zdroje. Měření byla uskutečněna pouze tehdy, byla-li rychlost proudění větru bez výrazných zvýšení alespoň  $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a nejvýše  $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Doba měření byla závislá na charakteru pracovní činnosti, v závislosti na očekávané době, kdy byla vysoká pravděpodobnost zvýšení hodnot koncentrace prachových částic [5].

### 6.3. Přístroj k měření prachových částic

K vlastnímu měření byl použit přístroj DustTRAK 8530 od firmy TSI. Tento přístroj provádí okamžité měření prachových částic v rozměrech  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_1$  (vyžadují samostatné měření, protože se mění jednotlivé impaktory). Trysky pro danou velikost vymezují. Vzduch se prosává filtrem, který je zvolen podle velikosti frakce polévatého prachu a kvantitativně jej zachytí.

Před vlastním měřením by měl být zdroj elektrické energie v přístroji plně nabit, protože vnitřní zdroj dodává energii pouze po dobu tří hodin. 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



Obrázek 7 - Přístroj Dust Trak 8530

DustTRAK 8530 se zapíná hlavním tlačítkem zapnutí/vypnutí, poté se může ovládat dotykem prstu nebo stylusu na display, pak se může provést vlastní měření. Po změření potřebných hodnot se DustTrak8530 vypne tím samým tlačítkem zapnutí/vypnutí, ale s tím rozdílem, že se vypnutí musí potvrdit.

Hlavní a i vstupní částí přístroje je impaktor (vzorkovací hlava), která zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu. Před každým odběrem je nutné vždy provést kalibraci nuly. Průtoková rychlost musí být dodržena shodně po celou dobu odběru na hodnotě 3,0 l.min<sup>-1</sup>. Hodnoty koncentrace prachu lze zaznamenávat v intervalu 1 sekunda až 1 hodina ve formátu mg.m<sup>-3</sup>.



**Obrázek 8 - Vybraný model rozloženého impaktoru a jeho části**



**Obrázek 9 - Nulovací filtr a zvolený impaktor PM<sub>10</sub>**

Pro nejlepší dosažení nejpřesnějších hodnot se doporučuje teplota vzduchu v okolí měření 15- 30 °C a relativní vlhkost vzduchu 20- 45%.

## Postup měření s přístrojem DustTRAK 8530

- a) Dotykiem stylusu (speciální tužkou) nebo koncem prstu se aktivuje *Setup* a objeví se ovládací políčka svíse vlevo, na modré obrazovce se zobrazí údaje o měřicím přístroji.
- b) Dotykem se aktivuje Zero Cal. Vyžaduje to, aby byl před zahájením kalibrace připojen nulovací filtr.
- c) Dotykem se aktivuje zelené políčko Start. Objeví se nápis „Zero calibration is in process.“ a odpočítávání 60 sekund. Po ukončení kalibrace se objeví „Zero Cal Complete“.
- d) Odstraní se nulovací filtr.
- e) Dotykem se aktivuje políčko v levém dolním rohu Main, nastaví se RunMode: Manual (pokud již není nastaven) políčkem RunMode. Nastaví se také datum a další požadované údaje týkající se měření (interval, celková doba měření). Přístroj umožňuje záznam dat 45 dní v minutových intervalech.
- f) Nasadí se impaktor, který obsahuje horní část s vyznačením velikosti prachových částic PM<sub>10</sub>, uvnitř je záchytná destička, spodní část je přizpůsobena k těsnému nasazení na měřicí přístroj (pryžový kroužek). Spodní a horní část je spojena závitem. Záchytná destička se vkládá do spodní části.
- g) Dotykem se aktivuje zelené políčko Start. Přístroj zobrazuje hodnoty prachových částic v mg.m<sup>-3</sup>. V levém dolním rohu je odpočítáván čas, který je nastaven.
- h) Dotykem na políčko Start se v pravé části zobrazí hodnoty minimální, maximální a průměrné.
- i) Dotykem na tlačítko Graph se zobrazí graf, na jehož ose x je čas v sekundách a na ose y jsou hodnoty prachových částic.
- j) Dotykem na tlačítko Data, lze hodnoty uložit pod názvem souboru, který byl předtím navolen.
- k) Vypnutí přístroje se provede tlačítkem, kterým byl zapnut, stiskne se políčko Yes a přístroj se po chvíli vypne.



Obrázek 10 - Fotografie měřícího přístroje DustTRAK 8530 a návodu k přístroji



Obrázek 11 - Názorná ukázka přístroje v činnosti a jeho ovládacího panelu s nasazeným zvoleným impaktorem PM<sub>10</sub>

## 6.4. Princip měření

Před každým měřením se musí provést kalibrace přístroje pomocí nulovacího filtru. Pro vlastní měření byl zvolen impaktor pro částice menší než 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Vzorek je získán prosáváním ovzduší přístrojovým kompresorem a jeho vysoušením přes impaktor, který zachycuje částice odlučovaných frakcí prachu.

## 6.5. Měřené zdroje

### 6.5.1. Měření koncentrace prachu při dopravě

Vzdálenost přístroje byla vždy ve zvoleném rozsahu 4 - 12 metrů, kolmo od osy nejbližšího okraje polní cesty u Agrodružstva Šumavské Hoštice. Zvolený impaktor ( $\text{PM}_{10}$ ), který je vhodný pro vlastní měření, byl umístěn do výšky  $175 \pm 20$  centimetrů nad úrovní povrchu cesty. Měření bylo prováděno minimálně na 5 místech v rozmezí 20 metrů, v úseku 150 metrů polní cesty, pokud to bylo možné a přístroji nevadila žádná nadzemní překážka (keřový porost, stromy, přístřešky atd.). Tím byl zajištěn optimální sběr dat ve prospěch objektivního vyhodnocení výsledků.

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

### 6.5.2. Meteorologické podmínky

Podmínky se musí zaznamenávat před zahájením měření, po ukončení měření dané pracovní činnosti nebo v časových intervalech v závislosti na měření. Meteorologické podmínky musí mít po celou dobu měření tyto limitní hodnoty:

- rychlost větru musí být nižší než  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;
- okolní teplota v úrovni měření musí být v rozmezí  $+15$  až  $+30^\circ\text{C}$ ;

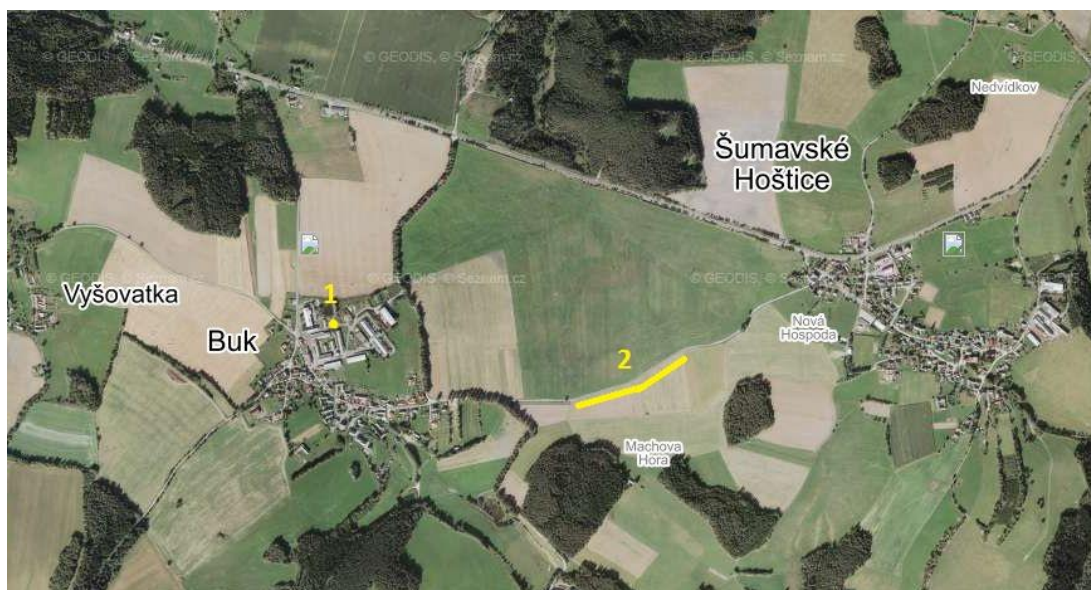
- relativní vlhkost musí být v rozmezí 20 – 45%;
- součin teploty vzduchu (°C) a relativní vlhkosti (%) musí být vyšší než 500;
- měření nesmí probíhat za podmínek teplotní inverze;
- průměrný směr větru musí být v rozsahu  $\pm 60^\circ$  od spojnice měřicího místa a silnice, která je kolmá na osu silnice;
- měření nesmí probíhat za mlhy;
- při měření a před měřením se nesmí vyskytovat žádné srážky a dopravní trasa musí být suchá;
- při měření polních prací je nutné umístit měřicí zařízení do místa, kam jsou prachové částice větrem unášeny a je nutné k tomu uvést vzdálenost od zdroje;

## 6.6. Místo měření

Místo měření bylo zvoleno, tak aby bylo dopravně zatíženo převážně vozidly kategorie T (zemědělské nebo lesnické traktory, zákon neuvádí podrobnější rozlišení, mohou být i kolové a pásové traktory). Traktory jsou obecně motorová vozidla vybavená koly nebo pásy, která jsou konstruována pro tažení, tlačení, nesení nebo pohon určitého nářadí, strojů nebo tažení připojených vozidel. Mohou být určeny pro přepravu nákladu (břemen nebo manipulačních jednotek) a osob, pokud jsou v soupravě s vhodně vybaveným přívěsem nebo návěsem s naloženými břemeny (zejména při přepravě osob nebo zvířat). Nachází se zde vyšší výskyt prachových částic na povrchu vybrané cesty.

Měření probíhalo v obci Buk a Agrodružstva Šumavské Hoštice a také na cestě, která tvoří spojnicí mezi Bukem a Šumavskými Hošticemi a je tam značný každodenní provoz traktorů. V okolí dopravní trasy jsou obhospodařované zemědělské půdy, čímž dochází k vývozu nečistot na povrch trasy, což je vhodné pro vlastní měření.





**Obrázek 12 - Satelitní snímek místa měření na spojnici mezi Bukem a Šumavskými Hošticemi s označenými místy měření**

Zdroj: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

#### **6.6.1. Jednotlivá místa měření**

První měření se provádělo dne 27. září 2014 v Agrodružstvu Šumavské Hoštice v Buku. Začátek měření proběhlo v 16:00 hod., které probíhalo na 1 místě v čase 60 sekund. V místě měření je značný výskyt prachových částic, vzhledem k tomu, že místo je značně využíváno zemědělskými stroji. Na níže uvedeném obrázku je označené místo měření.

Klimatické podmínky při měření vyhovovaly metodice měření. Vlhkost vzduchu 36,3%, rychlost větru  $6,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , srážky žádné a teplota vzduchu  $17^{\circ}\text{C}$ . Vzdálenost přístroje od pole byla 4 m a znečištění vozovky bylo prašné.

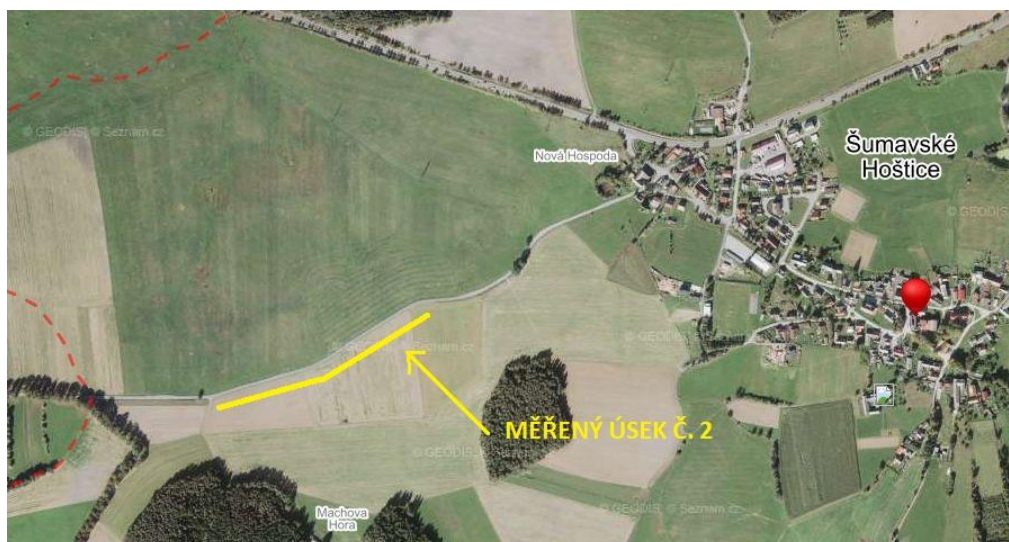


**Obrázek 13 - Satelitní snímek prvního místa měření v obci Buk**

Zdroj: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

Druhé měření bylo provedeno dne 28. září 2014 na dopravní cestě, která tvoří spojnici mezi obcí Buk a obcí Šumavské Hoštice. Měření probíhalo v 9:30 hod., které také probíhalo na 1 místě po 60 sekundách při různých průjezdech traktorů. U dopravní cesty jsou přilehlá pole, na kterých se provádí polní práce. Tím je zajištěna velká koncentrace prachových částic. Níže na uvedeném obrázku je označený měřený úsek.

Klimatické podmínky při měření také vyhovovaly. Podmínky byly v hodnotách dané metodikou měření. Vlhkost vzduchu 31%, rychlost větru 6,8- 11,6 m.s<sup>-1</sup>, srážky žádné a teplota vzduchu 15°C. Vzdálenost přístroje od cesty byla 6 m a znečištění cesty bylo značně prašné.



**Obrázek 14 - Satelitní místo druhého měřeného místa**

Zdroj: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)

## **6.7. Měření koncentrace prachu při realizaci pracovní činnosti v zemědělství**

Mechanické obdělávání půdy zajišťuje v jednotlivých obdobích roku účelné zpracování půdy ve prospěch její budoucí kvality a také je ochranným opatřením před vznikem půdní eroze. Konstrukce strojů, které svými pracovními adaptéry působí na půdu, musí zajistit optimální strukturu půdy, tzn. rozdrobení půdy, rozmělnění pozůstatků plodin, jejich promíchání s půdou, částečné obrácení a uložení ve správné hloubce, resp. na povrchu.

Pracovní operace spojené s obděláváním půdy musejí být realizovány v přesně vymezené době a při optimálních meteorologických podmínkách, s čímž souvisí časová náročnost provedených prací, resp. požadavek na výkonnost strojů, které se na obdělávání půdy podílejí. Z praxe je patrné, že níže uvedené polní práce musejí být realizovány i v podmínkách, kdy vzhledem k nutnému působení pracovních orgánů na půdu, dochází k emisi půdních prachových částic do okolí stroje.

Za obvyklé pracovní činnosti v oblasti polních prací lze považovat orbu, podmtítku, mělké a hluboké kypření, mísení, mulčování posklizňových zbytků, srovnávání a utužení povrchu půdy a setí.

Zdroji emisí prachových částic PM<sub>10</sub> v zemědělské oblasti jsou pracovní nástroje, které působí zpravidla na povrch půdy a svým pohybem drobí větší shluky

půdy (hroudy) na menší a také dělí větší minerální zrna a rostlinné zbytky na menší částice (až do velikosti částic 10  $\mu\text{m}$ ). Pracovní nástroje tyto částice uvádějí do vznosu mechanickým působením [5].



**Obrázek 15 – Viditelný vznos prachových částic při pracovní činnosti**

#### **6.7.1. Mulčování rostlinných zbytků**

Mulčování je nastýlání půdy nebo louky tenkou vrstvou organického materiálu. Mulčování má řadu výhod. Chrání půdu především před vysycháním a slunečním úpalem, brání růstu plevelů a chrání půdu před erozí [10].

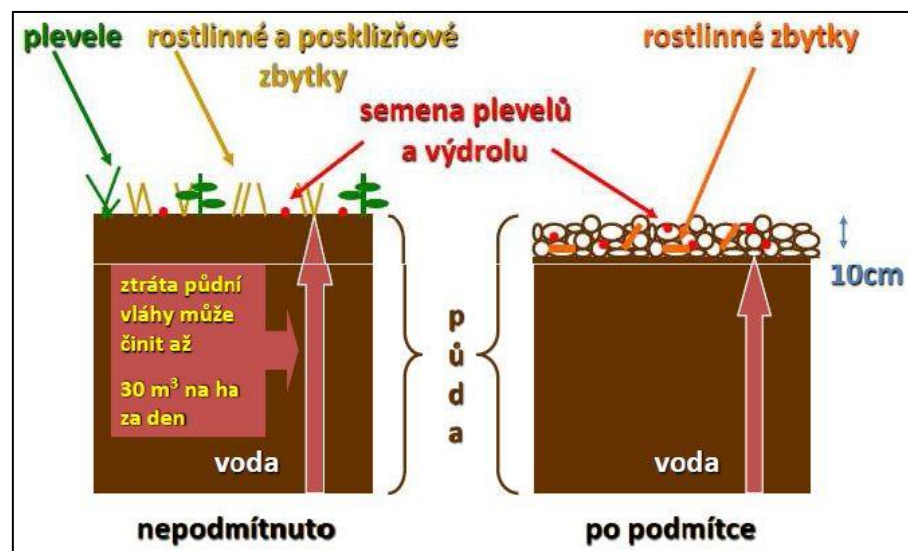
Před výsadbou se půda naruší. Používá se kultivační nářadí jako jsou dlátové kypřiče, polní kultivátory, disky, šípové radličky nebo radlice. Regulace plevelů se provádí herbicidy, obděláním půdy či oběma způsoby [11].



Obrázek 16 - Mulčování rostlinných zbytků na orné půdě

#### 6.7.2. Podmítka diskovým podmítačem

Mělké zpracování půdy (8-12 cm) v letním období po obilninách, luskovinách, řepce apod.



Obrázek 17 - Princip podmítání

#### Úkoly podmítky:

- Hospodaření s půdní vláhou

- přerušení kapilarity v povrchové vrstvě
- uchování vody v půdním profilu
- Regulace zaplevelení
  - sklizňové ztráty předplodin
  - jednoleté a vytrvalé plevely
- Zlepšení fyzikálního stavu půdy
  - prokypření povrchové vrstvy půdy
- Zapravení posklizňových zbytků
  - strniště, rozřezaná sláma
  - vegetující plevely
- Urovnání pozemku
  - po přejezdech mechanizace
  - před dalšími operacemi
- Zapravení hnojiv
  - kejda, močůvka, chlévský hnůj, minerální hnojiva

#### **Diskové podmítače:**

Diskové podmítače dobře pracují na lehkých půdách. Na utužené nebo suché půdě je kvalita práce horší a nejsou vhodné pro kamenité půdy. Je nižší kvalita zapravení posklizňových zbytků a opakovaním pracovní operace lze dosáhnout lepší kvalitu práce. Podmítače mají vysokou plošnou výkonnost. Optimální kvalita práce je zaručena u strojů s vyšší hmotností na 1 m záběru (až 1000 kg). U diskových podmítačů se doporučuje pracovní rychlost až 12 km za hodinu [10].



**Obrázek 18 - Diskový podmítač v záběru**

### 6.7.3. Předseťová příprava

Při jarním předseťovém zpracování půdy jde především o dobré zachování zimní vláhy a kvalitní přípravu osivového lůžka pro osivo jařin. Půda na jaře je většinou dostatečně kyprá a prakticky nevyžaduje intenzivnější zásah. Proto by se při jarním zpracování půdy mělo vycházet ze zásady minimalizace vstupů do pole s cílem zabránit zhutnění půdy hlavně v oblasti kolejových stop.

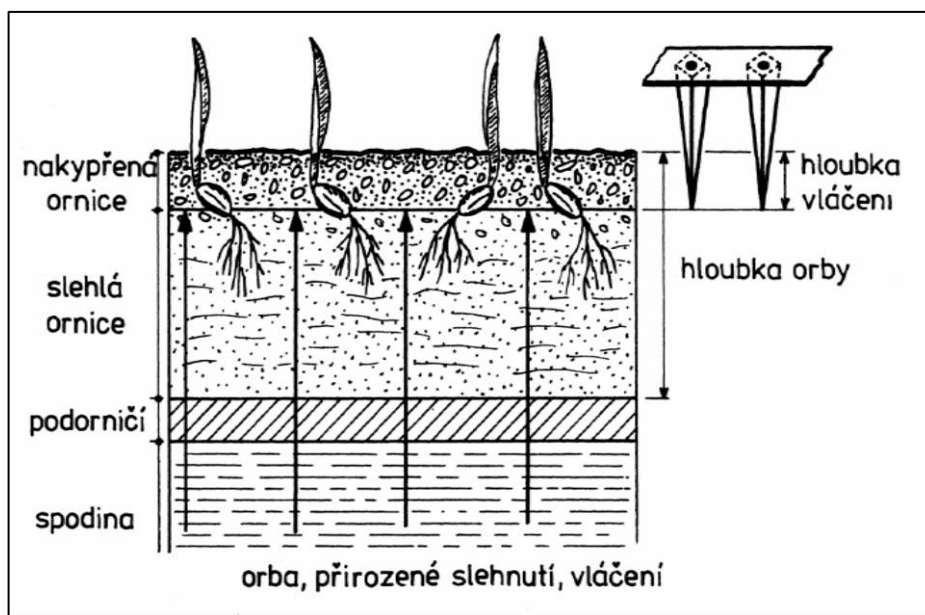
Škody vzniklé na jaře v důsledku poškození struktury půdy přejezdy techniky se už velmi těžko odstraňují a podle výsledků experimentálních měření mohou způsobit snížení úrody některých jařin až o 10 %. Také volba termínu jarní přípravy půdy je důležitá. Brzký termín při zvýšené vlhkosti půdy způsobuje její mazlavost, naopak pozdní termín znamená často snížení zásob vody v půdě přirozeným výparem. Důležité je také dodržet zásadu, že půda by se neměla prokypřit hlouběji než do oblasti osivového lůžka. Pro zachování dostatečné zásoby vody pro vyklíčení osiva by měla platit další zásada – uskutečnit setí okamžitě po předcházející přípravě osivového lůžka.

Z výše uvedeného je zřejmé, že pro vykonání kvalitní předseťové přípravy půdy a vlastního setí může často být využitelný velmi krátký časový úsek, v rámci kterého se rozhoduje o tom, zda pro budoucí úrodu vytvoříme kvalitní podmínky nebo je naopak pokazíme. Pro tradiční předseťovou přípravu půdy bylo charakteristické provádění více oddělených operací, které byly spojené s opakovanými přejezdy po poli: smykování, vláčení, kypření, válcování. Protože však přejezdy po nakypřené půdě způsobují také její nepříznivé zhutnění, je snahou zabezpečit předseťovou přípravu půdy s co nejmenším počtem přejezdů po pozemku nejráději tak, aby se požadovaná kvalita přípravy zabezpečila při jednom přejezdu. To je navíc zdůvodňované úsporou pracovního času a motorové nafty. Především při časně vysévaných jařinách jsou, na rozdíl od tradiční předseťové přípravy s oddělenými pracovními operacemi, při jednorázové předseťové přípravě půdy často ještě spojené se setím dosahované příznivé výsledky. V moderních pěstebních postupech se využívají v rámci předseťové přípravy půdy kombinované stroje s pasivními nebo aktivními pracovními orgány, které dokáží při jednom přejezdu po poli vykonat celý soubor výše uvedených operací [12].

#### 6.7.4. Setí

Agrotechnické požadavky pro setí a sázení:

- Při setí a sázení je třeba pravidelně rozmístit osivo a sadbu tak, aby byly pro všechna semena nebo sadbu vytvořeny stejné a co nejlepší vegetační podmínky
- Podle druhů semen a půdy se seje do hloubky 1 až 10 cm
- Brambory se sázejí do hloubky 6 až 12 cm
- Sazenice zeleniny se sází do hloubky 20 cm
- Hloubka se udává vždy od rovného povrchu pole
- Na plochu 1 ha je třeba rozmístit asi od 40 tis. do 5 mil. semen nebo 35 až 55 tis. hlíz
- Množství osiva a sadby v jednotlivých výsevních a sázecích ústrojí se má dít přesně a snadno seřizovat
- Semena a sadbu nesmějí mechanismy secích a sázecích strojů poškozovat natolik, aby to bránilo jejich dobrému růstu.



Obrázek 19 - Hloubka vláčení





**Obrázek 20 - Názorná ukázka prašnosti při setí**

## **6.8. Výsledky měření**

V níže uvedených tabulkách 1 až 6 jsou uvedeny hodnoty koncentrací prachových částic na prováděnou polní práci a dopravu v závislosti na stavu povrchu cesty. Byly zaznamenány tyto následující doprovodné hodnoty:

**Lz-** vzdálenost od zdroje představuje nejbližší průjezd kolem měřicího místa v (m)

**v-** je průměrná rychlost proudění větru, která byla zjištěna při měření v ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

**w-** je vlhkost půdy odebrané z hloubky 10, 20 a 30 cm v (%)

**T-** je průměrná doba trvání zvýšené koncentrace v (s)

**Q<sub>pk</sub>-** je hodnota průměrné koncentrace prachových částic v ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), zjištěna při všech odběrech

**Q<sub>max</sub>-** je hodnota maximální koncentrace prachových částic emitovaných pracovní činnostmi ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )

**Q<sub>ovzd</sub>-** je hodnota koncentrace ovzduší ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) bez provádění pracovní činnosti (běžná koncentrace prachových částic v ovzduší) [5].

**Tabulka 5 - Naměřené hodnoty koncentrací prachových částic při jízdě traktoru s návěsem po prašné cestě**

Zdroj emise PM <sub>10</sub>	L <sub>z</sub> (m)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>ovzd</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>pk</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>max</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	T (s)
<b>Pohyb traktoru s návěsem po prašné cestě</b>	4	6,1	20	1383,56	1720	60

Vlhkost půdy na dopravní trase nebyla měřena.

**Tabulka 6 - Naměřené hodnoty koncentrací prachových částic při mulčování rostlinných zbytků na orné půdě**

Zdroj emise PM <sub>10</sub>	L <sub>z</sub> (m)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>ovzd</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>pk</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>max</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	T (s)
<b>Mulčování rostlinných zbytků na orné půdě</b>	6	6,8	35	1476,78	5142	60

Vlhkost půdy odebraná z hloubky 10 cm v (%) se zjišťovaná u každé koncentrace částic prašnosti, byla zjištěna odběrem vzorku pomocí odběrné sondy a zjištěna podle postupu ČSN 72 1012 Laboratorní stanovení vlhkosti zemin. Hodnota z 00-10: **13,32/ SP**.

**Tabulka 7 - Naměřené hodnoty koncentrací prachových částic při podmítce diskovým podmítačem po sklizni řepky**

Zdroj emise PM <sub>10</sub>	L <sub>z</sub> (m)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>ovzd</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>pk</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>max</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	T (s)
<b>Podmítka diskovým podmítačem po sklizni řepky</b>	6	11,6	36	1361,54	4120	60

Hodnota z 00-10: **15,12/ LP**

**Tabulka 8 - Naměřené hodnoty koncentrací prachových částic při sklizni řepky sklízecí mlátičkou**

Zdroj emise PM <sub>10</sub>	L <sub>z</sub> (m)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>ovzd</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>pk</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>max</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	T (s)
<b>Sklizeň řepky sklízecí mlátičkou</b>	6	7,4	35	873,21	2890	60

Hodnota z 00-10: **27,32**/ LP

**Tabulka 9 - Naměřené hodnoty koncentrací prachových částic při předset'ové přípravě bránami**

Zdroj emise PM <sub>10</sub>	L <sub>z</sub> (m)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>ovzd</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>pk</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>max</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	T (s)
<b>Předset'ová příprava bránami</b>	6	6,9	35	514,62	2130	60

Hodnota z 00-10: **12,01**/ SP

**Tabulka 10 - Naměřené hodnoty koncentrací prachových částic při setí secím strojem**

Zdroj emise PM <sub>10</sub>	L <sub>z</sub> (m)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>ovzd</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>pk</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	Q <sub>max</sub> (μg.m <sup>-3</sup> )	T (s)
<b>Setí univerzálním secím strojem</b>	6	7,8	35	845,34	3650	60

Hodnota z 00-10: **13,11**/ SP

## 7. Diskuze a závěr

Cílem měření bylo zjistit hmotnostní koncentraci polétavého prachu, který vzniká v souvislosti se zemědělskou činností farmy v obci Šumavské Hoštice. Dílčím cílem měření bylo získání objektivních informací o skutečném vlivu pohybu zemědělské techniky na polních cestách na znečištění ovzduší emisemi z nespalovacích procesů.

Metodika měření vychází z předpokladů, že se prachové částice mohou šířit od zdroje ovzduším. Měření bylo realizováno při pracovních činnostech, kdy bylo možné očekávat, že dojde ke vzniku a následnému vznesu prachových částic. Důležitým faktorem při obou měření byla rychlost a směr proudění větru od zdroje prachových částic a také vzdálenost od zdroje, které jsou 1,8 až 2,6 m.s<sup>-1</sup> a a vzdálenost 4 až 6 metrů.

Z měření bylo zjištěno, že hodnoty jsou velmi vysoké a tato koncentrace prachových částic PM<sub>10</sub> převážně vzniká při polních pracích, které jsou realizovány za určitých podmínek a jsou dány technologií pracovní činnosti. Teplota 15 až 17 °C, vlhkost okolo 35 % a bez teplotní inverze a mlhy. V okolí obce Šumavské Hoštice, kde jsou mnohá pole, mohou za určitých okolností představovat nebezpečí pro zdraví člověka. V těchto oblastech by měla být zvýšená opatrnost. Touto koncentrací prachových částic mohou být občané krátkodobě ovlivněni, ale díky výkonnosti a rychlosti zemědělských strojů, nejsou lidé v okolí dlouhodoběji vystaveni negativnímu vlivu. Obecně lze říci, že vznos prachových částic trvá méně než jednu hodinu. Z naměřených hodnot vyplývá, že koncentrace prachových částic je velmi vysoká, například při mulčování 1476,78 (μg.m<sup>-3</sup>), podμίtkce 1361,54 (μg.m<sup>-3</sup>) nebo při sklizni řepky. Ovlivnění je ale krátkodobé a nepůsobí na člověka negativně, protože není dlouhodobě vystaven vysoké koncentraci prachových částic PM<sub>10</sub> a tyto částice nejsou zpravidla škodlivé. Proto nejsou opatření proti prašnosti nutná, ale mohou se doporučit, zejména proto, že může docházet k následné opakované resuspenzi vlivem větru. Do jaké míry je to škodlivé nebo neškodlivé, je dáno velikostí hodnot znečištění, charakterem a chemickým složením prachových částic a přípustnou četností a dobou. Tyto polní práce jsou sezónní a jsou časově omezené a lze předpokládat, že se nejedná o látky škodlivé, díky tomu je negativní působení prachových částic PM<sub>10</sub> nízké.

V této oblasti Šumavské Hoštice se opatření doporučuje. Existuje tzv. „Izolační zeleň“, která je zaměřená na zlepšení kvality ovzduší a snížení emisní zátěže omezením prašnosti z plošných zdrojů. Zabývá se o výstavbu treláží pro popínavé rostliny, na těchto zdech jsou vystavěné úchyty na vynášení popínavých rostlin (břečťan, přísavník, zimolez atd.). Kromě snížení emisní zátěže prašnosti má stěna i protihlukový účinek a současně chrání stávající zeleň i nové výsadby před kontaktem aerosolů z roztoku posypových solí.

## 8. Seznam použité literatury

- [1] Ibler, Z a kol.: Energetika technický průvodce, 2002 BEN - technická literatura ISBN 80-7300-026-1;
- [2] Upravená verze článku, který byl publikován v časopise EKO - ekologie a společnost. Autorem je odborný konzultant STUŽ v oblasti ekologických a zdravotních rizik;
- [3] Celjak, I.; Metodika měření prachových částic v silniční dopravě; interní pomůcka pro laboratoř Měření prachových částic, BAT centrum, JČU v Č. Budějovicích, 2013, 24 s.;
- [4] Celjak, I.; Emise prachových částic při realizaci polních prací; Sborník konference New Trends in Design and Utilisation of Machines in the Agri-food Complex and Waste Management, Department of Agricultural Machines, FE, CULS Prague and Research Institute of Agricultural Engineering Prague, 28.4 – 30.4. 2014 Praha Suchdol,; ISSN1802- 2391, 2014, s. 33- 36;
- [5] Celjak I. a kol.: Vliv pohybu vozidel v silniční dopravě na znečištění ovzduší resuspendovanými tuhými znečišťujícími látkami, Sborník konference New Trends in Design and Utilisation of Machines in the Agri-food Complex and Waste Management, Department of Agricultural Machines, FE, CULS Prague and Research Institute of Agricultural Engineering Prague, 28.4 – 30.4. 2014 Praha Suchdol, ISSN1802- 2391, s.42-45;
- [6] Dufek, J., Huzlík, J.: Metodika pro stanovení emisní zátěže látek znečišťujících ovzduší v České republice. Brno, Centrum dopravního výzkumu, 2001;

### Internetové stránky

- [1] Poletavý prach- neviditelná hrozba:  
<http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach---neviditelna-hrozba/>
- [2] EPA- Particulate matter:  
<http://www.epa.gov/airquality/particulatematter/agriculture.html>
- [3] Health Aspects of Air Pollution – answers to follow-up questions from CAFE:Report on a WHO working group meeting;Bonn, Germany, 15–16 January 2004:  
<http://www.euro.who.int/document/E82790.pdf>
- [4] Český hydrometeorologický ústav- Grafická ročenka:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/II\\_ovzd\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/II_ovzd_CZ.html)

[5] Ekoporadna, zeleň a zahrada:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/II\\_ovzd\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/II_ovzd_CZ.html)

[6] Eco- Farm:

[http://projects.czu.cz/EF/prednasky\\_2.htm12](http://projects.czu.cz/EF/prednasky_2.htm12)

[7] Jarní předseťová příprava půdy stroji firmy Lemkem:

<http://mechanizaceweb.cz/jarni-predsetova-priprava-pudy-stroji-firmy-lemken/>

Vysvětlivky:

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

Polutant – Znečišťující odpadní látka

WHO – Zkratka světové zdravotnické organizace

PM- Prachové částice

Treláž- Mřížová konstrukce, často na podporu popínavých rostlin nebo dřevin

## **9. Seznam příloh**

Datový nosič- CD disk