

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

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Měření prašnosti a hlukových aspektů při ošetřování zemědělských komodit
atmosférickým plazmovým výbojem GA.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Zbyněk Havelka

Autor diplomové práce: Vojtěch Salát

České Budějovice, 2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch SALÁT**
Osobní číslo: **Z14113**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Měření prašnosti a hlukových aspektů při ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem GA.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cíl práce: Student v bakalářské práci zhodnotí vliv prašnosti a hlučnosti na zdraví operátora při ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem GA. Svá tvrzení student podloží realizací laboratorního měření.

Struktura hlavní části práce může být následující:

1. Stručný úvod do problematiky
2. Využití plazmových výbojů
3. Technické principy měření
4. Metodika pro realizaci měření
5. Výsledky měření
6. Diskuse
7. Závěr

Součástí práce může být soubor fotografií či videodokumentace, který bude přiložen na datovém nosiči. Bude-li to možné, pokusí se student výsledky pozorování publikovat.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Schmiedt, L.: Úvod do fyziky plazmatu. Fyzika plazmatu [online]. [2006].
Dostupné z: <http://atrey.karlin.mff.cuni.cz/marble/d/?p=0>
2. Fridman, A., Nester, S., Kennedy, L.A., Saveliev, A., Mutaf-Yardimci, O.:
Gliding arc gas discharge. Progress in Energy and Combustion Science,
Vol. 25, No 2, 1998.
3. Richard, F., Cormier, J. M., Pellerin, S., Chapelle, J.: Physical study of a
gliding arc discharge. J. Appl. Phys., Vol. 79, No 5, pp. 2245 - 2250, 2009.
4. Dufek, J., Huzlík, J.: Metodika pro stanovení emisní zátěže látek
znečišťujících ovzduší v České republice, Brno, Centrum dopravního
výzkumu, 2001, 21 s.;
5. Hollerová, J.: Prašnost na pracovišti,
<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>
6. Jandák, Z.: Hluk v pracovním prostředí,
<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi>
7. další zdroje s využitím Web of Science
8. interní zdroje
9. internet

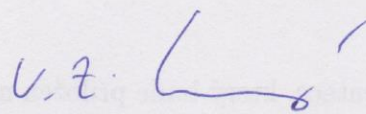
Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Zbyněk Havelka

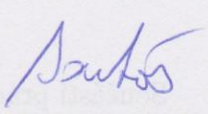
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **16. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2017**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA ©
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1868, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 22. března 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47sb. zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis:

Poděkování: Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Zbyňku Havelkovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je úvod do problematiky ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem GA. Zhodnotit vliv prašnosti a hlučnosti na zdraví operátora při ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem GA. Hodnoty byly měřeny za pomoci kalibrovaných přístrojů, jako jsou TSI DustTrak 8530 a Brüel & Kjaer typ 2270.

Klíčová slova: plazma, výboj, hlučnost, prašnost, ošetřování plodin

Salát, V. (2017), *„Měření prašnosti a hlukových aspektů při ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem GA“*, Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice.

Abstract

The objective of this bachelor thesis is Introduction to problematice of treat agricultural commodities by atmospheric plasma discharge GA. Assess Impact of dust and noise on operator's health during treating agricultural commodities by plasma discharge GA. The values were measured by using calibrated devices such as TSI Dust Trak 8530 and Brüel & Kjaer type 2270.

Keywords: plasma, discharge, noise, dust, crop treatment

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Vliv prašnosti a hlučnosti na člověka	10
2.1 Vliv prašnosti na člověka	10
2.1.1 Definice a termíny pro hodnocení prachu.....	10
2.1.2 Účinky prachu na lidský organismus	11
2.1.3 Pracovní ovzduší a příslušná legislativa	13
2.2 Vliv hlučnosti na člověka	14
3. Plazma.....	17
3.1 Co je to plazma.....	17
3.2 Využití plazmatu	18
3.2.1 Využití v průmyslu.....	18
3.2.2 Využití v medicíně	19
3.2.3 Využití v zemědělství.....	21
3.3 Plazmový výboj GA	22
4. Technické principy měření	25
4.1 Přístroj DustTrak II	25
4.2 Hlukoměr.....	26
4.3 Zařízení pro ošetřování obilovin plazmovým výbojem GA.....	27
5. Metodika měření	28
5.1 Metodika měření prašnosti	28
5.2 Metodika měření hlučnosti	29
6. Výsledky měření	30
7. Diskuse.....	37
8. Závěr	39
9. Použitá literatura	40
10. Seznam tabulek a grafů	46

1. Úvod

Tématem této bakalářské práce je měření prašnosti a hlukových aspektů při ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem Gliding arc.

Teoretická část práce je rozdělena do třech hlavních částí. První část se zabývá prašností a hlučností a také jejich vlivem na zdraví člověka. Dále zde naleznete informace jak o samotném plazmatu, tak i o jeho využití v různých oborech lidské činnosti, jako je průmysl, lékařství a zemědělství.

Závěr teoretické části je věnován použitým měřicím přístrojům a principům jejich činnosti. Cílem teoretické části bakalářské práce je čtenáře seznámit se základními aspekty této práce a také sdělit důležité informace ke správnému pochopení praktické části.

Teoretickou část následuje část praktická, která je zaměřena na určení míry prašnosti a hlučnosti, které je operátor při práci se zařízením pro ošetřování zemědělských komodit plazmatem vystaven. Nalezneme zde sestavenou metodiku postupu prováděných prací a následně zpracované a zhodnocené výsledky ve formě tabulek a grafů.

V diskuzi této práce jsou řešeny naměřené hodnoty, porovnávány s legislativou danými údaji a jsou navrhována vhodná opatření k dosažení cílů bezpečnosti práce.

2. Vliv prašnosti a hlučnosti na člověka

2.1 Vliv prašnosti na člověka

Prach patří k nejvíce rozšířeným škodlivinám, kterým je člověk běžně v životě vystavován, stejně tak i při různých pracovních činnostech. Pojem škodlivé účinky prachu na člověka je velmi široký. Při hodnocení těchto účinků musí být brán zřetel na původ, vlastnosti a velikosti prachových částic. Na koncentraci, v jakých se vyskytují v ovzduší, na době a podmínkách působení a také na individuální citlivosti člověka na prachové částice. V tomto ohledu je i obsáhlá legislativa, která obsahuje předpisy pro pracovní, venkovní prostředí a vnitřní pobytové prostory (Provazník et al., 1997).

2.1.1 Definice a termíny pro hodnocení prachu

Disperzní systém kapalných a pevných částic suspendovaných v plynu se nazývá aerosol, podle skupenství obsahovaných částic můžeme aerosol rozdělit na tuhý nebo kapalný.

Prach můžeme označit za polydisperzní tuhý aerosol, který vzniká z důvodu lidské činnosti například při mechanickém zpracování pevných materiálů (dobývání surovin, řezání, broušení, vrtání), při rozmělnovacích procesech (mletí, drcení). Může však vznikat i bez pomoci člověka např. roznesením částic půdy z neupraveného zemského povrchu vlivem proudění vzduchu, činností sopek nebo tvorbou aerosolu na mořském pobřeží (Provazník et al., 1997).

Prachové částice můžeme rozdělit podle velikostí částic na **hrubý prach** (PM₁₀), na **jemný prach** (PM_{2,5}) a **velmi jemný prach** (PM_{0,1}). Zkratka PM je odvozena od anglického particulate matter, což znamená prachová částice. Index u zkratky PM znamená maximální rozměr prachových částic v μm. (Cuccia et al., 2010).

Při spalování organických látek a paliv vzniká kouř s částicemi velkými 0,01 až 0,5 μm, při chemických oxidačních procesech jako je např. svařování se uvolňuje dým s částicemi velkými 0,1 až 1 μm. V běžné praxi se však pod pojmem prach označují všechny tuhé aerosoly.

Pyly, mikroorganismy a spóry plísní, jejichž velikosti částic se pohybují v rozmezí velikosti částic prachu, nazýváme bioaerosol.

2.1.2 Účinky prachu na lidský organismus

Prach můžeme rozdělit na základě jeho škodlivosti, jedná se o dělení na **netoxický** a **toxický**. Další rozdělení prachu podle účinků lze nalézt v předpisech a je používáno při hodnocení prašnosti na pracovišti (Hollerová, 2007). Z hlediska účinku prachu na člověka se prach dělí na:

- prachy s převážně nespecifickým účinkem
- prachy s fibrogenním účinkem a možným fibrogenním účinkem
- s převážným fibrogenním účinkem
- s dráždivým účinkem (minerální vláknité prachy)

Styk kůže s prachem je možný u většiny organických prachů a některých anorganických a vláknitých prachů, u některých jedinců může způsobit podráždění nebo alergické reakce.

Nejčastější a hlavní cestou vstupu prachu do organismu člověka jsou dýchací cesty. Hrubé prachové částice zadrží horní cesty dýchací. Následně se pohybem řasinkového epitelu, který je v nosní dutině, dostávají s hleny do nosohltanu a jsou spolknuty, vykašlány nebo vykýchány. Větší částice prachu se v dýchacích cestách usazují, menší částice pronikají dále do těla. Čím menší je velikost prachových částic, tím je větší pravděpodobnost průchodu až do plicních sklípků. U částic velikosti 3 μm tato pravděpodobnost dosahuje více než 50 %. Tyto frakce prachu, které jsou tvořeny malými částicemi vdechnutelnými až do plic jsou z hlediska zdraví člověka nejnebezpečnější. Vdechování částic prachu způsobuje různé nežádoucí reakce lidského organismu.

Velké množství prachu v ovzduší způsobuje sedimentaci prachových částic v očích, nosní dutině a ústech, což způsobuje nepříjemné pocity (pálení, svědění). Dlouhodobé vystavení takto vysokým koncentracím i u prachu bez zvláštních účinků (také nazývanému "inertní") způsobuje velkou zátěž samočisticích mechanismů plic, snižuje imunitu člověka a může zapříčinit až vznik chronického zánětu průdušek. Také vlastní mechanické působení těchto částic nebo jejich případné odstraňování může způsobit poškození pokožky a sliznic (Analýza rizik při práci, 2001). Dlouhodobé vystavení vysokým koncentracím částečkám prachu rovněž zvyšuje pravděpodobnost vzniku rakoviny plic a jiných onemocnění dýchacích cest, avšak i krátkodobé expozice

mohou zhoršovat různé formy onemocnění jako je bronchitida a astma. Také může způsobovat změny variability srdečního tepu (Samet et al., 2000).

Fibrogenní prachy mohou způsobovat vznik plicních fibróz (dochází k zvýšenému bujení vaziva v plicích). Součástí fibrogenního prachu je například krystalický oxid křemičitý ve formě křemene, kristobalitu, nebo tridymitu a také gama forma oxidu hlinitého.

Dráždivé prachy nejčastěji způsobují potíže mechanickým drážděním sliznic horních a dolních dýchacích cest, očních spojivek a pokožky, také mohou způsobovat alergické reakce a v případě prachu organického mohou vyvolávat průduškového astma.

Infekční prachy obsahují choroboplodné zárodky, které jsou zachyceny na částicích prachu. Takovéto prachy jsou velice nebezpečné, protože mohou způsobit vážná onemocnění, jako jsou například různé bakteriální a plísňové infekce.

Toxické prachy mohou způsobovat mimo lokálního účinku na dýchací ústrojí i celkovou intoxikaci. Prachy, které obsahují toxické látky, jsou vstřebávány do krve a mají špatný vliv na orgány a tkáně, i na ty, které nemají přímou souvislost s místem vstupu škodlivin.

Karcinogenní prachy jsou takové prachy, které mohou při vdechnutí zapříčinit nádorová onemocnění u osob exponovaných těmto prachům.

Téměř ve většině pracovních činností člověka dochází k uvolňování prachu, důležité je proto koncentrace prachových částic v pracovním prostředí monitorovat, vyhodnocovat a určovat následná opatření tak, aby nedocházelo nebo aspoň se omezilo poškozování zdraví pracovníků. Znečištění ovzduší prachem vyjadřuje koncentrace v něm rozptýlených částic, buď hmotnostní, nebo početní v objemové jednotce vzduchu. Za účelem určení prašnosti se využívá nejvíce gravimetrická metoda a výsledné koncentrace se uvádějí v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. U prachů vláknitých se pro diagnostiku prašnosti využívá koncentrace početní, to znamená, že určujeme počet vláken na jednotku objemu ($\text{vl}\cdot\text{cm}^{-3}$). Počet vláken se určuje ze vzorků prachu pod mikroskopem (Analýza rizik při práci, 2001).

2.1.3 Pracovní ovzduší a příslušná legislativa

Vystavení prašným aerosolům se vyhodnocuje porovnáním naměřených koncentrací s limitními koncentracemi. Na pracovišti je to průměrná koncentrace za pracovní směnu a přípustný expoziční limit (PEL).

Podle mnohaletých studií byla sepsána ustanovení, na základě kterých se měří a posuzují účinky prachu na člověka v pracovním prostředí. Základní normou je **ČSN EN 481 Ovzduší na pracovišti. Definice velikostních frakcí polétavého prachu pro měření**. Tato norma přesně určí metody pro odběr vzorků jednotlivých frakcí, které musí být použity pro vyhodnocení účinků prachu vdechovaného pracovníkem na pracovišti. V praxi jsou tyto metody využívány k specifikaci přístrojů pro odběr polétavého prachu k měření koncentrací příslušných definovaných frakcí.

Na pracovišti se využívají k vyhodnocení prašnosti termíny vztahující se k jednotlivým částem prachu. To znamená, **thorakální, respirabilní a vdechovatelná frakce** (celková prašnost) (ČSN EN 1540 Ovzduší na pracovišti – Terminologie, 9/1999). Běžně se určuje celková prašnost, u prachů s převážnými fibrogenními, nebo možnými fibrogenními účinky se určuje i frakce respirabilní. U fibrogenních prachů je nutné určit také množství fibrogenní složky, protože podle ní se stanovují limitní hodnoty pro respirabilní frakci. Frakce thorakální se v současné době v pracovním prostředí nehodnotí.

V nařízení vlády o pracovních podmínkách jsou uvedeny přípustné expoziční limity pro výše popsané skupiny prachů. Nařízení vlády určuje PEL mimo jiné podle látek, ze kterých se prach skládá, avšak až na některé výjimky je maximální koncentrace řádově stejná viz tabulka č. 1. (361/2007 Sb. NAŘÍZENÍ VLÁDY ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci).

Tabulka 1: Maximální expoziční limity některých prachů

Druh prachu	Maximální celková koncentrace [mg·m⁻³]
Prach s převážně fibrogenními účinky	10
Prach s možnými fibrogenními účinky	4-6
Prach s převážně nespecifickými účinky	2-10
Prachy s převážně dráždivými účinky	1-6

Také jsou zde zveřejněny techniky na určení koncentrace prachu na pracovišti, jedna gravimetrické metody pro určení jednotlivých frakcí prachu, tak mikroskopické pro určení prachů vláknitých.

Porovnáním naměřených koncentrací prachu na pracovišti s příslušnými PEL dostaneme souhrn o prašné situaci na pracovišti stejně tak jako stupeň prašného rizika i efektivitu protiprašných opatření.

Na základě vyhodnocení zátěže činiteli rozhodujícími ze zdravotního hlediska o kvalitě podmínek na pracovišti se činnosti rozdělují do skupin práce podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví (Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli). Jelikož jeden z činitelů je i prašnost, musí být funkce spojené s prašností na základě naměřených hodnot rozděleny do příslušné kategorie práce.

2.2 Vliv hlučnosti na člověka

Za hluk považujeme kterýkoliv škodlivý, rušivý, nebo nepříjemný zvuk. Vzniká jako nechtěný produkt činnosti člověka při používání kteréhokoliv stacionárního, nebo mobilního strojního zařízení, které je používáno v řadě oborů průmyslu (strojírenství, hornictví), nebo také v dopravě, zemědělství atd.

Z fyzikálního pohledu zvuk představuje mechanické vlnění pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu vnímaným sluchem člověka od 20 Hz do 20 kHz. Zvuk se rozšiřuje od zdroje ve formě vln, které přenášejí akustickou energii. Zvuk v rozsahu frekvencí od 20 Hz do 40 Hz označujeme za

nízkofrekvenční a zvuk od 8 do 16 kHz za **vysokofrekvenční**. Nižší frekvence než 20 Hz označujeme za **infrazvuk** a zvuk o frekvenci nad 20 kHz za **ultrazvuk** (Jandák, 2007).

Účinek zvuku nejlépe vystihuje jeho intenzita, která přímo souvisí s velikostí akustického tlaku. Intenzita zvuku se označuje L_A a vyjadřuje se v decibelech [dB]. Práh slyšitelnosti začíná na 0 dB, přičemž v prostředí od 0 do 20 dB se člověk necítí příjemně z důvodu naprostého ticha. Mezní hodnotou můžeme označit 85 dB, kdy dochází k trvalému poškození sluchu a 160 dB při které již dochází k protržení sluchového bubínku (Vašina, 2010).

Subjektivně člověk rozeznává hlasitost, barvu zvuku a výšku. Podle průběhu zvuku v čase ho rozdělujeme na zvuk ustálený, přerušovaný, proměnný, nebo impulsní. Z důvodu, jenž je velmi dobře znám – dlouhodobé vystavování se příliš velkému hluku může vést k nevratnému poškození sluchu – se musíme před hlukem patřičně chránit. Velmi závažné však jsou i účinky hluku, které nevnímáme sluchem.

Neblahé následky působení hluku na zdraví člověka jsou obecně definovány jako **morfologické**, nebo **funkční** změny organismu, které mají za následek zhoršení jeho funkcí, k poklesu odolnosti vůči stresu, nebo zvětšené citlivosti k jiným nepříznivým účinkům prostředí. Nejdříve dochází ke změnám přechodným a následně ke změnám trvalým (Jandák, 2007).

Negativní účinky působení hluku na člověka můžeme zjednodušeně rozdělit na **orgánové účinky** (specifické a nespecifické), **rušivé účinky** (spánku, řečové komunikace) a **působení na osobní pocity** (obtěžování). Specifické účinky souvisí s poruchami činnosti sluchového analyzátoru. Nespecifické účinky mají za následek ovlivnění činností některých systémů organismu, mnohdy na tom má také podíl reakce na stres a ovlivnění vyšších nervových funkcí. Hluk může vést k iniciaci nebo urychlení vlastního patologického děje u chorob s multifaktoriálními příčinami (Valešová, 2006).

Dostatečně prokázanými nepříznivými zdravotními následky hluku během dne je považována porucha sluchového aparátu, ovlivnění kardiovaskulárního systému a nevhodné působení na učení řeči a čtení u dětí. Během noci, tedy v době spánku a fyziologické regenerace organismu můžeme považovat za prokázané změny fyziologických reakcí (kardiovaskulární

aktivita, EEG), které vedou k poruchám spánku a následného zvýšeného užívání léků na spaní.

Částečné důkazy jsou také například u účinků hluku na hormonální a imunitní systém, na některé z biochemických funkcí, ovlivnění placenty a vývoje plodu, nebo u účinků na psychické zdraví, sociální chování a efektivitu člověka. U hluku v noci jsou také omezené důkazy mimo výše uvedených u vlivů na kardiovaskulární systém, nadváhu, poruchy duševního zdraví, což může mít za následek zvýšení počtu pracovních úrazů a zkrácení délky života (WHO, 2009).

Tabulka 2: Intenzity hluku (MZČR, 2015)

Intenzita zvuku L_A	Účinky zvuku	Vnímaná intenzita	Příklad
0 dB		Práh slyšitelnosti	Nelze dosáhnout
> 30 dB	nebezpečí pro nervový systém a psychiku	Velmi tiché	Běžný hovor
> 60 dB	nebezpečí pro vegetativní systém	Velmi hlasité	Hlasitý hovor
> 90 dB	nebezpečí pro sluchový orgán	Extrémně hlasité	Jedoucí vlak
> 120 dB	nebezpečí poškození buněk a tkání	Práh bolesti	startující tryskové letadlo

Nařízení vlády stanovuje přípustný expoziční limit 85 dB po dobu 8 h (pracovní směna). Toto však neplatí pro všechny druhy pracovišť například pro pracoviště, na němž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, a také u pracovišť určených pro tvůrčí práci je tento limit snížen na hodnotu 50 dB. Limit může být také navýšen, pokud se jedná o časově proměnlivou expozici, avšak jednotlivé denní expozice hluku se nesmí lišit o více než 10 dB a při žádné expozici nesmí být překročena hladina akustického tlaku 107 dB (272/2011 Sb. NAŘÍZENÍ VLÁDY ze dne 23.zář 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací).

3. Plazma

3.1 Co je to plazma

Název plazma poprvé použil roku 1928 I. Langmuire (1881-1957), kvůli podobnosti s mechanismem krevní plazmy, který popsal J. E. Purkyně.

Každý z nás se každý den běžně setkává s plazmatem. Například blesk při bouřce, nebo rozsvícená zářivka. Všechny tyto případy mají jedno společné a tím je právě plazma.

Z pohledu fyziky plazma prezentuje čtvrté skupenství hmoty viz obr.1. Jedná se o kvazineutrální soubor částic s volnými nosiči nábojů, jehož znakem je kolektivní chování. To znamená, že plazma se skládá z alespoň částečně ionizovaných atomů. Je schopné jako celek svými projevy generovat globální elektrická a magnetická pole a reagovat na ně. Kvazineutralitou rozumíme to, že v plazmatu je přibližně shodný počet kladně i záporně nabitých částic (Kulhánek, 2000).

Ve vesmíru je až 99 % hmoty ve formě plazmatu. K vytvoření plazmatu můžeme dojít několika možnými cestami – zvýšením tlaku, elektrickým výbojem, zvýšením teploty (1422.cz, 2013).

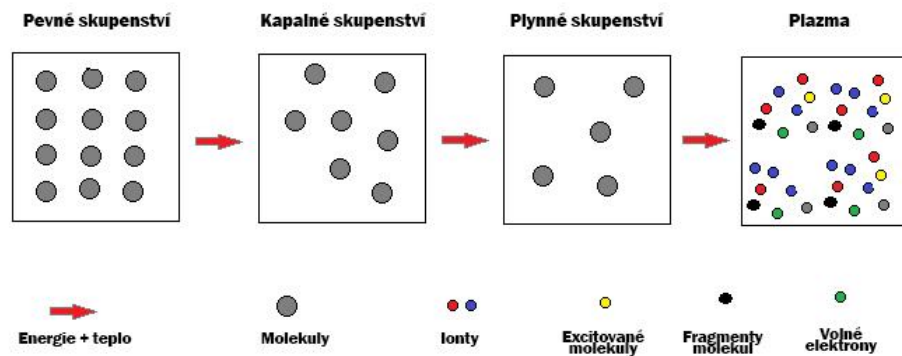
V praxi se nejčastěji využívá elektrického výboje (nejčastěji doutnavý výboj, nebo DBD výboj).

Doutnavý výboj je druh elektrického, který vytváří nízkoteplotní a nerovnovážné plazma. Využívá se v osvětlovací technice, k povrchové úpravě materiálů, jako způsob k depozici tenkých vrstev, nebo k analýze materiálů (Khun a Scholtz, 2012).

Pro jeho zobrazení se využívá tzv. výbojová trubice plněná různými plyny. Doutnavý výboj se od obloukového výboje liší malým proudem a menší teplotou, kterou elektrody i celá výbojová trubice vyzařuje. V blízkém okolí katody můžeme vidět modré katodové světlo a dále zbytek trubice vyplňuje anodový sloupec, který má růžovou barvu. V doutnavém výboji je napětí mezi dvěma elektrodami rozloženo nerovnoměrně. Vzhledem k většímu potenciálovému spádu mezi katodou a katodovým doutnavým světlem, má elektrické pole větší intenzitu než v anodovém sloupci. Kationty, které vznikají v oblasti katodového doutnavého světla, jsou značně urychleny a při srážkou s katodou jejich část vyvolá sekundární produkci elektronů. Elektrony, které se

uvolní z katody pokračují k anodě, kde způsobí řetězovou ionizaci plynu. Oba tyto procesy jsou navzájem vázány (Reichl a Všeticka, 2017).

DBD výboj, neboli dielektrický bariérový výboj, vzniká mezi dvěma rovinnými elektrodami napájenými střídavým napětím mezi nimiž se mimo plynu nachází vhodná dielektrická vrstva. Výboj se udržuje v plynu pouze indukčně. Plazmo-chemickými reakcemi a hustotou nabitých částic je výboj DBD velice podobný korónovému výboji, avšak plocha elektrod může být až několik cm^2 i při malé vzdálenosti elektrod od sebe, jako například u korónového výboje (Scholtz, 2012).



Obrázek 1: *Skupenství látek*

3.2 Využití plazmatu

Plazma se v dnešní době využívá v řadě oborů. Nejvíce však v průmyslové výrobě, kde se za využití vlastností plazmatu používá k úpravě materiálů (řezání, nanášení tenkých vrstev na kovy a keramiku (Park et al., 2016)). Využití nalezne také v medicíně (prostředek k sterilizaci chirurgických nástrojů (Montie et al., 2000; Helhel et al., 2005, Leipold et al., 2010) a také v zemědělství, kde využíváme jeho vlastnosti k ošetřování semen (ničení plísní, zlepšení klíčivosti).

3.2.1 Využití v průmyslu

3.2.1.1 Řezání plazmatem

Při řezání plazmatem se využívá vlastností plazmatu, jako jsou velmi vysoké teploty a výstupní rychlosti paprsku.

Při navyšování proudu a tlaku plazmového plynu se zvýší dynamický účinek plazmatu, který vystupuje z trysky a tím dochází k odfouknutí nataveného materiálu ze spáry řezu. Rychlosti vystupujícího plazmatu jsou velmi vysoké a mohou dosahovat hodnot kolem 1 500 až 2 300 m·s⁻¹. Díky vysokým teplotám paprsku plazmy je možné řezat každý kovový vodivý materiál, aniž by byla možná jejich řezatelnost kyslíkem (Minařík, 1993).

3.2.1.2 Nanášení tenkých vrstev

Nanášení tenkých vrstev plazmatem je technika vytváření kovových, keramických nebo kompozitních vrstev na povrchu jiného materiálu nebo k výrobě jiných výrobků, jako jsou různé desky, tvarovky, nebo skořepinové konstrukce.

Stříkáci technologie fungují na základě urychlení ať už částečně natavených nebo plně roztavených kapek a jejich rozstříknutí na aktivovaný povrch jiného materiálu, z této aplikace vznikají tzv. splaty, které jsou základním prvkem architektury nástříků. Při této technologii se využívá materiál ve formě prášku, který je z vnější fukán například vzduchem, nebo jiným stlačeným plynem do proudu plazmatu takovým způsobem, aby za správné teploty došlo k roztavení, ale nikoli vypaření prášku (MM Průmyslové spektrum, 2014).

Při dopadu částic na povrch materiálu se částice zploští a okamžitě ztuhnou. Tímto způsobem vzniknou na povrchu materiálu tenké lamely, které mohou být vrstveny až do 100 vrstev, ze kterých vznikne finální povlak.

Tato metoda je velmi náročná, protože musí být zajištěna optimální kombinace technologických parametrů, jelikož ve výsledku mají vysoký vliv na konečné vlastnosti a životnost povlaku (Choudhury et al., 2011).

3.2.2 Využití v medicíně

3.2.2.1 Sterilizace

Sterilizace plazmatem je dosud nejlepším způsobem sterilizace dutých nástrojů, které se využívá zejména v oboru zdravotnictví. Jde v podstatě o použití chemických procesů k odstranění všech mikroorganismů a možných patogenů.

Podle názvu by se dalo říct, že sterilizaci způsobuje přímo plazma, ale není tomu tak. Plazma se využije pouze pro získání reaktivních částic a UV záření, které způsobí samotnou sterilizaci.

Proces sterilizace je následující. Nejprve se vytvoří ve sterilizátoru vakuum a následně je do něj vstříknut peroxid vodíku. Dojde k jeho odpaření a pára, která vznikla, obklopí veškeré sterilizované předměty. Poté se v komoře sníží tlak a vyvolá se nízkoteplotní plazma, což má za následek, že se molekuly peroxidu vodíku po vystavení plazmatu rozbíjí na volné radikály, které mají schopnost reagovat s molekulami biologického původu. Zbylé volné radikály zreagují mezi sebou, a tak zůstanou jen netoxické vedlejší produkty, jako je například kyslík a voda (Steripak, 2015).

Jak již bylo zmíněno výše při použití nízkoteplotního plazmatu je vyzařováno UV záření, které ovlivňuje DNA bakterií a způsobuje to, že buňky již dále nemají schopnost se dělit, a nakonec dochází i k samotnému odumření (Leipold et al., 2009).

3.2.2.2 Nástroj pro zástavu krvácení

Plazmatu se začíná využívat i jako terapeutického nástroje, což způsobilo to, že došlo ke vzniku nové disciplíny, která kombinuje fyziku s lékařstvím a to plazmové medicíně. Nadějnou oblastí vývoje plazmové medicíny můžeme označit zastavování krvácení, které se dá využít při běžných, ale i endoskopických zákrocích. V podstatě tato technologie představuje další vývojový stupeň kauterizace, jako způsobu zastavování krvácení. V dnešní době existují elektrochirurgické aparatury, které mohou ošetřovat tkáň způsobem, který označujeme jako fulgurace, kdy dochází k vytvoření vysokofrekvenčního výboje mezi elektrodou nástroje a tkání. Tyto speciální aplikátory nízkoteplotního plazmatu za atmosférického tlaku nejsou zatím zcela využívány a do budoucna záleží na tom, jak budou tyto techniky ještě více šetrnější k ošetřovaným tkáním. Prakticky se nyní využívá argonových jednotek jejichž výhodou je hoření výboje v argonové atmosféře chudé na kyslík a tím pádem snižují poškození tkání částicemi s vysokou reaktivitou a jednak se značně snižuje množství vzniklého kouře při zákroku. To má nepochybný význam s přihlédnutím ke stavu operační optiky a také z hlediska zdraví operátorů i pacientů (Kříha, 2013).

3.2.3 Využití v zemědělství

Plazmové a mikrovlnné technologie již byly úspěšně použity pro ošetření různých přírodních materiálů. V zemědělství mohou být tyto metody účinnou náhradou za běžné předseťové ošetřování semen chemickými látkami, protože používané chemikálie jsou velmi drahé, nebo mají nepříznivý vliv na životní prostředí a lidské zdraví.

Toto tvrzení bylo prokázáno v mnoha studiích, kde bylo využito plazmatu a elektromagnetického záření k předseťovému ošetření semen za účelem stimulace jejich klíčení a potlačení houbových a bakteriálních rostlinných patogenů.

3.2.3.1 Zlepšení klíčivost

Klíčení semen obsahuje škálu různých složitých fyzikálních, biochemických a biologických procesů mezi které patří například hydratace proteinů, změny buněčné struktury, dýchání, makromolekulární syntézy a také prodlužování buněk. Díky vlivu těchto procesů přechází embryo z vysušeného klidového stavu do fáze s aktivním metabolismem, který má za výsledek samotný růst (Copeland a McDonald, 1995).

Je prokázáno, že plazma má pozitivní účinky na laboratorní i polní klíčivost semen stejně tak jako na jejich vitalitu. Například u jetelu a sóji bylo po ošetření studeným vzduchovým plazmatem zjištěno zlepšení klíčivosti 10-20 %, jako důsledek rozrušení povrchu semen a dalších biochemických procesů uvnitř semen. Oproti konvenčním metodám je tento způsob také mnohem ekologičtější a levnější (Filatova et al., 2011).

3.2.3.2 Smáčivost semen

Důležitým faktorem pro vyklíčení semen je voda. Díky vodě mohou semena přejít z klidového období do období aktivity a také umožní přístup enzymů k zásobním látkám. Důležitý význam má voda i pro výživu klíčící rostliny, jelikož spolu s vodou se do semene dostávají důležité látky (Šebánek, 1983).

Voda je také nezbytná pro nabobtnání semen, které je prvním krokem před klíčením. Různé druhy rostlin, ale i různí jedinci v rámci druhu mají na vodu, která je ke klíčení nezbytná odlišné požadavky (Procházka, 2006).

Ošetřením povrchu semen plazmovým výbojem můžeme docílit lepší smáčivosti semen. Jak již bylo zmíněno výše, studené plazma způsobuje změny na povrchu semen. Tyto změny jsou jasně viditelné při pohledu mikroskopem, kdy můžeme vidět mnohem hrubší povrch při porovnání s neošetřeným semenem. To má za následek, že se zvětšuje povrch semene a zmenšuje se kontaktní úhel kapky vody s povrchem semene. Tím pádem stejné množství vody dokáže obklopit mnohem větší povrch semene, což má za následek to, že je semeno mnohem lépe zavlažováno (Bormashenko et al., 2012).

3.2.3.3 Ničení toxinů

Kontaminace potravin a krmiv pro zvířata zejména nebezpečnými mykotoxiny je celosvětovým problémem. Mykotoxiny jsou produktem plísní a hub, které mají těžké toxické a karcinogenní účinky. V současné době se těmto mykotoxinům můžeme bránit buďto, správným skladováním a mořením osiva proti plísním, čímž však dochází ke kontaminaci vody. Novým řešením ošetření osiva, ale i krmiv a produktů určených ke konzumaci může být ničení toxinů pomocí plazmatu za použití různých pracovních plynů například argonu, nebo vzduchu (Kabak et al., 2007).

Studie z jihokorejské univerzity se zaměřila na ničení nejčastěji se vyskytujících toxinech v potravě a krmivu. Jedná se o Aflatoxiny, Deoxynivalenol a Nivalenol. Při výzkumu bylo využito nízkoteplotního plazmatu s argonem jako pracovním plynem a za atmosférického tlaku bylo po ošetření dosaženo zničení veškerých mykotoxinů již během pěti sekund. Rovněž bylo dokázáno, že plazma dokáže nejen zničit mykotoxiny, ale i mikroorganismy, které tyto toxiny produkují (Park et al., 2006).

3.3 Plazmový výboj GA

Výboj Gliding Arc, neboli klouzavý výboj vzniká při přeskocení vysokonapětového oblouku (řádově tisíce i desetitisíce voltů) a hoří mezi dvěma rozbíhavými elektrodami. Výboj nejprve přeskočí v místě s nejmenší mezerou mezi elektrodami a následně díky svojí vysoké teplotě nadnáší sám sebe a posouvá se směrem k rozšíření, což způsobuje zároveň jeho prodlužování. Během tohoto procesu nabývá svého charakteristického obloukovitého tvaru. Tento oblouk je schopný rozšířit se až nad elektrody,

jak je patrné na obrázku č. 2. Výboj se rozšiřuje až do té doby, než se neudrží a zhasne, avšak v tu chvíli už vzniká v nejužším místě elektrod nový výboj (Wiesnerová, 2013).

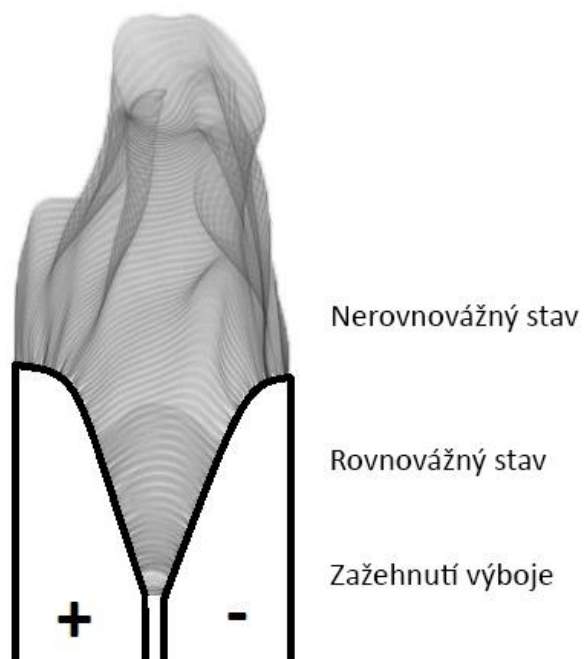
Stoupání výboje je způsobeno z části tím, že ve výbojovém kanálu dochází k ohřívání pracovního plynu, což má za následek stoupání kvůli jeho menší a z části také tím, že proud pracovního plynu, který je přiváděn zespoda mezi elektrody. To však neplatí vždy a někdy není třeba přivádět mezi elektrody vůbec žádný proud pracovního plynu. V takovém případě stoupá výboj pouze díky zahřívání výbojového kanálu, což je dobře zřejmé u tzv. Jakubova žebříku. Běžně se u klouzavého výboje využívá dvou, nebo i více párů divergentních protilehlých elektrod. K vidění jsou však i různě tvarované geometrické druhy spirálových či kruhových elektrod. Elektrody mohou být rovněž z odlišných materiálů a mohou se rozevírat do různých úhlů (Fridman, 1999).

Při zapálení výboje vznikají díky množství energie velmi vysoké teploty. Teplotu výboje ovlivňují faktory jako proud, druh použité atmosféry, gravitace, velikosti napětí a dalších dílčí faktory. Řádově však výboje dosahují teploty tisíců stupňů Celsia (Wiesnerová, 2013).

Podle toho, jak se výboj mění v průběhu času, můžeme vývoj výboje rozdělit do tří částí.

- **Zapálení výboje** – K zapálení výboje dochází v nejužším místě mezi elektrodami, když generátor poskytne dostatečné elektrické pole k proražení vzduchu. Při vzdálenosti elektrod 1 mm je potřeba napětí přibližně 3kV.
- **Rovnovážný stav** – Po zapálení výboje dojde k rovnovážnému stavu, kdy v průběhu roste délka sloupce plazmy a oblouk klouže za pomoci pracovního plynu po elektrodách vpřed. Z fyzikálního hlediska je při tomto stavu relativně malá hodnota napětí a vysoká hodnota proudu (např. proud 10 A a elektrické pole 20 V/cm při atmosférickém tlaku).
- **Nerovnovážný stav** – Konečným stádiem je nerovnovážný stav, kdy dochází k překročení kritické hranice. Tepelné ztráty se navyšují, ale zdroj již není schopen dodat dostatečnou energii a je nemožné udržet plazma v termodynamické rovnováze. Následně dojde k velké tepelné ztrátě a vzniku studeného plazmatu. Tento

nerovnovážený stav dojde až do té fáze, že se oblouk přetrhne, zanikne a místo něj začne vznikat výboj nový (Fridman, 1999).



Obrázek 2: *Klouzavý výboj*

4. Technické principy měření

4.1 Přístroj DustTrak II

K měření prašnosti byl použit přístroj DustTrak II Aerosol Monitor 8530. Jedná se o stolní přenosný bateriemi napájený přístroj pro měření prachových částic, který využívá rozptyl světla laserového fotometru. Díky tomu můžeme získávat data o prašnosti v reálném čase. Využívá systému vzduchového pláště, který izoluje aerosol v optické komoře a tím pomáhá udržovat optiku v čistotě pro lepší spolehlivost a nízké nároky na údržbu.

Tento přístroj je možné využít jak pro čisté kancelářské prostředí, tak stejně i pro náročná průmyslová pracoviště, stavebnictví, životní prostředí a další venkovní aplikace. DustTrak II měří aerosolové nečistoty jako je prach, kouř, výpary a mlhy (TSI, 2017).

Technické parametry viz. tabulka č. 3

Tabulka 3: *Technické parametry přístroje DustTrak II*

Přesnost měření	$\pm 0,1$ % z naměřené hodnoty, resp. $0,001 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$
Průtok vzduchu	$3,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$
Časová konstanta	1–60 s
Záznam údajů	45 dní při vzorcích každou minutu
Interval zaznamenávaných údajů	1 sekunda–1 hodina

V příslušenství přístroje se nachází adaptér pro nabíjení, cyklon pro měření respiračního prachu, kalibrační průtokoměr a kalibrační impaktory pro měření částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ s destičkami, které by se měli před každým měřením ošetřit dvěma kapkami oleje (Celjak et al., 2015).



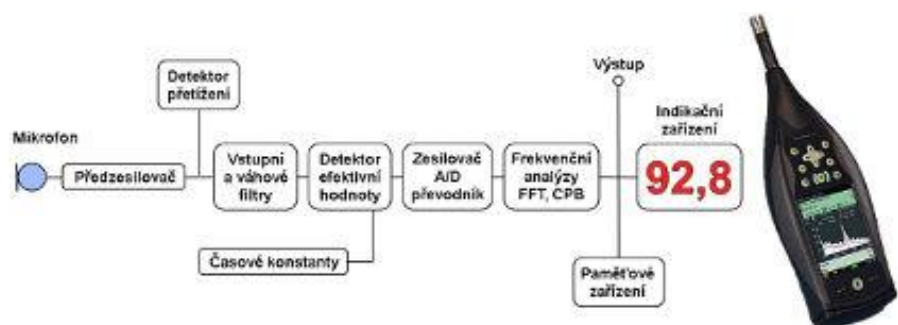
Obrázek 3: *Přístroj DustTrak II*

4.2 Hlukoměr

Pojmem hlukoměr rozumíme přesné elektrické zařízení, které má schopnost reagovat na zvuk a umožňuje objektivní a reprodukovatelné měření hladin hluku.

Podle výrobce se mohou hlukoměry lišit v různých detailech provedení přístroje, avšak všechny hlukoměry se neobejdou bez mikrofonu, ústrojí zpracovávajícího signál a indikačního zařízení.

Základní parametry hlukoměru jsou frekvenční rozsah, dynamický rozsah, počet měřicích kanálů, počet a druh frekvenčních analýz, druh výstupu měřených dat, možnost připojení snímačů vibrací nebo intenzitní sondy.



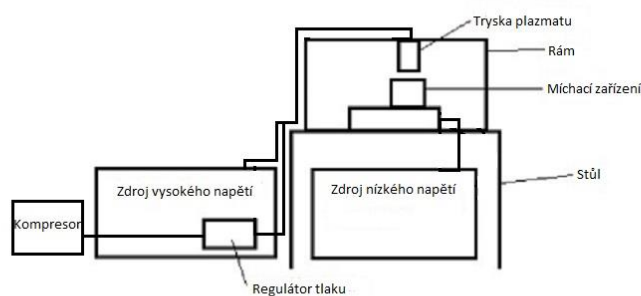
Obrázek 4: *Hlukoměr (Ekosoftware, 2017)*

K měření hluku byl použit ruční hlukoměr od Firmy Brüel & Kjaer typ 2270. Jedná se o přístroj především určený pro měření hluku v životním prostředí, průmyslu a na pracovištích. Software přístroje umožňuje měření v reálném čase, ale také záznam naměřených hodnot a vytvoření grafu přímo

v přístroji. Přístroj je schopen měřit v rozsahu 6,3 Hz–20 kHz s maximální intenzitou zvuku 140 dB. Data se zaznamenávají na SD paměťovou kartu a následně je možné zpracovat je za pomoci výrobcem dodávaného softwaru v PC (Brüel & Kjaer, 2007).

4.3 Zařízení pro ošetřování obilovin plazmovým výbojem GA

Toto zařízení se skládá ze zdroje vysokého napětí GVN1k-2011 firmy RADAN, který dodává napětí až 10 kV, které je potřebné k proražení vzduchu mezi elektrodami ($3 \text{ kV} \cdot \text{mm}^{-1}$) a tím pádem k zažehnutí výboje. Toto napětí je společně se stlačeným vzduchem, který prochází rotametrem OMEGA FL 2008, kde je regulován na 30 SCFH, přiváděn do plazmové hlavičky, která se skládá z nerezového z krytu, tepelného krytu z PTFE, nerezových elektrod obdélníkového tvaru s jedním zahnutým rohem o poloměru 6 mm a přívodu stlačeného vzduchu. Dále ze zdroje nízkého napětí 18 V, které pohání motor a ten dále lopatky míchacího zařízení. Samotné míchací zařízení se skládá z motoru, perforovaného tubusu o průměru 100 mm z PVC a nerezových lopatek. Míchačka spolu s rámem, na kterém je připevněna tryska plazmatu jsou umístěny na pracovním stole. K odsávání vzniklého prachu slouží vzduchotechnika, která funguje na principu podtlaku vytvářeného ventilátorem.



Obrázek 5: schéma zařízení pro ošetřování obilovin plazmatem

5. Metodika měření

Měření probíhalo v laboratoři firmy SurfaceTreat, a.s. umístěné v budově Jihočeské agentury pro podporu inovačního podnikání v Českých Budějovicích. Laboratoř měla výměru 27,5 m². Přístroje, u kterých bylo měření prováděno patřily těmto dvěma subjektům.

5.1 Metodika měření prašnosti

K měření prašnosti byl použit přístroj DustTrak II Aerosol Monitor 8530 viz kapitola 4.1. Během přípravy před vlastním měřením byla změřena teplota prostředí, která činila na pracovišti konstantních 20 °C. Také bylo třeba provést kalibraci přístroje za pomoci kalibračního průtokoměru.

Samotné měření bylo rozděleno na několik částí, kdy byla měřena koncentrace částic PM₁₀ a PM_{2,5} ve vzdálenostech 30 cm, 2 m a 4 m od míchacího ústrojí zařízení pro ošetřování plazmatem ve výšce 120 cm, která zhruba odpovídá výšce dýchacích cest sedící obsluhy. Nejdříve byla před každým novým měřením změřena prašnost vnějšího prostředí a následně běžná prašnost uvnitř místnosti. Měření každé velikostní frakce bylo prováděno vždy po dobu 10 minut ve všech uvedených vzdálenostech a ve třech opakováních. Jako vzorky použité v zařízení pro ošetřování plazmatem byly zvoleny semena ječmene, ječného sladu a pšenice. Tyto vzorky byly použity v navážkách po 150 g, přičemž každých 150 g bylo ošetřováno 4 minuty. To znamená, že během jednoho desetiminutového intervalu měření bylo ošetřeno 300 g vzorku (2 minuty byly vyhrazeny pro manipulaci).

Postup probíhal následovně. Na přístroj DustTrak II byl nasazen kalibrační průtokoměr a byla provedena kalibrační sekvence. Následně se na přístroj nasadil příslušný kalibrační impaktor s destičkou a 10 minut byla měřena běžná prašnost v místnosti a prašnost vnějšího prostředí. Poté byly naváženy vzorky zkoumané obiloviny do vaniček po 150 g a přístroj DustTrak II byl umístěn do příslušné vzdálenosti od měřeného zařízení. Do míchacího zařízení byl vsypán vzorek 150 g obiloviny a zařízení bylo zapnuto s otáčkami nastavenými na 1 ot·s⁻¹. V tuto chvíli již bylo možné zapnout desetiminutový interval měření prašnosti a také generátor vysokého napětí, který uvedl trysku plazmatu v činnost. Po čtyřech minutách byl generátor

a míchací zařízení vypnuto. Vzorek obiloviny byl vysypán do nádoby přichystané vedle přístroje a byl nahrazen vzorkem novým. Generátor a míchací zařízení bylo opět zapnuto a měření probíhalo další 4 min do ukončení měřicího intervalu. Tento postup se několikrát opakoval, dokud jsme nezískali požadovaná data pro všechny vzorky a vzdálenosti. Data byla stažena z přístroje za pomoci flashdisku do počítače. Z naměřených dat byl vytvořen v programu Microsoft Excel aritmetický průměr tak, že pro každou vzdálenost a velikost měřených částic připadá vždy jedna hodnota. Tyto hodnoty byly zaznamenány do tabulek a podle nich následně vytvořeny grafy (viz. kapitola 6. Výsledky měření).

5.2 Metodika měření hlučnosti

Pro měření hlučnosti byl použit přístroj Brüel & Kjaer typ 2270 viz kapitola 4.2. Před měřením hlučnosti byla nejprve vyměřena stanoviště rovněž ve vzdálenosti 30 cm, 200 cm a 400 cm od plazmové trysky ve výšce 120 cm od země.

Měření bylo rozděleno do pěti etap pro naměření porovnávacích hodnot. První etapou bylo měření hlučnosti pozadí místnosti při absolutním možném klidu (zavřená okna, dveře a vypnuté veškeré spotřebiče). Dále bylo provedeno měření při zapnutí jednotlivých součástí aparatury pro plazmové ošetřování, které se subjektivně jevily jako nejméně hlučné až po ty nejhlasilější. Následovalo tedy měření hlučnosti odsávání, dále pak naplněného míchacího zařízení, plazmové trysky, a nakonec celé aparatury během ošetřování. Všechny tyto etapy byly měřeny ve výše uvedených vzdálenostech po dobu 30 sekund. Naměřené hodnoty byly staženy přes SD kartu do počítače a zpracovány do grafů a tabulek a uvedeny v kapitole 6. výsledky měření.

6. Výsledky měření

V tabulkách níže jsou zaznamenány průměrné naměřené hodnoty prašnosti. Pro každou velikostní frakci (PM_{10} a $PM_{2,5}$) náleží 3 vzdálenosti měřicího přístroje (30 cm, 200 cm a 400 cm) a k nim příslušné vypočítané hodnoty, které jsou porovnány s přípustným expozičním limitem uvedeným v legislativě (obilný prach: $PEL = 6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$) – červeně jsou vyznačeny hodnoty překračující tuto mez. Pro přiblížení prašné situace v místnosti během provádění ošetřování zemědělských komodit výbojem GA je uvedena průměrná prašnost vnějšího prostředí a prašnost vnitřního prostředí v klidu bez prováděných prací.

Výsledné průměrné hodnoty jsou pro lepší přehlednost zpracovány do grafů, kde je možné spatřit vývoj prašnosti v závislosti na vzdálenosti měřicího přístroje od zařízení pro ošetřování výbojem GA.

Tabulka 4: Měření prašnosti (slad) – Velikostní frakce PM_{10}

PM ₁₀		
Venkovní teplota	5	°C
Průměrná venkovní prašnost	0,034	mg·m ⁻³
Vnitřní teplota	20	°C
Referenční hodnota vnitřní prašnosti	0,055	mg·m ⁻³

Vzdálenost [cm]	30	200	400
č. m.	Prašnost [mg·m ⁻³]		
1	0,154	0,208	0,195
2	0,202	0,217	0,222
3	0,214	0,222	0,209
Průměr	0,190	0,216	0,209
Průměrná prašnost za směnu	9,1	10,4	10,1

Tabulka 5: Měření prašnosti (slad) – Velikostní frakce PM_{2,5}

PM _{2,5}		
Venkovní teplota	7	°C
Průměrná venkovní prašnost	0,014	mg·m ⁻³
Vnitřní teplota	20	°C
Referenční hodnota vnitřní prašnosti	0,032	mg·m ⁻³

Vzdálenost [cm]	30	200	400
č. m.	Prašnost [mg·m ⁻³]		
1	0,040	0,068	0,082
2	0,051	0,077	0,094
3	0,061	0,084	0,099
Průměr	0,051	0,076	0,092
Průměrná prašnost za směnu	2,5	3,7	4,5

Tabulka 6: Měření prašnosti (ječmen) – Velikostní frakce PM₁₀

PM ₁₀		
Venkovní teplota	5	°C
Průměrná venkovní prašnost	0,100	mg·m ⁻³
Vnitřní teplota	20	°C
Referenční hodnota vnitřní prašnosti	0,055	mg·m ⁻³

Vzdálenost [cm]	30	200	400
č. m.	Prašnost [mg·m ⁻³]		
1	0,102	0,187	0,214
2	0,141	0,196	0,235
3	0,169	0,208	0,245
Průměr	0,137	0,197	0,231
Průměrná prašnost za směnu	6,7	9,5	11,1

Tabulka 7: Měření prašnosti (ječmen) – Velikostní frakce PM_{2,5}

PM _{2,5}		
Venkovní teplota	6	°C
Průměrná venkovní prašnost	0,005	mg·m ⁻³
Vnitřní teplota	20	°C
Referenční hodnota vnitřní prašnosti	0,025	mg·m ⁻³

Vzdálenost [cm]	30	200	400
č. m.	Prašnost [mg·m ⁻³]		
1	0,047	0,083	0,133
2	0,068	0,112	0,148
3	0,082	0,123	0,158
Průměr	0,066	0,106	0,146
Průměrná prašnost za směnu	3,2	5,1	7,1

Tabulka 8: Měření prašnosti (pšenice) – Velikostní frakce PM₁₀

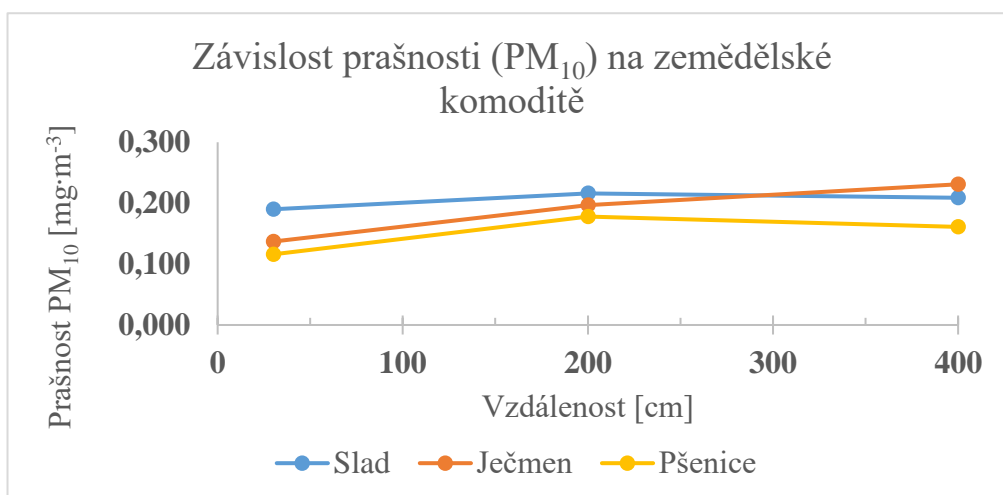
PM ₁₀		
Venkovní teplota	12	°C
Průměrná venkovní prašnost	0,015	mg·m ⁻³
Vnitřní teplota	20	°C
Referenční hodnota vnitřní prašnosti	0,044	mg·m ⁻³

Vzdálenost [cm]	30	200	400
č. m.	Prašnost [mg·m ⁻³]		
1	0,073	0,162	0,146
2	0,117	0,188	0,154
3	0,157	0,185	0,182
Průměr	0,116	0,178	0,161
Průměrná prašnost za směnu	4,64	7,12	6,44

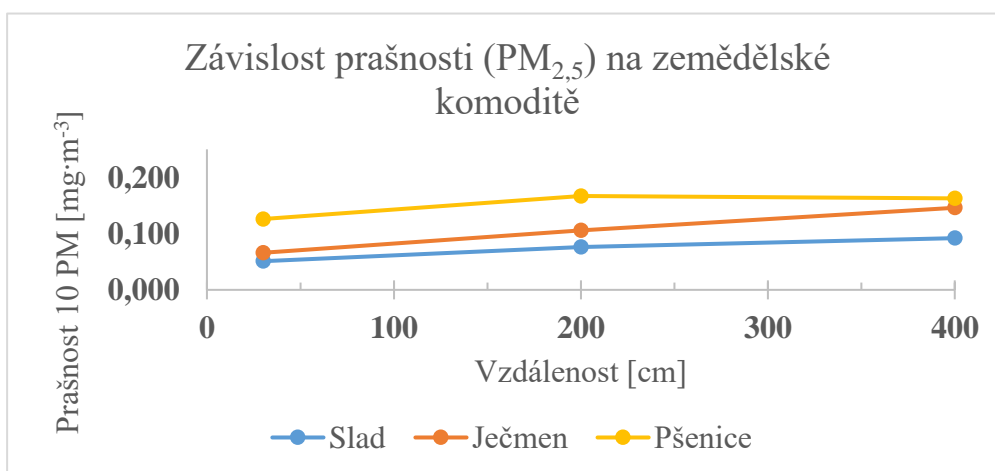
Tabulka 9: Měření prašnosti (pšenice) – Velikostní frakce $PM_{2,5}$

PM _{2,5}		
Venkovní teplota	7	°C
Průměrná venkovní prašnost	0,083	mg·m ⁻³
Vnitřní teplota	20	°C
Referenční hodnota vnitřní prašnosti	0,095	mg·m ⁻³

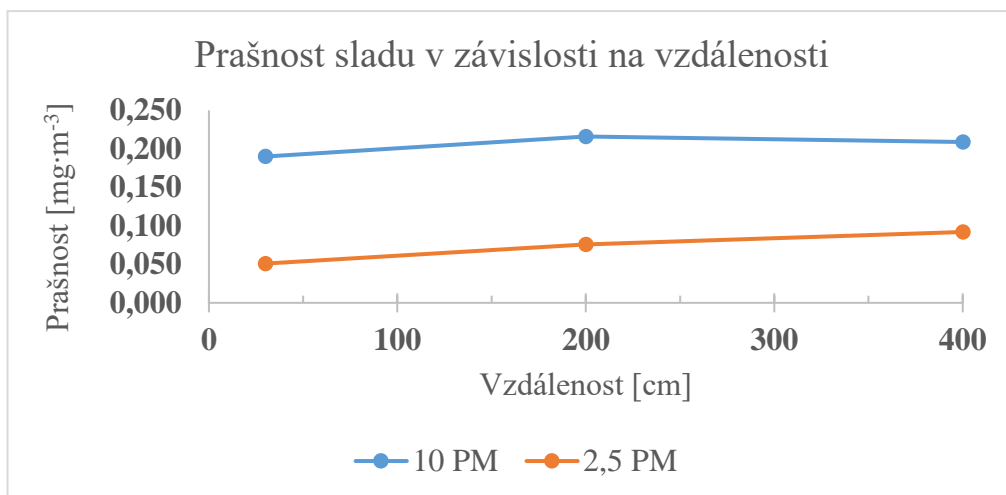
Vzdálenost [cm]	30	200	400
č. m.	Prašnost [mg·m ⁻³]		
1	0,099	0,160	0,155
2	0,124	0,166	0,164
3	0,154	0,174	0,171
Průměr	0,126	0,167	0,163
Průměrná prašnost za směnu	6,1	8,1	7,9



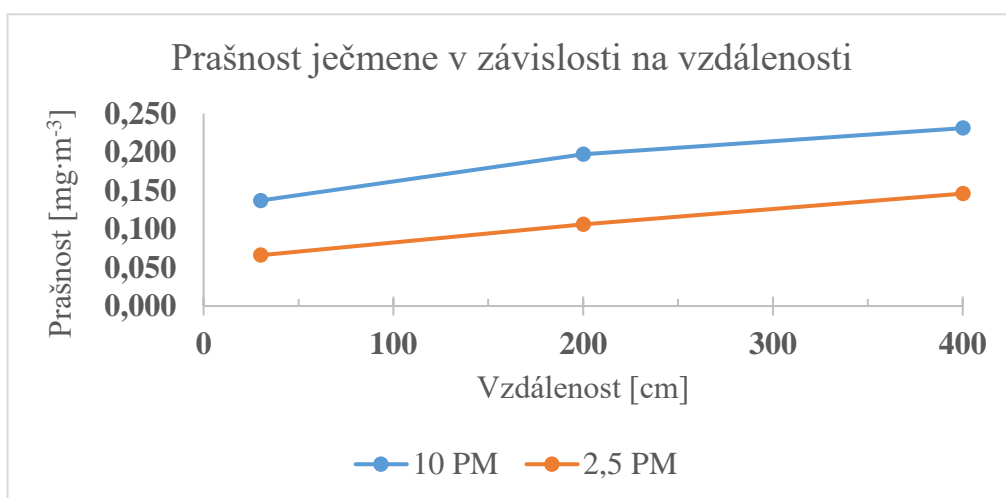
Graf 1: Závislost prašnosti (PM_{10}) na vzdálenosti u jednotlivých zemědělských komodit



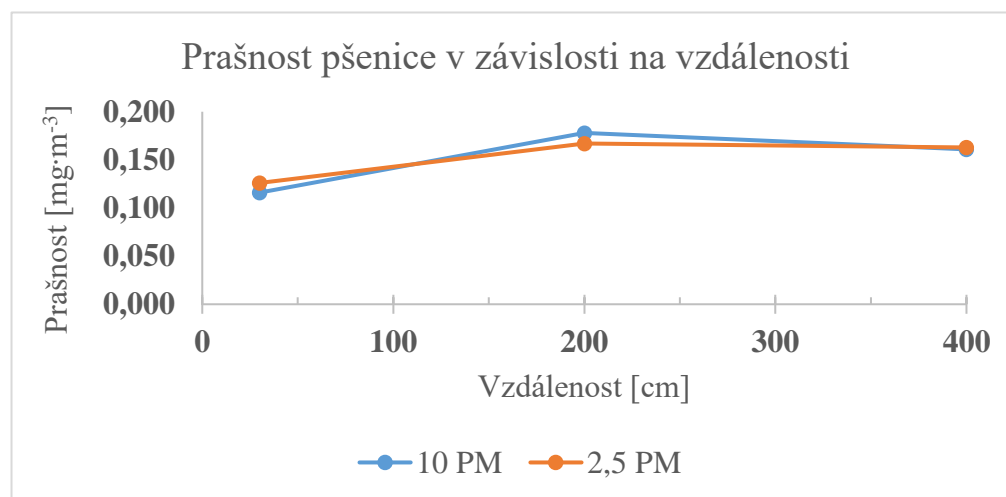
Graf 2: Závislost prašnosti ($PM_{2,5}$) na vzdálenosti u jednotlivých zemědělských komodit



Graf 3: *Prašnost sladu v závislosti na vzdálenosti*



Graf 4: *Prašnost ječmene v závislosti na vzdálenosti*

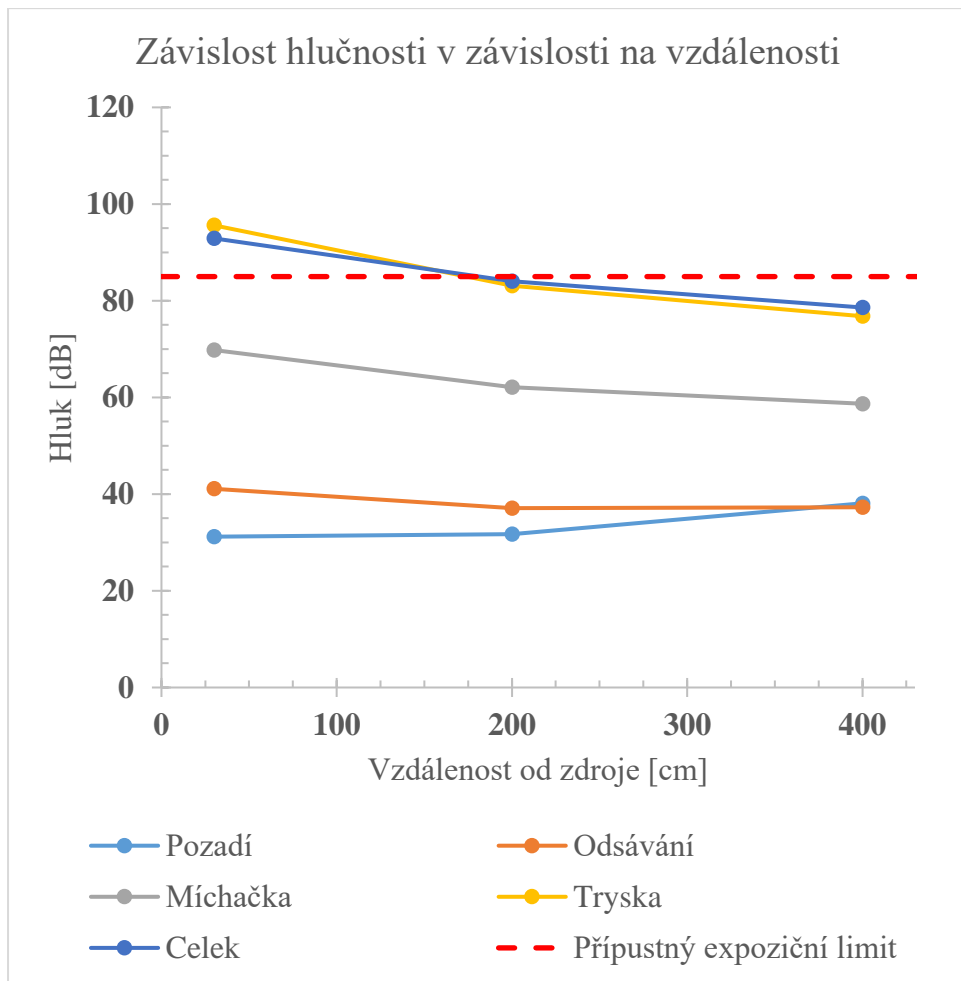


Graf 5: *Prašnost pšenice v závislosti na vzdálenosti*

Následující tabulka č. 10 a graf č. 6 zobrazují hlučnost jednotlivých zařízení aparátu pro ošetřování plazmatem (odsávání, míchací zařízení, tryska plazmatu) a rovněž také hlučnost pozadí místnosti, celkovou hlučnost, a to vše ve vzdálenostech 30 cm, 200 cm a 400 cm. Hodnoty jsou uváděny v decibelech [dB], které jsou jednotkou intenzity zvuku. V grafu je vyznačena čárkovaná červená čára, která zobrazuje hranici PEL.

Tabulka 10: Měření hlučnosti

Vzdálenost [cm]	Pozadí		Laeq [dB]	
	30	200	31,2	31,7
	400		38,1	
	Odsávání		Laeq [dB]	Odstup od pozadí [dB]
	30	200	41,1	9,9
	200		37,1	5,4
	400		37,3	-0,8
	Míchačka		Laeq [dB]	Odstup od pozadí [dB]
	30	200	69,8	38,6
	200		62,1	30,4
400		58,7	20,6	
Tryska		Laeq [dB]	Odstup od pozadí [dB]	
30	200	95,6	64,4	
200		83,1	51,4	
400		76,8	38,7	
Celek		Laeq [dB]	Odstup od pozadí [dB]	
30	200	92,9	61,7	
200		84	52,3	
400		78,6	40,5	



Graf 6: Hlučnost zařízení v závislosti na vzdálenosti

7. Diskuse

Z výsledků měření hluku je patrné, že zařízení jako je míchačka, nebo odsávání jsou hluboko pod přípustnými expozičními limity, avšak tryska plazmatu se jeví jako nejhluchnější prvek celého zařízení. Překvapivě z měření vyplývá, že tryska plazmatu je nepatrně hlučnější než celé spuštěné zařízení dohromady. Toto může být způsobeno utlumením hlučnosti plazmové trysky po vložení do míchacího zařízení.

Ve vzdálenosti 30 cm je obsluha vystavena většímu hluku než stanovuje legislativa, který dosahuje hodnot až 95,6 dB. Vystavení takovému hluku může způsobit nenávratné poškození sluchu (viz. kapitola 2.2). Graf číslo 6 zobrazuje znatelný pokles hluku se vzrůstající vzdáleností od přístroje. Ve vzdálenosti 2 m bylo naměřeno 84 dB a tím pádem může být podle nařízení vlády 272/2011 Sb. ze dne 23. září 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací pracovník vystaven tomuto hluku po dobu 8 h bez ochrany sluchu (viz. kapitola 2.2). Při subjektivním posouzení se jedná o velmi hlasitý nepříjemný zvuk, který při delší expozici může způsobovat například bolest hlavy. Z výše zmíněných důvodů bych se přikláněl k **použití ochrany sluchu** v podobě špuntů do uší, nebo ochranných sluchátek, které jsou ve vzdálenosti obsluhy 30-200 cm od přístroje podle výše zmíněného nařízení vlády nezbytné a dále k doporučenému použití ochrany sluchu při pohybu obsluhy v okolí zařízení, nebo v našem konkrétním případě v jedné místnosti se spuštěným zařízením.

Z výsledků, které přineslo měření prašnosti můžeme usoudit, že v našem případě nemá vzdálenost na prašnost nikterak vážný vliv. Z grafů číslo 1 a 2 můžeme zjistit, že u pšenice a sladu při měřených částicích PM₁₀, a také u pšenice při měřených částicích PM_{2,5} došlo k nepatrnému poklesu ve vzdálenosti 4 m oproti vzdálenosti 2 m. Obecně však můžeme říct, že koncentrace prachu v místnosti se navyšovala společně s časem, a to bez závislosti na vzdálenosti od přístroje. Tento výsledek má jistě příčinu v nedostatečném odsávání vzduchu z místnosti, které je zabezpečováno obyčejným koupelnovým ventilátorem s nedostatečným výkonem k zajištění výměny vzduchu v místnosti.

Z hlediska vlivu prašnosti na zdraví obsluhy přístroje musíme přihlédnout k údajům, které jsou uvedeny v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. V tomto nařízení vlády je uvedeno že prach z obilí se klasifikuje jako prach s převážně dráždivými účinky a jeho přípustným expozičním limitem je **6 mg·m⁻³**. Jak je možné vidět v tabulkách 4–9 pod touto hranicí se nacházeli pouze ječmen a ječný slad při měření částic o velikosti 2,5 PM. Za těchto podmínek by tedy podle legislativy byla práce bez ochranných pomůcek vyloučena. Pro bezpečnou práci je nutné **použít ochranných pomůcek**, jako jsou filtrační polomasky (respirátory).

8. Závěr

Cílem teoretické části práce byl úvod do problematiky ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem GA. Tohoto cíle bylo dosaženo v kapitolách 2-4, kde byli uvedeny všechny základní potřebné informace o problematice prašnosti, hlučnosti, plazmatu, jeho využití a technických principů měření.

Následovným cílem bylo měření prašnosti a hlukových aspektů při ošetřování zemědělských komodit atmosférickým plazmovým výbojem Gliding Arc. Cíle bylo dosaženo pomoci přesných měřících přístrojů, kterými byli naměřeny všechny potřebné údaje, jak v oblasti měření prašnosti, tak i v oblasti hlučnosti. Data byla metodicky vyhodnocena a zpracována do tabulek a grafů. Následně byla v kapitole 7. rozebrána a porovnána s příslušnými hodnotami udávanými v legislativě. Konkrétně v nařízení vlády 272/2011 Sb. ze dne 23.září 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Z tohoto srovnání vyplynul závěr takový, že **během práce s přístrojem pro ošetřování zemědělských komodit za pomoci plazmatu je nutné použití ochranných prostředků** v podobě ochranných sluchátek a respirátoru.

9. Použitá literatura

1422.cz, (2013) *Využití plazma v technologii – 1. Díl* [online] Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/vyuziti-plazma-v-technologie-1-dil/> „citováno dne 6. 10. 2016“.

272/2011 Sb. NAŘÍZENÍ VLÁDY ze dne 23.září 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

361/2007 Sb. NAŘÍZENÍ VLÁDY ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

BAUMRK J., CIKRT M., HLÁVKOVÁ J., JANDÁK Z., MATHAUSEROVÁ Z., MATOUŠEK O. a TUČEK M. (2001), *Analýza rizik při práci*, 2. dopl. Vydání, Státní zdravotní ústav, Praha, Fortuna, 136 s., ISBN 80-7071-183-3

BORMASHENKO E., GRYNIOV R., BORMASHENKO Y. a DRORI E. (2012), *Sci Rep.* 2012; 2: 741. DOI: 10.1038/srep00741 PMID: PMC3473364.

BÜREL & KJAER (2007) *Manuál přístroje Brüel & Kjaer typ 2270*. [online] Dostupné z: <https://www.bksv.com/media/doc/bp2199.pdf> „staženo dne 8. 1. 2017“.

CELJAK I., DOLEJŠ J., ŠÍSTKOVÁ M., DOLAN A., ŠOCH M. a BARTOŠ P. (2015) *Metodika měření emisí prachových částic v chovech prasat* [online] Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/440638/Metodika_mereni_prasnosti_v_chovech_prasat_2015_fin.pdf „staženo dne 8. 1. 2017“.

COPELAND L. a MCDONALD M. *Principles of Seed Science and Technology* 4. vyd. Springer. 2001. ISBN 0792373227 s. 467

CUCCIA E., BERNARDONI V., MASSABO D., PRATI P., VALLI G. a VECCHI R. (2010). „An alternative way to determine the size distribution of airborne particulate matter.“ *Atmospheric Research*. 44(27):3304-3313.

ČSN EN 1540 O vzduší na pracovišti – Terminologie, 9/1999

EKOSOFTWARE (2017) *Zvukoměr*. [online] Dostupné z: <https://www.ekosoftware.cz/zvukomer> „citováno dne 8. 1. 2017“.

FILATOVA I., AZHARONOK V., KADYROV M., BELJAVSKY V., GVOZDOV A., SHIK A. a ANTONUK A. (2011) The effect of plasma treatment of seeds of some grain and legumes on their sowing quality and productivity. [online] Dostupné z: https://www.nipne.ro/rjp/2011_56_Suppl/0139_0143.pdf „staženo dne 12. 12. 2016“.

FRIDMAN A., NESTER S., KENNEDY L., SAVELIEV A. a MUTAF-YARDIMCI O. (1999). Gliding arc gas discharge. *Progress in Energy and Combustion Science*. č. 25, s. 211-231. ISSN 0360-1285

HELHEL, S., OKSUZ, L., a RAD, A. Y. (2005). Silicone catheter sterilization by microwave plasma; argon and nitrogen discharge. *International Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 26(11):1613-1625

HOLLEROVÁ J. (2007) *Prašnost na pracovišti*. [online] Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1> „citováno dne 10. 10. 2016“.

CHOUDHURY, T. A., N. HOSSEINZADEH a C. C. BERNDT (2011). Artificial Neural Network application for predicting in-flight particle characteristics of an atmospheric plasma spray process. *Surface & Coatings Technology*, p. 4886-4895. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2011.04.099. ISSN 0257-8972

JANDÁK Z. (2007) *Hluk v pracovním prostředí*. [online] Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi> „citováno dne 10. 10. 2016“.

KABAK B., DOBSSON A. D. W. a VAR I. (2007), Strategies to Prevent Mycotoxin Contamination of Food and Animal Feed: a Review. *Food Sci Nutr*. p. 593-619. PMID: 17092826 DOI: 10.1080/10408390500436185

KHUN J. a SCHOLTZ V. (2012) *Nizkoteplotní plazma IV – doutnavý výboj*. [online] Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2012_42_pla.php „citováno dne 15. 12. 2016“.

Kolektiv autorů. (2001) *Analýza rizik při práci*. Příručka pro zaměstnavatele. Praha: SZÚ, s. 136.

KULHÁNEK P. (2000) *Co je to plazma?* [online] Dostupné z: <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/plazma/basics.html> „citováno dne 13. 10. 2016“.

KŘÍHA V. (2013) *Nizkoteplotní plazma zastavuje krvácení*. [online] Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2013_05_vit.php „citováno dne 15. 12. 2016“.

LEIPOLD, F., KUSANO, Y., HANSEN, F., a JACOBSEN, T. (2010). Decontamination of a rotating cutting tool during operation by means of atmospheric pressure plasmas. *Food Control*, 21(8):1194-1198

MINAŘÍK V. (1993): *Tepelné dělení materiálu*. Praha, ČVUT. 50 s. ISBN 80-01-01028-7

MM Průmyslové spektrum (2014) *Plazmatron a jeho využití ve strojírenském průmyslu*. [online] Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/plazmatron-a-jeho-vyuziti-ve-strojirenskem-prumyslu.html> „citováno dne 16. 12. 2016“.

MONTIE, T. C., KELLY-WINTENBERG, K., a ROTH, J. R. (2000). An overview of research using the one atmosphere uniform glow discharge plasma (OAUGHP) for sterilization of surfaces and materials. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 28(1):41-50.

MZČR. (2015) *Nepříznivé účinky hluku na člověka*. [online] Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka_3417_30.html „citováno dne 11. 10. 2016“.

PARK B. J., TAKATORI K., SUGITA-KONISHI Y., KIM I., LEE M., HAN D., CHUNG K., HYUN S. a PARK J. CH. (2006) Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure, *Plasma surface engineering*, p. 5733–5737 DOI: 10.1016/j.surfcoat.2006.07.092

PARK, S.-H., KIM, S. H., PARK, S.-J., RYOO, S., WOO, K., LEE, J. S., KIM, T.-S., PARK, H.-D., PARK, H., PARK, Y.-I., CHO, J., a LEE, J.-H. (2016). Direct incorporation of silver nanoparticles onto thin-film composite membranes via arc plasma deposition for enhanced antibacterial and permeation performance. *Journal of Membrane Science*, 513:226-235.

PROCHÁZKA, S. (2006) *Botanika: morfologie a fyziologie rostlin*. 2. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 242 s.

PROVAZNÍK K., KOMÁREK L. a CIKRT M. (1997) *Manuál prevence v lékařské praxi 5: Prevence nepříznivého působení faktorů pracovního prostředí a pracovních procesů*. 1. vyd. Praha: Státní zdravotní ústav. 143 s. ISBN 80-7071-066-7. SZÚ, Praha 1997

REICHL J. a VŠETIČKA M. (2017) *Encyklopedie Fyziky*. [online] Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/283-samostatny-vyboj-v-plynu-za-atmosferickeho-a-za-snizeneho-tlaku#> „citováno dne 13. 11. 2016“.

SAMET J., DOMICINI F., CURIERRO F., COURSAK I. a ZEGER S. (2000) Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987–1994. *New Engl J Med.* 343:1742–1749. doi: 10.1056/NEJM200012143432401

SCHOLTZ V. (2012) Nízkoteplotná plazma I: *Čo je to plazma?* [online] Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2012_22_pla.php „citováno dne 14. 12. 2016“.

STERIPAK (2015) *Princip plazmové sterilizace.* [online] Dostupné z: <http://www.steripak.cz/pristroje/princip-plazmove-sterilizace/> „citováno dne 8. 1. 2017“.

ŠEBÁNEK J. (1983) *Fyziologie rostlin* 1. vyd., Praha: SZN Praha. 558 s.

TSI (2017) *Dusttrak II aerosol monitor 8530.* [online] Dostupné z: <http://www.tsi.com/dusttrak-ii-aerosol-monitor-8530/> „citováno dne 22. 2. 2017“.

VALEŠOVÁ K. (2006) Škodlivý vliv hluku na lidský organismus, *Praktický lékař*, 86, č. 6, str. 310–311

VAŠINA M. (2010) Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice. V *Environmentální fyzika* (Interní učební text) [online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf „staženo dne 22. 2. 2017“.

Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli

WHO. (2009) *Night noise guidelines for Europe.* [online] Copenhagen: WHO. Dostupné z: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf „staženo dne 15. 11. 2016“.

WIESNEROVÁ E. (2013) *Studenti experimentovali v kosmické agentuře*.
[online] Dostupné z: <https://www.online.muni.cz/veda-a-vyzkum/3995-studenti-uz-podruhe-experimentovali-v-kosmicke-agenture> „citováno dne 15. 12. 2016“.

10. Seznam tabulek a grafů

Tabulka 1: Maximální expoziční limity některých prachů	14
Tabulka 2: Intenzity hluku (MZČR, 2015)	16
Tabulka 3: Technické parametry přístroje DustTrak II	25
Tabulka 4: Měření prašnosti (slad) – Velikostní frakce PM ₁₀	30
Tabulka 5: Měření prašnosti (slad) – Velikostní frakce PM _{2,5}	31
Tabulka 6: Měření prašnosti (ječmen) – Velikostní frakce PM ₁₀	31
Tabulka 7: Měření prašnosti (ječmen) – Velikostní frakce PM _{2,5}	32
Tabulka 8: Měření prašnosti (pšenice) – Velikostní frakce PM ₁₀	32
Tabulka 9: Měření prašnosti (pšenice) – Velikostní frakce PM _{2,5}	33
Tabulka 10: Měření hlučnosti	35
Graf 1: Závislost prašnosti (PM ₁₀) na vzdálenosti u jednotlivých zemědělských komodit	33
Graf 2: Závislost prašnosti (PM _{2,5}) na vzdálenosti u jednotlivých zemědělských komodit	33
Graf 3: Prašnost sladu v závislosti na vzdálenosti	34
Graf 4: Prašnost ječmene v závislosti na vzdálenosti	34
Graf 5: Prašnost pšenice v závislosti na vzdálenosti	34
Graf 6: Hlučnost zařízení v závislosti na vzdálenosti	36