

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101

Zemědělství Studijní obor: Zemědělské inženýrství

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza emisí tuhých znečišťujících látek v chovu drůbeže

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor: Bc. Vojtěch Adamovský

České Budějovice, 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vojtěch ADAMOVSÝ**
Osobní číslo: **Z14384**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělské inženýrství - Prvovýroba**
Název tématu: **Analýza emisí tuhých znečišťujících látek v chovu drůbeže**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cíl práce:

Cílem práce je provést měření koncentrace prachu PM_{10} a $PM_{2,5}$ ve vybraném objektu chovu drůbeže v souladu s platnou metodikou.

Metodický postup:

1. Studium literatury, týkající se řešené problematiky (měření koncentrace prachu, naměřené hodnoty, způsoby měření).
2. Studium literatury, týkající se provozně technologických požadavků na chovy drůbeže (klece, podestýlka).
3. Výběr vhodných chovatelů s uznaným chovem, odchovem a výkrmem a dohovor na realizaci měření (dohovor na režimu a umožnění vstupu do objektů).
4. Vypracování zásad a postupu provádění měření hodnot koncentrace prachu PM_{10} a $PM_{2,5}$.
5. Na základě vypracovaných zásad realizovat měření v dostatečném počtu pro statistické vyhodnocení.
6. Zpracování naměřených hodnot a vypracování práce v souladu se zásadami tvorby technických a obdobných dokumentů.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 90 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

BROUČEK, J.: Technologie a technika chovu drůbeže při splnění podmínek welfare. Certifikovaná metodika, JU, ZF, 2011, 115 s. (dostupná v KJU);
JELÍNEK, A., et al.: Výzkumný projekt MZe QH 72134 "Výzkum základních environmentálních aspektů v chovech hospodářských zvířat z hlediska skleníkových plynů, pachu, prachu a hluku, podporujících welfare zvířat a tvorba BAT" (2007-2011);
JELÍNEK, A., ŠÍSTKOVÁ, M., MAŠÁTOVÁ, R.: Ochrana životního prostředí - vzduch. ZERA Náměšť nad Oslavou, 2012, ISBN 978-80-86884-59-2, 172 s.;
RADON, K., et al.: Air contaminants in different European farming environments. Annals of agricultural and Environmental Medicině, 2002/9, S 41-48;
VÁCLAVOVSKÝ, J.: Chov drůbeže. JU, ZF, 2000, skripta, 150 s. (dostupná v KJU);
VÝMOLA, J.: Drůbež na farmách a v drobném chovu. APROS Praha, 1995, 192 s. (dostupná v KJU);
Legislativa:
Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů;
Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat, ve znění Vyhlášky č. 425/2005 Sb., č. 464/2009 Sb., č. 78/2012 Sb. a č. 22/2013 Sb.;
Vyhláška č. 136/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti označování zvířat a jejich evidence a evidence hospodářství a osob stanovených plemenářským zákonem, ve znění pozdějších předpisů;
Vyhláška č. 22/2013 Sb., o vzdělávání na úseku ochrany zvířat proti týrání.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ivo Celjak, CSc.


Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce:

5. února 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

30. dubna 2016


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

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní L.S. obor
Studentů 13
370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. února 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě 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.

V Českých Budějovicích dne 22. 4. 2016

Podpis:
Vojtěch Adamovský

Poděkování

Nejprve bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Ivo Celjakovi Csc. za mé vedení a konzultace při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Aleně Pulkrabové Adamcové z MTD Ústrašice a panu Jiřímu Šonkovi s rodinou z Farmy u lesa, za zprostředkování a pomoc s realizací měření. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům, kteří mně podporují. Všem výše zmíněným velice děkuji.

Abstrakt

Tato diplomová práce byla zaměřena na monitorování produkce prachových částic v chovech drůbeže. Toto měření bylo prováděno přístrojem Dusttrak II 8530, který monitoroval prostředí ve stáji každé 3 vteřiny po dobu 24 hodin. K monitorování byly vybrány podniky v Jihočeském kraji, a to konkrétně MTD Ústrašice a Farma u lesa. Po analýze dat z přístroje Dusttrak II, bylo potvrzeno, že žádná ze stájí nepřekročila povolené limity prachových částic. Dále byla prováděna analýza vzorků prachových částic pod mikroskopem. Při porovnání se zdroji prachových částic bylo zjištěno, že hlavní složkou prachu byla krmná směs.

Klíčová slova: prachové částice, emise, prach, chov drůbeže

Abstrakt

This thesis was focused on monitoring production of dust particles in poultry farming. This measurement was made with the Dusttrak II 8530 which monitored the environment in the stable every 3 seconds for 24 hours. For monitoring were selected companies in the South Bohemian Region, specifically MTD Ústrašice and Farma u lesa. Results of Dusttrak measurements showed that none of the stables exceeded the permissible limits of dust particles. Additionally microscopic analysis of the samples of dust particles revealed that the main component of source of dust was feed mixture.

Key words: particulate matter, emissions, dust, poultry farms

Obsah

| | |
|---|----|
| ÚVOD..... | 8 |
| 1.0 LITERÁRNÍ REŠERŠE..... | 9 |
| 1.1 TECHNOLOGICKÉ SYSTÉMY V CHOVECH DRŮBEŽE..... | 9 |
| 1.2 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ CHOVNÝCH HAL A JEJICH TECHNICKÉ VYBAVENÍ..... | 10 |
| 1.3 VENTILACE HAL V CHOVECH DRŮBEŽE..... | 16 |
| 1.4 MIKROKLIMA STÁJE | 22 |
| 1.5 HYGIENA STÁJOVÉHO PROSTŘEDÍ V CHOVECH DRŮBEŽE PŘI DODRŽENÍ WELFARE | 28 |
| 1.6 PRACH, JEHO ZDROJE A INTERAKCE S OKOLNÍM PROSTŘEDÍM..... | 33 |
| 1.7 METODY URČOVÁNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ | 41 |
| 1.8 METODY STANOVENÍ PRAŠNOSTI VZDUCHU VE STÁJÍCH..... | 42 |
| 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST..... | 44 |
| 2.1 MĚŘENÍ PRAŠNOSTI V CHOVECH DRŮBEŽE | 44 |
| 2.2 VYŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE | 46 |
| 2.3 MĚŘENÍ PRAŠNOSTI V PROVOZU | 48 |
| 2.4 MIKROSKOPICKÁ ANALÝZA PRACHOVÝCH ČÁSTIC..... | 59 |
| 2.5 POROVNÁNÍ SNÍMKŮ | 61 |
| 2.6 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT..... | 64 |
| 3 DISKUZE..... | 70 |
| 4 ZÁVĚR | 73 |
| 5 SEZNAM ZDROJŮ | 74 |
| 6 SEZNAM OBRÁZKŮ | 78 |
| 7 SEZNAM TABULEK..... | 80 |
| 8 SEZNAM VZORCŮ | 82 |
| 9 PŘÍLOHY..... | 83 |

Úvod

V posledních, přibližně dvaceti, letech dochází k celkové propagaci konzumování drůbežního masa a i výrobků z něj. To s sebou nese zvyšování jeho spotřeby, především kuřecího masa z brojlerů. Toto maso lze označit za dietní, netučné maso, které je zdrojem kvalitních bílkovin pro výživu obyvatel. Chovatelský a zpracovatelský průmysl již dokázal na tyto změny reagovat. Chovatelé intenzifikací chovů a šlechtitelskou prací dokázali zefektivnit chov drůbeže. Došlo ke zkrácení doby výkrmu, snížení finanční náročnosti chovu a zvýšení stabilní produkce. V souladu s tím je zapotřebí zajistit i pohodu zvířat a dodržování hygienických standardů. Po vydání zákona podporující welfare hospodářských zvířat vyvstává potřeba přijetí právních opatření pro úpravu hygienických požadavků, jež mají za úkol zajistit, aby nedocházelo k poškozování zdraví pracovníků, obyvatel žijících v blízkostech chovů, znečišťování ovzduší. Jedním z největších problémů v chovech drůbeže je uvolňování pevných emisních částic o různé jemnosti. Tyto částice se vlivem pohybu chované drůbeže, používané technologie krmení a ošetřování víří a vznášejí se v prostoru uvnitř haly. Prostřednictvím ventilace pak odcházejí do okolí haly. Chovaná zvířata tak víří zbytky podestýlky smíchané se zbytky výkalů a ostatního biologického materiálu jako jsou např. zbytky a úlomky peří, odpadlé epitelové buňky a podobně. Tato práce má za úkol seznámit se základní problematikou chovu drůbeže, pro pochopení problematiky měření produkce prachových částic z velkochovů drůbeže. Dále si klade za cíl popsání problematiky měření emisních částic a získání relevantních údajů o prašnosti z vybraných chovů drůbeže. Tyto údaje jsou v rámci práce statisticky vyhodnoceny. Na základě statistických analýz jsou navržena opatření ke snížení prašnosti, jak v rámci techniky, tak i v rámci technologie chovu.

1.0 Literární rešerše

1.1 Technologické systémy v chovech drůbeže

V současnosti se rozlišují dva základní typy a to podlahový systém a klecový systém. Oba se využívají pro různé užitkové typy chovaných zvířat (viz tabulka č. 1.) a jsou vybaveny specifickým technickým vybavením. Všeobecně však platí, že jakýkoliv chov by měl být vybaven dostatkem krmiva, nezávadné a ošetřené vody a vhodným řízením stájového prostředí. U drůbeže jde hlavně o řízení umělého osvětlení, teploty a ventilace (Jelínek a kol., 2011).

1.1.1 Podlahový systém chovu

Podlahový systém je nejrozšířenějším způsob chovu, využívaný především v chovu brojlerů a kuřic. Je možné tento způsob dále dělit dle využívaného typu podestýlání. Chovy se dělí na chovy na podestýlce a chovy na hluboké podestýlce. Ta má odlišné složení podle jejího původu. Podestýlka musí vždy pohlcovat vlhkost. Problémem je, že se vlhká podestýlka lepí na nohy ptáků a obaluje je. Nejčastějším materiálem podestýlky je stelivová rašelina, stelivová sláma, hoblíny, popř. plevy ze zpracování obilnin (Brouček a kol., 2011).

1.1.2 Voliérový systém chovu

Jedná se o kombinaci chovu klecového a chovu na hluboké podestýlce. Díky tomu je zde možnost zvýšení počtu nosnic až na 20 ks na m². Uspořádání je takové, že se nad sebou nacházejí baterie klecí ve 2 až 4 podlažích, které nejsou rozděleny přepážkami. Mezi těmito řadami voliér je prostor využit jako hrabiště a je pokryt materiálem, který mohou slepice hrabat. Některá patra jsou vybavena snáškovými hnízdy. Tyto klece jsou následně vybaveny kanálem pro sběr vajec tak, aby nedocházelo k jejich styku s trusem. Trus je pak odváděn po trusovém dopravníku (Brouček a kol., 2011).

1.1.3 Klecový systém v chovech drůbeže

Tento systém umožňuje nejefektivnější využití stájové plochy. Především díky přesně vymezenému prostoru pro jednotlivá zvířata a možnosti klece vrstvit na sebe a využít tak ustájovací objekt nejen v ploše ale i v prostoru. Tento systém byl

1. 1. 2012 dle vyhlášky č. 208/2004 Sb. a ve znění pozdějších právních předpisů, upraven a místo konvenčních klecí jsou dnes povoleny pouze tzv. obohacené klece. Toto obohacení spočívá ve vybavení klecí hnízdy pro snášku, podestýlku na zobání a zařízením na obrušování pařátů. Upravena byla také výška klece. Díky těmto změnám připadá na každou nosnici 750 cm^2 (Brouček a kol., 2011).

1.2 Stavební řešení chovných hal a jejich technické vybavení

Základním požadavkem na konstrukci hal je zajištění bezpečí a pohodlí chovaných zvířat. Samotných konstrukcí je nepřeberné množství dle kategorie chované drůbeže a technologie ustájení. Lze však všeobecně uplatnit jednotlivé systémy, jako větrání, vytápění aj., ve všech typech konstrukcí.

Obecně platí, že v dosahu chovaných zvířat nesmí být ostré hrany, různé vyčnívající či pohyblivé předměty. Samotný konstrukční materiál hal by měl být chemicky a fyzikálně stálý. Měl by však odolávat i ostatním vlivům, např. biologickým (hmyz, plísně), protože ty se v provozech běžně vyskytují. Celá konstrukce by měla být dostatečně tepelně izolována od okolního prostoru, s maximální tepelnou prostupností $0,4-0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Díky tomu se snižují náklady na vytápění stáje a chov je ekonomicky efektivnější. Zároveň se tak snadněji dosáhne požadovaného mikroklimatu ve stáji. Dále je vhodné podlahu a obvodové stěny odizolovat proti vlhkosti a jejich povrch upravit tak, aby je bylo snadné čistit a dezinfikovat.

Rozměr hal by měl odpovídat výšce ustájovacího prostoru minimálně 2,7 m, a to hlavně z potřeby využití mechanizačních prostředků pro odkliz podestýlky a vyskladnění zvířat. S tím je spjata i šířka stáje, za optimum je považována šířka 10 až 15 m. Širší stavba by nebyla vhodná pro snadné vyskladnění zvířat a bylo by složité v ní udržet potřebné mikroklima.

Pro zachování bezpečného provozu je nutné využívat i spolehlivý systém pro regulaci teploty, jenž snižuje teplotní výkyvy v hale. Současně tímto systémem je vhodné využívat i systém nouzových hlášení při náhlé změně podmínek v hale. Nejčastěji dochází k výpadku energie nebo k poruše na zařízení haly. S ohledem na toto nebezpečí se hala doplňuje o záložní generátor a servisní službu, která je schopna dostatečně rychle reagovat na jeho poruchu. Jako účinné bezpečnostní

opatření se osvědčila automatická nebo manuální nouzová záloha ventilačního a vytápěcího systému.

Zásady pro správné stavební řešení hal

- Minimální výška 2,7 m, šířka v rozmezí 10-15 m.
- Naddimenzování nosných prvků haly pro možnost stavebních úprav a rekonstrukci.
- Nosná konstrukce nezasahující do stájové plochy, umožňující snadný pohyb při práci ve stáji.
- Zabránění kondenzace vlhkosti na vnitřní konstrukci zabezpečením teplotní stálosti povrchu s dostatečnou rezervou nad rosným bodem.
- Zhotovení nepřímých vstupů do stáje a připraven mimo stájový prostor.
- Umístění objektu tak aby nedocházelo ke kontaminaci čerstvého vzduchu vhaněného do objektu, nutné je i zohlednit převládající směr větru v oblasti.

(Příkryl a kol., 1997)

1.2.1 Zařízení pro krmení drůbeže

Jednotlivé součásti krmné linky jsou navzájem propojeny a vytváří tak účinný systém pro výkrm drůbeže. Základními prvky každé krmící linky jsou zásobní sila, která by měla mít objem odpovídající maximální krmné dávce na 5 dní. Zásobníky by měly být nejlépe zdvojené a navzájem propojené. Krmná linka by měla být dále vybavena odměřovacím systémem, který je schopen krmivo odměřovat hmotnostně nebo objemově. Následují pak jen různé typy dopravníků a pohonů, jenž přivádí krmivo přímo do krmítek. Zařízení uvnitř haly se umísťuje na konzoly, kterou je možné zdvihnout ke stropu při vyskladňování a čištění haly (Příkryl a kol., 1997).

Jednotlivé typy krmítek:

Řetězové krmítko

Řetězové krmítko je vhodné využít v podlahových chovech na hluboké podestýlce i pro roštové podlahy. Krmivo ze zásobníků je rozváděno do několika okruhů, které ústí do žlábků, v němž probíhá plochý řetěz. Ten je poháněn rohovými kladkami. Na vratné větvi je většinou instalován odlučovač nečistot. Krmítko má

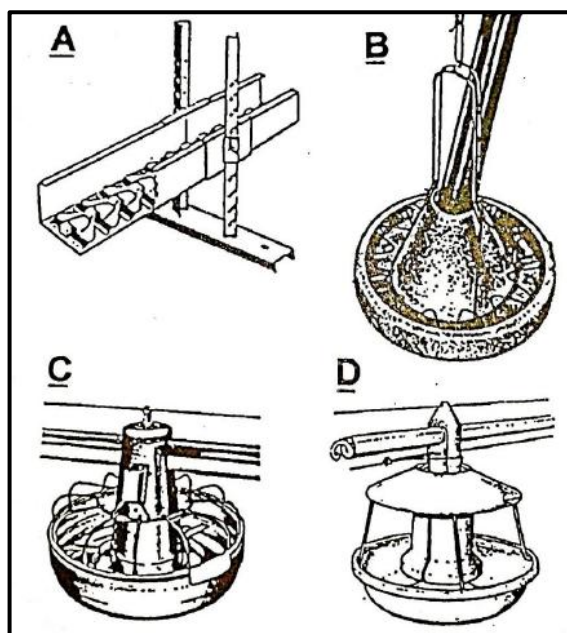
výborné technické parametry jako je použitelná délka 2×200 m, rychlost pohybu 2-12 m·min⁻¹ s výkonem až 400 kg krmiva za hodinu (Přikryl a kol., 1997).

Misková krmítka

Jde o polozavřené nádoby o objemu až 3 kg. Po obvodu jsou dostatečně velké otvory, kterými kuřata mohou bezpečně prostrčit hlavu a zároveň zabraňují ztrátám krmiva. Krmítko je často umístěno přímo na šnekovém dopravníku, nebo je sním spojeno spádovou trubicí. Misková krmítka jsou vybavena regulací výšky a postupně se zdvihají ohledem na růst kuřat. Pro plnění se využívají šnekové dopravníky s obvodovou šnekovicí o výkonnosti 300-400 kg krmiva za hodinu (Přikryl a kol., 1997).

Rozmetací krmná zařízení

Tento způsob je využíván nejčastěji pro chovy kuřat a při odchovu slepic. Zařízení je vybaveno zásobníkem o kapacitě 40-250 kg a rozmetacím ústrojím. Krmivo spadáva ze zásobníku do rotujícího rozmetacího zařízení, které je opatřeno různě dlouhými vyústěními. Díky čemuž je krmivo metáno odstředivou silou rozmetadla do různých vzdáleností. Průměrný rozptyl je okolo 20 m. Na počet 1500-2000 kuřat je umístěno vždy jedno zařízení (Přikryl a kol., 1997).



Obrázek 1: Krmítka pro drůbež, A- Žlábkové s plochým řetězem, B-Miskové krmítko, C,D- Misková krmítka umístěna na dopravník krmiva (Přikryl a kol., 1997)

1.2.2 Složení krmiva

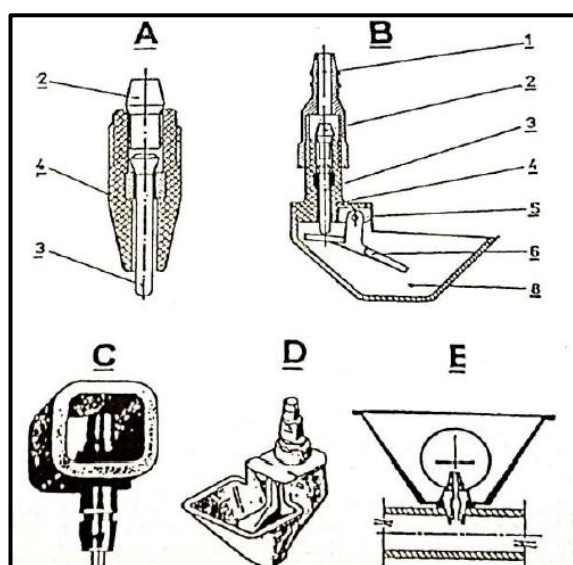
Krmivo se skládá ze dvou základních složek, organická a anorganická. Nejvíce jsou zastoupeny sacharidy, bílkoviny a tuky. Tyto látky jsou zastoupeny v určitém poměru, který je nezbytný pro správnou funkci organismu. Dále je v krmivu obsažena celá řada doplňujících látek, jako jsou vitamíny a minerály.

Největší podíl mají v krmné dávce sacharidy a bílkoviny, které jsou obsaženy hlavně v obilovinách a luštěninách. V dnešní době se pro drůbež převážně používají suché krmné směsi, jež mají podobu homogenizovaných granulí (Ledvinka a kol., 2011).

1.2.3 Zařízení pro napájení drůbeže

Pro napájení drůbeže se využívají kapátkové, miskové, kloboukové a kalíškové napáječky. Ty jsou připojeny na dostatečný zdroj pitné vody. Důležitým parametrem pro napáječky je především dostatečný průtok pitné vody. Tento parametr je odlišný podle kategorie chované drůbeže, např. pro odchov kuřat na podestýlce se nejčastěji využívají kapátkové napáječky s odkapovou miskou s průtokem 20-25 l·min⁻¹. Tato hodnota platí pro 8-12 kuřat v závislosti na tom, zda se jedná o kuřata masného nebo nosného typu.

Jakýkoliv typ napáječky by měl zajistit bezpečný přístup k pitné vodě, měl by minimalizovat rozstřík vody a bakteriální znečištění. Napáječky se velice často upevňují na stejnou konstrukci jako krmné zařízení. Při čištění stáje lze tak současně zvednout oba prvky a stáj bez omezení udržovat (Bell a Weaver, 2002).



A) Kapátková napáječka (2,3- ventily, 4- pouzdro)

B) Misková napáječka (1 nátrubek, 2,3-ventily, 4- Pouzdro, 5- čep, 6-ovládání, 8 miska)

C) Spojovací element

D) Sestava miskové napáječky

E) Pohárová napáječka na rozvodu

Obrázek 2: Napáječky pro drůbež (Příkryl a kol., 1997)

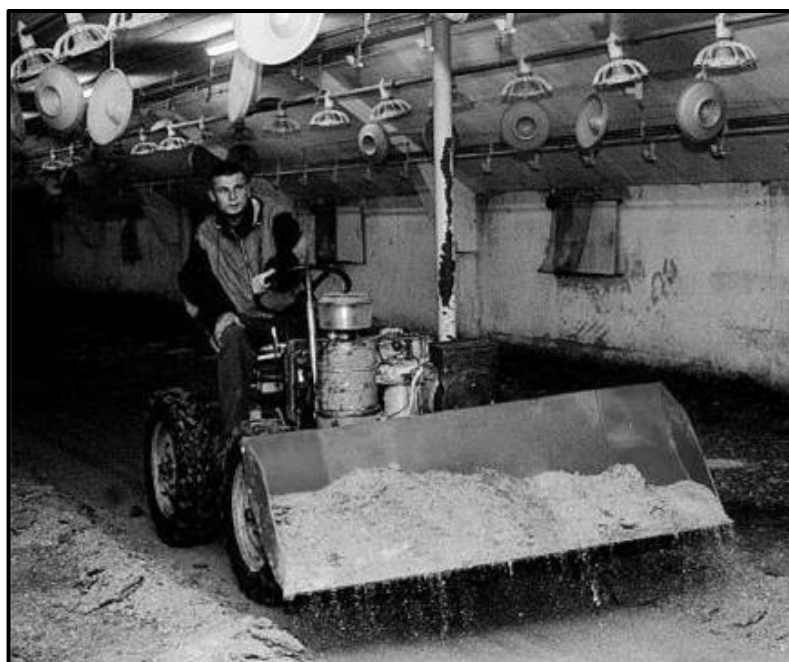
1.2.4 Zařízení pro odklíz trusu

1.2.4.1 Odklíz trusu z chovů drůbeže na hluboké podestýlce

Pro odklíz z chovu toho typu se většinou využívají mobilní energetické prostředky. Po vyskladnění haly je z její podlahy mechanicky vyhrnuta použitá podestýlka mimo stáj a následně zpracována, nejčastěji jako hnojivo (Příkryl a kol., 1997).

1.2.4.2 Odklíz trusu z roštových chovů drůbeže

Exkrementy a ostatní odpad popadávají skrze rošty do šachet, které mohou být vyhrnovány kontinuálně pomocí dopravníků a mechanických lopat. Druhou možností je jednorázové vyklizení po ukončení turnusu. To je ale značně nevýhodné. Pokud je trus v šachtě delší dobu, dochází zde k rozkladným procesům, při kterých se uvolňují škodlivé stájové plyny. Tyto pochody lze omezit odvětráváním těchto šachet, čímž lze zvýšit obsah sušiny v trusu až na 50 %. (Příkryl a kol., 1997).



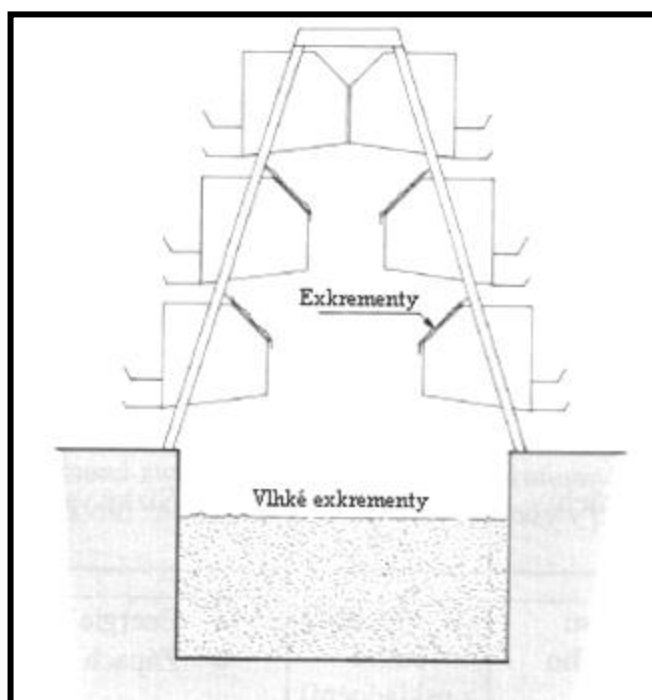
Obrázek 3: Ukázka odstraňování podestýlky pomocí malotraktoru TK4 s radlicí (Příkryl a kol., 1997)

1.2.4.3 Odklíz trusu z klecových chovů drůbeže

V tomto případě závisí systém odklizu na uspořádání baterií klecí. Klece jsou seskládány do kaskád, nebo přímo nad sebou. V případě kaskádovitého uspořádání

trus propadáva na pás, který je uložený v šachtě pod klecemi a trus je následně odvážen do externích sušáren.

Pokud jsou klece umístěny nad sebou, je mezi každým patrem klecí umístěn dopravníkový pás a šachta pro odvod stájových plynů, aby nedocházelo k jejich koncentraci ve stáji. Současně je z trusových kanálů odsáván znečištěný vzduch (Příkryl a kol., 1997).



Obrázek 4: Uspořádání klecí s šachtou na výkaly (Kic a Brož, 1995)

1.2.5 Zastýlání a typy podestýlek

Po vyskladnění turnusu a úklidu haly je potřeba opětovně zastlat novou vrstvou podestýlky v dostatečné vrstvě. Tato operace se provádí většinou za použití mobilních energetických prostředků, jenž stelivo do stáje dopraví a případně ho i rozprostřou.

Jako materiál podestýlky lze využít různé materiály, které dobře sají vlhkost a jsou snadno dostupné. Nejčastěji jde o organické materiály, zejména řezanou slámu, popř. odpady ze zpracování dřeva. Hobliny nesmějí být příliš drobné, brojleři je pak pojídají, což jim způsobuje závažné zdravotní problémy (zalepování volete) z důvodu obsažené celulosy. Novým trendem je zastýlání rašelinou. Tento materiál má velký potenciál, stále se však nevyužívá ve větším množství (Šonka in verb, 2016).

1.3 Ventilace hal v chovech drůbeže

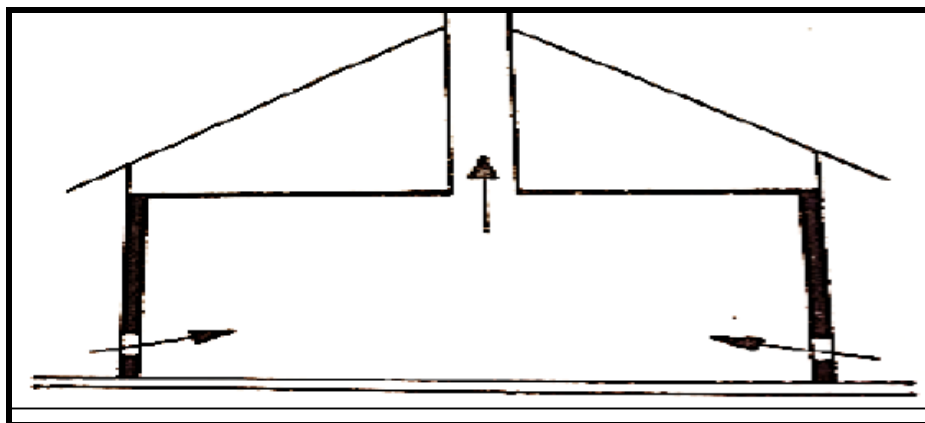
S ohledem na vysokou úroveň látkové výměny, rychlost růstu a odlišné požadavky různých kategorií drůbeže v letních a zimních měsících je na ventilaci kladen velký důraz. Ventilační systém je nejdůležitějším systémem pro tvorbu stájového mikroklimatu. S jeho pomocí se značná část znečištěného vzduchu odvádí z prostoru ustájených zvířat. Stájový vzduch má především zvýšenou koncentraci oxidu uhličitého (CO_2), amoniaku (NH_3), sirovodíku (H_2S) a tuhých emisních částic. Ventilační systém je také využíván k odvodu přebytečného tepla, vlhkosti a emisních částic. Jednotlivé kategorie drůbeže mají různou produkci výše uvedených veličin (Brouček a kol., 2011).

1.3.1 Přirozené větrání

Systém přirozeného větrání využívá rozdíl tlaku vzduchu uvnitř a vně stáje. Tento rozdíl vzniká odlišnou teplotou vnějšího a vnitřního vzduchu. Dochází tak ke komínovému efektu, při němž vzniká usměrněný proud vzduchu. Chladnější vzduch u země je nasávám do stáje. Následně ve stáji dojde k jeho ohřátí a k jeho stoupání k hřebenové štěrbině, kde je vypuštěn ze stáje ven. Účinnost tohoto systému je tím vyšší, čím větší je teplotní rozdíl mezi vnitřním a venkovním vzduchem.

Dalším významným činitelem ovlivňujícím výkon přirozeného větrání je rychlost proudícího vzduchu v okolí stáje. Rozdíly v tlacích vzduchu vzniklé různými teplotami a proudícím vzduchem se sčítají a dochází ke zvyšování větracího účinku. Z toho vyplývá, že přirozené větrání je nejúčinnější v zimních měsících, kdy je rozdíl teplot nejvyšší.

Jak bylo již výše uvedeno, v chovech drůbeže dochází k velkému uvolňování tepla a ostatních látek. Přirozené větrání tak nemá dostatečný výkon k potřebné výměně vzduchu ve velkochovu. Je tedy vhodnější pro malé extenzivní chovy a chovy jiných druhů /typů hospodářských zvířat, např. skot (Kic a Brož, 1995).



Obrázek 5: Schéma přirozeného větrání (Kic a Brož, 1995)

1.3.2 Nucené větrání

Jeho největší výhodou proti přirozenému větrání je přesné řízení chodu ventilátorů k udržení požadovaného stavu stájového vzduchu. Celý větrací systém se skládá z ventilátorů, vzduchovodů a regulačních klapek.

Nucené větrací systémy lze rozlišit na podtlakové a přetlakové. Zpravidla se využívají systémy podtlakové. Ventilátory jsou umístěny na výstupu ze stáje a odsávají z ní znečištěný vzduch. Díky tomu vzniká ve stáji oblast s nižším tlakem a do stáje je nasáván vzduch zvenčí, skrz regulační klapky. Druhý, méně používaný, systém je přetlakový. V tomto systému se umísťují ventilátory na vstupu do stáje a vhánějí do ní čerstvý vzduch, čímž je vytvářen ve stáji zvýšený tlak, který vytlačuje znečištěný vzduch do okolního prostředí. Tento systém se využívá v omezené míře, většinou tam kde nelze využít ostatní systémy (Kic a Brož, 1995).

1.3.3 Prvky ventilačních systému v chovech drůbeže

Stěnové ventily

Jsou umístěny ve výšce 1-1,2 m nad podlahu stáje. Nejčastěji se využívají pro regulaci nasávaného vzduchu do stáje. Mají různé tvary, v praxi se však osvědčily ventily obdélníkového a oválného průřezu. Jsou vyrobeny z odolného materiálu tak, aby odolávaly namáhání a opotřebení. Ovládání klapek stěnových ventilů je často realizováno pomocí táhel a lanek pro více ventilů. Pro přesnější regulaci nasávaného vzduchu se využívají ventily ovládané samostatnými servopohony.

Ventily jsou rovnoměrně rozmístěny na stěnách. Jsou vybaveny zpětnými pružinami, které zajišťují jejich automatické otevření nebo zavření, pokud není hodnota tlaku optimální (Příkryl a kol., 1997).

Střešní ventily

Jedná se o obdobu stěnových ventilů. Jak už z názvu vyplývá, jsou tyto ventily umístěny v konstrukci střechy. Obvykle jsou umístěny přibližně 1 m před samotným ventilátorem. Využívají se v komínových systémech ventilace, viz Komínové větrání (Příkryl a kol., 1997).

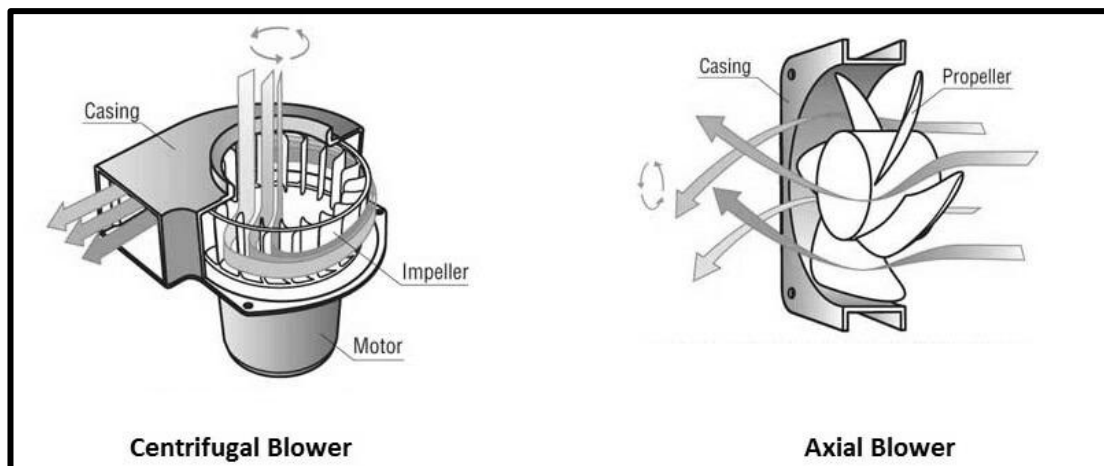
Odtahové komíny

Odtahové komíny jsou konstrukční součásti pro uložení ventilátoru a střešní klapky u komínových větracích systémů. Jedná se v podstatě o pouzdro, do kterého jsou ventilátory a střešní klapky namontovány. Materiál komínu musí být teplotně stálý a odolný vůči teplotním rozdílům (Microclima systems, 2016).

Ventilátory

Nejdůležitější součástí ventilačních systémů je ventilátor, který je základním strojním zařízením pro čerpání plynů. Nejdůležitějšími parametry ventilátoru jsou jeho průměr a otáčky za minutu. Nejčastěji jsou poháněny elektromotory. Ventilátor může mít různou konstrukci i pohon (Hastings, 2013). V praxi se ventilátory rozdělují podle toho, v jakém směru vzduch do ventilátoru vstupuje (Sugarman, 2005):

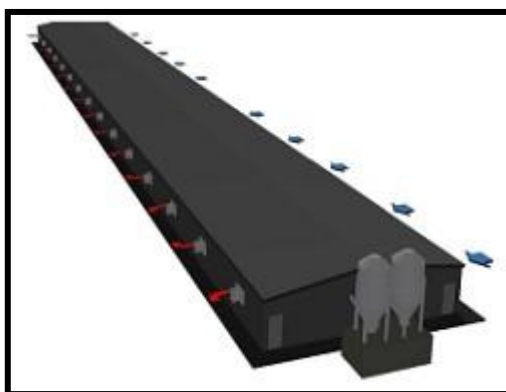
- **Axiální ventilátory:** Osa otáčení ventilátoru je rovnoběžná se směrem proudícího vzduchu. Jde o nejpoužívanější ventilátor ve stájích a to především díky jeho konstrukční jednoduchosti.
- **Radiální ventilátory:** Osa otáčení je kolmá na směr proudícího vzduchu. Ve stájích se tento typ ventilátoru využívá v omezené míře vzhledem k jeho konstrukční náročnosti a ceně.



Obrázek 6: Směr průchodu vzduchu ventilátory (zleva: radiální ventilátor, axiální ventilátor) (Sugarman, 2005)

1.3.4 Příčné větrání

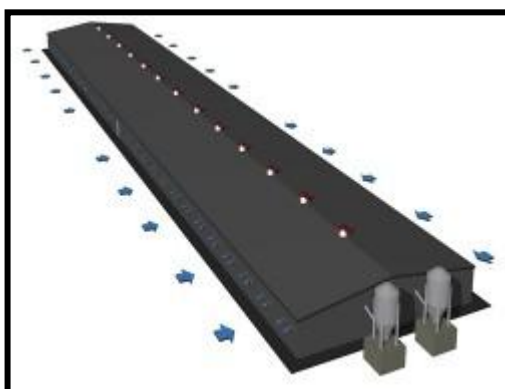
Na jedné straně stáje se nacházejí po celé délce ventilátory a na protější straně se nacházejí klapky pro přívod vzduchu. Toto uspořádání je vhodné pro stáje s šířkou do 12 m a celkově pro menší objekty, protože při jejich použití ve větších objektech dochází k významným teplotním nevyrovnanostem. Nasávaný vzduch je příliš chladný a naopak vzduch u ventilátorů příliš teplý (Daghir, 2008).



Obrázek 7: Schéma příčného větrání (Microclima systems, 2016)

1.3.5 Komínové větrání

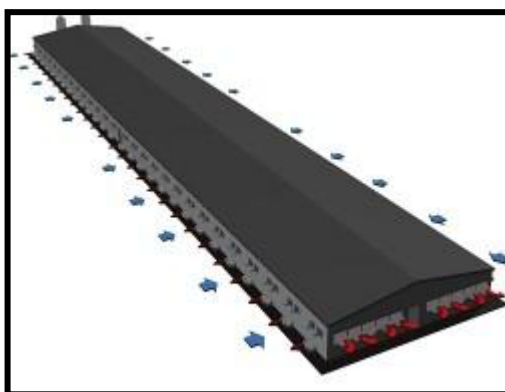
Vzduch je nasáván ventily po obou stěnách a je odsáván ventilátory umístěnými ve střeše. Jedná se o starší typ větrání, při kterém je zkracován čas mezi vstupem a výstupem ze stáje. Toto uspořádání má však široké uplatnění, např. v halách, které mají větší plochu, nebo umístění objektu nedovoluje využití jiného systému (Daghir, 2008).



Obrázek 8: Schéma komínového větrání (Microclima systems, 2016)

1.3.6 Tunelové větrání

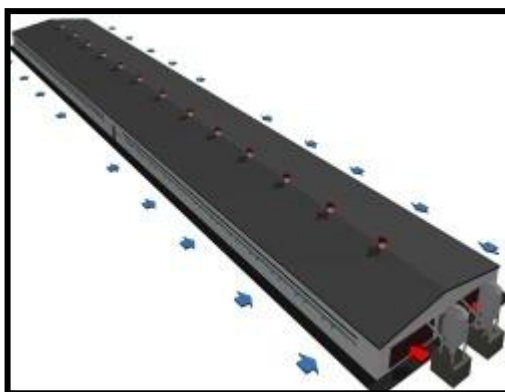
Dnes nejběžnější systém ventilace. Uspořádání je obdobné jako u komínové ventilace. Ventilátory však nejsou umístěny ve střeše, ale v jedné z čelních stěn. Toto uspořádání je výhodné především proto, že nasávaný vzduch je nucen projít skrze celou stáj, čímž je schopen pojmout více škodlivin, vlhkosti a tepla, které je následně odvedeno (Daghir, 2008).



Obrázek 9: Schéma tunelového větrání (Microclima systems, 2016)

1.3.7 Kombinované větrání

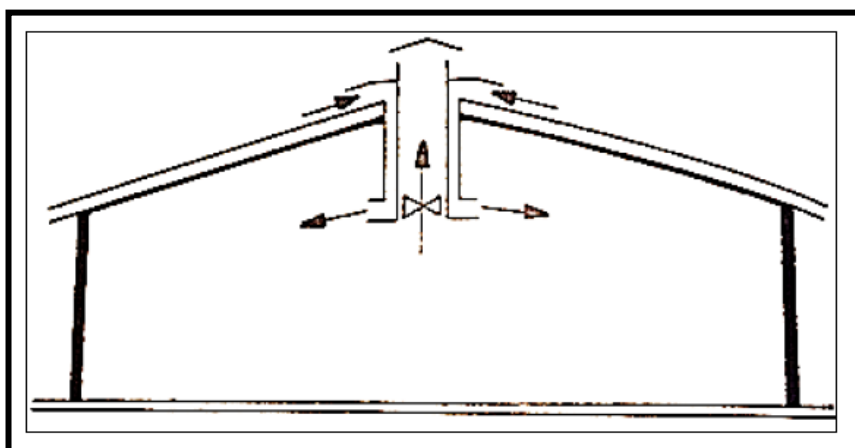
Jde o spojení komínového a tunelového ventilačního systému. Je využíváno především pro menší stáje a nese sebou kombinaci výhod a nevýhod svých předchůdců (Příkryl a kol., 1997).



Obrázek 10: Schéma Kombinovaného větrání (Microclima systems, 2016)

1.3.8 Rovnotlaké větrání

Na první pohled je tento systém podobný komínovému systému ventilace. Je však výrazně odlišný. Odtahové komíny jsou dvouplášťové. Prostorem uprostřed je stájový vzduch odsáván a v mezistěnném prostoru jsou zhotovené kanály, kterými je přiváděn čerstvý vzduch. Díky tomu mohou být stájové objekty natěsnány na sebe, čímž je efektivněji využit prostor. Další nespornou výhodou je možnost recirkulace a rekuperace vzduchu. Naopak značnou nevýhodou je kontaminace nasávaného vzduchu, protože vstup a vyústění ventilace jsou umístěny blízko sebe. Další nevýhodou je také cena těchto jednotek (Kic a Brož, 1995).



Obrázek 11: Schéma rovnotlakého větrání (Kic a Brož, 1995)

1.3.9 Systémy vytápění a rekuperace tepla

S ohledem na to, že mláďata drůbeže a většiny chovaných zvířat mají špatně vyvinutý termoregulační systém, je běžnou chovatelskou praxí vytápění odchovných prostor (Příkryl a kol., 1997).

Podlahové vytápění:

Tepelný zdroj je veden přímo vrstvami podlahy, proto je možné celoročně snížit vrstvu podestýlkového materiálu (přibližně do výšky 10 mm), jelikož drůbež neprochládá od podlahy. Tepelnými zdroji jsou buď vytápěcí kabely, nebo potrubí s teplou vodou. Podlahové vytápění umožňuje snížení teploty vzduchu o 2-6 °C. Vytápění je možné realizovat plošně, popř. lokálně ve čtvercích 6×6 m. V tomto případě se nastavení teplot provádí dle konstrukce konkrétního objektu (Příkryl a kol., 1997).

Přímotopné teplovzdušné vytápění:

Technologicky a finančně méně náročným řešením jsou teplovzdušné přímotopy, které využívají nejčastěji plynná paliva. Přístroje se zavěšují na strop, do vzdálenosti 1,5 m nad podlahou. Výkon tohoto zdroje se pohybuje v rozmezí 15-120 kW s průtokem vzduchu 1000-7500 m³·h⁻¹ (Příkryl a kol., 1997).

Plynové infrazářiče:

Jde o nejčastěji instalovaný tepelný zdroj ve stájích pro chov drůbeže. Spalování plynu (nejčastěji zemního plynu) probíhá v uzavřené trubici, která se spalováním zahřívá a sáláním předává vzniklé teplo do okolního prostoru (Příkryl a kol., 1997).

Rekuperace tepla:

Jde o systém, s jehož pomocí lze snížit náklady na vytápění stájových objektů. Dochází při něm k ohřevu přiváděného vzduchu s pomocí již ohřátého, odváděného vzduchu ze stáje. Systém je sice výhodný, ale má svá technická specifika, jejichž řešení musí zohledňovat např. zvýšené emise prachových částic (Příkryl a kol., 1997).

1.4 Mikroklima stáje

Mikroklimatem lze nazvat prostředí uzavřené v oblasti stáje, které je v přímém vztahu s okolním prostředím. Mikroklima je značně ovlivněno plyny vznikajícími ve stáji. Faktory ovlivňující mikroklima lze dělit na biotické a abiotické (Kic a Brož, 1995).

Biotické faktory

- Prašnost (zvířené částice epitelu zvířat, krmiva, výkalů aj.)
- Mikrobiologické znečištění (bakterie, plísně a jejich spóry)

Abiotické faktory

Fyzikální

- Teplotně-vlhkostní komplex
- Rychlost proudění vzduchu (počet výměn za čas)
- Katahodnota vzduchu
- Světelný režim
- Barometrický tlak
- Hluk a vibrace

Chemické

- Koncentrace stájových plynů

1.4.1 Fyzikální faktory

1.4.1.1 Teplota stájového vzduchu

Teplota vzduchu je základní fyzikální faktor pro dosažení optima stájového prostředí. Sama teplota je výsledkem tepelné bilance stáje. Tu lze charakterizovat celkovým součtem vyprodukovaného tepla a odečtením tepelných ztrát. Největšími zdroji tepla jsou většinou sama chovaná zvířata, dalším významným zdrojem může být také vytápění. Teplota stájového vzduchu značně ovlivňuje užitkovost zvířat. Teplota je obvykle udávána v °C, v některých zemích se lze setkat s vyjádřením ve °F (Kic a Brož, 1995).

1.4.1.2 Vlhkost stájového vzduchu

(Kic a Brož, 1995)

Jak je výše uvedeno, teplota vzduchu úzce souvisí s jeho vlhkostí. Termín vlhkost vzduchu má různé charakteristiky. Všeobecně vyjadřuje obsah vodní páry v určitém množství vzduchu za různých podmínek.

Charakteristiky vlhkosti vzduchu

Tlak vodní páry: vyjadřuje parciální tlak vodní páry, která se nachází ve vzduchu. Je udávána v hPa.

Sytostní doplněk: je dán maximálním možným rozdílem tlaku vodní páry ve vzduchu při dané teplotě vzduchu a skutečným tlakem vodní páry ve vzduchu za stejné teploty vzduchu. Nasycený vzduch také hůře odvádí teplo z těla hospodářských zvířat, protože nemají vyvinutou potní soustavu. Důsledkem je pak teplotní stres a snížení užitkovosti.

Absolutní vlhkost vzduchu: udává hmotnost vodní páry, která je obsažena v jednotce vzduchu (m^3).

$$\text{Výpočet: } \phi = \frac{m}{V} [g \cdot m^{-3}] \quad (1)$$

Relativní vlhkost vzduchu: jde o poměr mezi aktuální hmotností vodní páry obsažené ve vzduchu (m) a maximální možnou hmotností vodní páry, kterou je vzduch schopen vázat za stejné teploty a tlaku (M). Jde o nejčastěji udávanou hodnotu, pokud hovoříme o vlhkosti vzduchu ve stáji.

Výpočet:

$$\phi = \frac{m}{M} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

Rosný bod: udává teplotu vzduchu, při které se vzduch následkem izobarického ochlazování stává nasyceným, a to i přes to, že do něj nabyla dodána vodní pára. Při poklesu teploty vzduchu pod hodnotu rosného bodu, dojde ke kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu. Tato kondenzace se projevuje jako rosa nebo mlha.

Zdrojem vlhkosti ve stájových objektech jsou jak sama chovaná zvířata, tak vybavení stáje. Krom různých kanálů a jímek pro odvádění odpadní vody, je významným zdrojem vlhkosti i nevhodné technické vybavení, např. zastaralé napáječky s volnou vodní hladinou, popř. napáječky, ze kterých uniká voda apod. Zdrojem vlhkosti je samozřejmě i vlhký vzduch nasávaný z venkovního prostředí.

Častou chybou např. v zimních měsících je snaha ošetřovatelů zabránit tepelným ztrátám stáje snížením výkonu ventilačního systému. Tím však nedochází k dostatečnému odvodu vlhkosti ze stáje. Její koncentrace se zvyšuje a dochází

ke kondenzaci vody. To má za následek zvýšení počtu mikroorganismů a hub. Vysoká vlhkost vzduchu se projevuje i na samotné konstrukci budovy, např. oxidací ocelových částí.

1.4.1.2 Rychlost proudění vzduchu

Vzduch se ve stáji pohybuje téměř nepřetržitě. Dochází zde ke kombinaci laminárního a turbulentního proudění vzduchu v různých částech stáje. Vzduch je vířen jak samotnými zvířaty, tak pohyblivými prvky ve stáji. Je také usměrňován ventilátory. Každé technické řešení má svá specifika a uspořádání, viz kapitola: Ventilace hal v chovech drůbeže. Proudění vzduchu má jak pozitivní, tak negativní vliv na chovaná zvířata. Z tohoto důvodu je nutné řídit se specifiky pro jednotlivé typy a kategorie zvířat (Kic a Brož, 1995).

1.4.1.3 Katahodnota vzduchu

Jde o tzv. ochlazovací hodnotu vzduchu. Ta udává, kolik tepelné energie organismu je schopné přejít do okolního prostředí. Je výsledkem působení ostatních fyzikálních faktorů. Definována je hodnotou Q (teplo předané do okolního prostředí [$J \cdot m^{-2}$] z povrchu katateploměru, sáláním a konvekcí při poklesu teploty o $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a obsahem povrchu katateploměru) a hodnotou t (čas [s] potřebný k poklesu teploty katateploměru z 38°C na 35°C) (Kic a Brož, 1995).

$$\text{Výpočet: } K = \frac{Q}{T} [W \cdot m^{-2}] \quad (3)$$

Tabulka 1: Ochlazovací hodnoty vzduchu (Přikryl a kol., 1997)

| Ochlazovací hodnota vzduchu | $W \cdot m^{-2}$ |
|--|------------------|
| Nízká (pocitové horko, dusno) | 126-209 |
| Nízká pro adultní zvířata, optimální pro juvenilní zvířata | 209-293 |
| Optimální pro adultní zvířata, zvýšená pro juvenilní zvířata | 293-419 |
| Zvýšená (chladno) | 419-502 |
| Vysoká (zima) | Nad 502 |

1.4.1.4 Světelný režim

Především v chovech, kde se kompletně řídí stájové prostředí, se jedná o důležitý faktor. Světelný režim podporuje biologické procesy, a upravuje tak především produkci hormonů hypofýzy. Tyto hormony následně působí na růst, reprodukci aj. Při řízení světelného režimu hraje roli nejen intenzita světla, ale také rozložení a doba, po kterou je světlo zapnuté. Díky tomu jsou chovatelé schopni zaručit stabilní úroveň produkce. Obecně se délka dne mění podle stáří zvířat. Nejdříve je den dlouhý, pak je zkracován a následně opět prodlužován viz kapitola: Světelný režim v chovu brojlerů (Přikryl a kol., 1997).

Tabulka 2: Požadavky na osvětlení hal (Přikryl a kol., 1997)

| Druh a kategorie | Osvětlení [lux] | Doba denního svícení [h] |
|------------------|--------------------|-----------------------------|
| Odchov a chov | | |
| Slepice | | |
| Nosný UT | 10 | 11-16 |
| Masný UT | 15-22 | 11-15 |
| Odchov a výkrm | | |
| Kuřata | | |
| Lehký UT | 10-25 | 8-23 |
| Masný UT | 4-25 | 8-23 |

1.4.1.5 Barometrický tlak

Jde o vyjádření velikosti síly, kterou působí hmotnost atmosféry na plošnou jednotku povrchu Země. Velikost atmosférického tlaku je závislá na nadmořské výšce, přičemž na hladině moře je tlak nejvyšší a s rostoucí výškou klesá. Oblasti s nižším tlakem než, je tlak atmosférický se nazývají oblasti podtlaku. V oblastech kde je tlak vyšší než atmosférický se nazývají oblasti přetlaku (Pidwirny, 2014).

1.4.1.6 Hluk a vibrace

V chovech drůbeže je vliv vibrací zanedbatelný. Především proto, že se v těchto chovech nenachází žádné významné zdroje vibrací. Dalším důvodem je,

že podestýlka, na které se zvířata pohybují, funguje jako dobrý izolační materiál. Významnější jsou vibrace v klecových chovech drůbeže. Zde díky pohybu dopravníků pro odkliz trusu, vajec a krmicího zařízení dochází skrz konstrukci klecí k přenosu vibrací na těla zvířat.

Druhým faktorem je hluk, jehož největším zdrojem ve stájích jsou ventilátory, které odvádějí znečištěný stájový vzduch. Druhým významným zdrojem jsou sama chovaná zvířata. Vzhledem k tomu, že zvířata jsou vystavovány hluku a vibracím od narození, jsou na tyto rušivé faktory natolik navyklá že, tyto faktory obvykle u nich nevyvolávají stres (Šístková, 2012).

1.4.2 Chemické faktory

1.4.2.1 Koncentrace stájových plynů

Znečišťující stájové plyny jsou do stáje přiváděny ventilací z okolního prostředí. Tento zdroj znečišťujících plynů je ovlivněn hlavně lokalitou, kde se objekt nachází. Druhým významným zdrojem znečištění jsou biologické pochody v tělech ustájených zvířat a rozkladné procesy ve stájích. Nejvíce zastoupené stájové plyny jsou oxid uhličitý, amoniak a sirovodík. Kromě těchto plynů je ve stájových objektech ve větší míře produkován metan, merkaptan, skatol a indol. Ty jsou nazývány jako tzv. zápašné plyny.

Určité znečišťující plyny jsou produkovány i strojním vybavením hal, zejména topným zařízením. Jako nejčastější palivo je využíván zemní plyn, při jehož spalování dochází k produkci oxidu uhelnatého, oxidů síry aj. (Jelínek a kol., 2011).

Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je plyn bez barvy a zápachu. Má vyšší hustotu než okolní vzduch, proto se drží u země. V chovech je jeho zdrojem dýchání zvířat, rozkladné procesy biologických látek (krmivo, stelivo, výkaly) (Houghton, 1998).

Amoniak

Tento plyn vzniká rozkladem dusíkatých látek, které jsou obsaženy především ve výkalech chovaných zvířat. Jeho koncentrace závisí především

na rychlosti odklizení výkalů a výkonnosti ventilačního zařízení. Amoniak působí dráždivě na sliznice očí a plic.

Nejvyšší koncentrace amoniaku jsou zjišťovány především v letních měsících (červen- červenec), ve kterých vyšší teplota vzduchu podporuje rychlost rozkladných procesů. Hodnota vyprodukovaného amoniaku se u drůbeže pohybuje v rozmezí 0,10- 0,86 g NH₃ na kus a den (Wang, 2010).

Sirovodík

Sirovodík je silně zapáchajícím plynem, jenž je produktem anaerobních procesů při trávení krmiva bohatého na dusíkaté látky. Dalším zdrojem jsou různé jímky a sklady výkalů. Sirovodík má dráždivý účinek na dýchací cesty a oči.

Tabulka 3: Koncentrace plyných škodlivin v objektech pro drůbež (Přikryl a kol., 1997)

| Plyn | Koncentrace |
|---------------------------------|-------------|
| Oxid uhličitý – CO ₂ | 0,25 % |
| Amoniak – NH ₃ | 0,0025 % |
| Sirovodík – H ₂ S | 0,0007 % |

1.5 Hygiena stájového prostředí v chovech drůbeže při dodržení welfare

1.5.1 Požadavky na teplotu

Na rozdíl od hospodářsky chovaných savců mají ptáci odlišné nároky na teplotu. Teplo vyprodukované organismem závisí nejen na jeho stáří, ale i na teplotě okolního vzduchu. Mladá drůbež, přibližně do věku 15 až 20 dnů, nemá vyvinutou termoregulaci. Vyvolání teplotního stresu náhlou změnou teploty se nepříznivě podepisuje na zdravotním stavu zvířat.

Drůbež je adaptabilnější ke snížení než zvýšení teploty. Při přehřívání organismu zvířata reagují zvýšením frekvence dýchání s otevřeným zobákem, odtahováním křídel od těla a postupně se zvyšujícím příjmem vody. Tyto adaptace představují způsoby, jak se drůbež přirozeně ochlazuje. Na rozdíl od savců nemají

ptáci vyvinuté potní žlázy. Nejúčinnějším mechanismem pro termoregulaci je dostatečný přísun studené vody, která ochlazuje krev a vnitřní orgány.

Dobré izolační vlastnosti peří zvyšují odolnost drůbeže vůči chladu. V prostředí velkochovu však dochází k poškození peří, čímž vznikají odhalená místa pokožky, která se, např. prouděním vzduchu se zvýšenou rychlostí a vlhkostí, ochlazují. Následkem toho je prudký pokles teploty organismu. Tyto poklesy lze eliminovat vytápěním stáje.

Při vysokých teplotách především v letních měsících dochází k opačnému problému, tj. k přehřívání zvířat. Jednou z možností je ochlazování vzduchu vstupujícího do stáje, což je však energeticky a ekonomicky velice náročné, a proto se z tohoto důvodu v praxi neuplatňuje. Tento problém se nejčastěji řeší konstrukcí objektů. Při využití izolačních materiálů a masivních zdí mají objekty vysokou tepelnou setrvačnost, a tak v nich nedochází k rychlým změnám teploty. V kombinaci s vyšší intenzitou výměny vzduchu je tento systém v našich klimatických podmínkách dostačující.

Jako levný a účinný systém ochlazování lze využít i zamlžovací systémy. Trysky pak rozprašují chladnou vodu do prostoru hal a u vstupních otvorů. Tím ochlazují vhněný vzduch. Podmínkou je však, že nesmí dojít ke zvlhčení podestýlky. Univerzálnější jsou tak evaporační desky. Ty využívají stejného principu, avšak technické řešení spočívá v pomalém protékání chladné vody skrze pórovitou voštinovou vložku. Při průchodu vzduchu dojde k jeho ochlazení a částečnému zvýšení relativní vlhkosti, která však nedosahuje limitních hodnot a nedochází k výraznému zvlhčování podestýlky. Evaporační vložky se umísťují ke všem přístupům vzduchu do haly (Kic a Brož, 1995).

Tabulka 4: Zoohygienické požadavky na teplotu stájového vzduchu (Přikryl a kol., 1997)

| Kategorie | Věk (týdny) | Teplota (°C) | |
|---------------------------|-------------|--------------|-------|
| | | Min | Optim |
| Kuřata (odchov, výkrm) | Do 1 | 30 | 32-33 |
| | 1-2 | 27 | 29-31 |
| | 2-3 | 24 | 26-28 |
| | 3-4 | 21 | 23-25 |
| | 4-6 | 16 | 19-22 |
| | 6-8 | 12 | 17-22 |
| | 8-20 | 10 | 16-22 |
| Nosnice | Nad 20 | 8 | 15-22 |

Tabulka 5: Produkce tepla hrabavé drůbeže (Přikryl a kol., 1997)

| Hmotnost kg·ks ⁻¹ | Produkce tepla ve W·ks ⁻¹ při teplotě | | | | |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 0,05 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,9 |
| 0,1 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,5 |
| 0,25 | 3,8 | 3,6 | 3,3 | 3,1 | 2,9 |
| 0,5 | 6,2 | 5,8 | 5,4 | 5,0 | 4,7 |
| 1 | 10 | 9,4 | 8,8 | 8,2 | 7,6 |
| 2 | 16,2 | 15,3 | 14,3 | 13,3 | 12,3 |
| 4 | 26,4 | 24,8 | 23,2 | 21,6 | 20,1 |
| 8 | 42,9 | 40,3 | 37,7 | 35,2 | 32,6 |

1.5.2 Požadavky na relativní vlhkost vzduchu

Vlhkost má vliv na organismus zvířat hlavně v případech velmi nízkých, nebo naopak vysokých hodnot. Vzduch s vyšší hodnotou relativní vlhkosti má zvýšenou tepelnou vodivost. Při proudění takového vzduchu stáji dochází k ochlazování zvířat, což není žádoucí, vyjma letních měsíců s vysokými teplotami. Současně vysoká relativní vlhkost vzduchu způsobuje rozkladné procesy organických látek ve stáji. Dále podporuje rozvoj mikroorganismů a různých hub, na jejichž růst vlhkost vzduchu pozitivně působí.

Opakem je pak vzduch s nízkou relativní vlhkostí, tzv. suchý vzduch. Hodnota relativní vlhkosti pod 35% také působí negativně. Takový vzduch má tendenci vysoušet okolní prostředí a to včetně horních cest dýchacích a sliznic zvířat, jenž/které pak neplní svou ochranou funkci a dochází tak k respiračním problémům a zhoršení zdravotního stavu zvířat. Suchý vzduch je výrazným problémem především v chovech drůbeže, protože jejich organismus produkuje nízké množství vodní páry (Kic a Brož, 1995).

Tabulka 6: Doporučené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu v chovech drůbeže (Přikryl a kol., 1997)

| Kategorie zvířat | Hodnota relativní vlhkosti vzduchu | |
|----------------------|------------------------------------|--------------|
| | Optim. hodnota | Max. hodnota |
| Kuřata do 3 týdnů | Do 70% | 70% |
| Kuřata 3-8 týdnů | 50-70% | 75% |
| Kuřata 8-20 týdnů | 50-75% | 80% |
| Nosnice nad 20 týdnů | 50-75% | 85% |

1.5.3 Požadavky na rychlost proudění vzduchu

Proudění vzduchu spolu v kombinaci s jeho teplotou a vlhkostí výrazně ovlivňuje klima ve stáji. Proudění vzduchu způsobuje rychlou tepelnou ztrátu tepla povrchem těl zvířat, což může vést až k jejich podchlazení. Naopak ochlazovací účinek může být žádoucí například v letních měsících. Rychlost je tedy nutné volit dle ročního období. Rychlost proudění by měla být taková, aby dostatečně rychle probíhala výměna znečištěného stájového vzduchu za čistý. Je proto nutné haly pro drůbež vybavit sofistikovaným systémem pro regulaci rychlosti proudění vzduchu. Drůbež je obecně náchylná proti vysoké rychlosti vzduchu v zimních měsících. Naopak v letních měsících je zvyšování rychlosti proudění vzduchu nezbytné vzhledem ke špatné termoregulaci zvířat (Kic a Brož, 1995).

Tabulka 7: Doporučená rychlost proudění vzduchu v chovech drůbeže (Kic a Brož, 1995)

| Kategorie drůbeže | Doporučená rychlost proudění vzduchu ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) | |
|-------------------|---|-----------|
| | minimální | optimální |
| Do 5 týdnů | do 0,2 | 0,2 |
| Nad 5 týdnů | do 0,3 | 0,3 |

1.5.4 Mikroklima v chovu brojlerů

Mikroklimatické podmínky jsou pro každou kategorii drůbeže specifické. Při výkrmu kuřat (brojlerů) se bere v potaz relativně krátká doba od začátku výkrmu až po vyskladnění (35-40 dní). V prvních dvou až třech týdnech je nejdůležitější zajistit správnou teplotu a vlhkost vzduchu se správným světelným režimem pro daný typ chovaného hybridu. Teplota se udržuje na hodnotě 30-33 °C při optimální vlhkosti vzduchu 56 %. V druhé fázi výkrmu je důležité udržovat teplotu vzduchu 20 až 25 °C při vlhkosti vzduchu do 70 %. Během celého období nesmí dojít k překročení koncentrace stájových plynů a také k poklesu vlhkosti vzduchu pod 50 % a to ani během vytápění.

Před naskladněním haly je nutné vytápět prostor na teplotu 34 °C ve výšce 80 cm. Teplota se postupně sníží na 30 °C a udržuje se až do stáří kuřat 14 dnů. Poté se teplota snižuje každý den o 0,5 °C až na hodnotu 24 °C, která se následně udržuje. Ventilační systém by měl být konstruován tak, aby dokázal výměnu 3 m³ vzduchu za hodinu na 1kg živé hmotnosti zvířat.

V zimním období je důležité sledovat koncentraci stájových plynů a vlhkost vzduchu. Při nedostatečném větrání dochází k tzv. „ascites“, neboli hromadění vody v tělesné dutině. Následně u kuřat dochází k plicnímu otoku a srdeční hypertrofii (Brouček a kol., 2011).

1.5.5 Světelný režim v chovu brojlerů

Kuřata brojlerového typu jsou značně ovlivňována světelným režimem, který má značný vliv na jejich rychlost růstu a chování. Nejčastěji se využívá barevné světlo. Použitím osvětlení červené barvy se reguluje agresivita a kanibalismus. Naopak zelené až zelenomodré světlo zrychluje růst brojlerů. V praxi se tak využívá zeleného světla v raném stádiu výkrmu a pak se přechází na světlo modré, jenž snižuje aktivitu drůbeže.

Délka světelného režimu se mění i podle věku zvířat. Světelný režim se snižuje se stářím zvířat. První čtyři dny odchovu je doporučeno svítit nepřetržitě, v pátém dnu pak dodržet 6 hodin tmy a v šestém dnu 12 hodin. Naopak sedmý den pouze 1 hodinu tmy a osmý den 4 hodiny tmy. Od 9. do 35. dne odchovu je vhodné nastavit 8 hodin tmy denně, ke konci turnusu následně pouze 1 hodinu tmy.

Intenzita osvětlení také značně upravuje chování drůbeže. V současnosti je minimální intenzita osvětlení 20 luxů, která je postupně snižována až na 5 luxů na konci výkrmu. Pokud je využit světelný program se zkrácenou fotoperiodou, využívá se vyšší intenzity osvětlení přibližně 15 luxů. Při dlouhodobě nedostatečné intenzitě osvětlení (pod 5 luxů) dochází k degeneraci očí, jež může vést až k úplné slepotě (Brouček a kol., 2011).

1.5.6 Mikroklima v chovech nosnic

Vzhledem k faktu, že nosnice jsou již dospělými jedinci, mají již plně vyvinutou termoregulaci. Z tohoto důvodu se teplota ve stáji udržuje na úrovni 18-20 °C při relativní vlhkosti vzduchu 60-75 %.

Větším problémem je však dodržování vhodného světelného režimu stáje. V halách, které nejsou vybaveny okny, je tento problém eliminován, avšak v případě využití oken či výběhových chovů je tento problém značný. Délka a koordinace světelného režimu je přímo spjatá s produkcí vajec. Díky řízení světelného režimu v chovech nosnic lze snášku regulovat, což se promítá pozitivně do ekonomiky produkce. Výkon světelného zdroje by měl být v rozmezí 2-3 W·m⁻² ve věku 17.-78. týdne (Brouček a kol., 2011).

1.6 Prach, jeho zdroje a interakce s okolním prostředím

Částice prachu jsou spolu se škodlivými plyny nejvýznamnějším prvkem znečišťujícím atmosféru, který se významnou měrou negativně podílí na zdraví lidí a zvířat. Znečištění ovzduší pevnými částicemi (PM - particulate matter) je globálním a problematickým jevem především v zemích, které nedodržují ekologické a emisní limity. Koncentrace PM je způsobena lidskou činností a přírodními jevy. Částice, které jsou produktem lidské činnosti, jsou extrémně jemné, což je činní vysoce rizikovými (Yue a kol., 2006).

Experimentální výzkumy jasně prokázaly škodlivost jemných částic, konkrétně částic o průměru 10 μm a menších (PM 10). V roce 1994 byl proveden výzkum, který prokázal, významnou škodlivost velmi jemných částic (<0,1 μm) (Oberdorster a Utell, 2002).

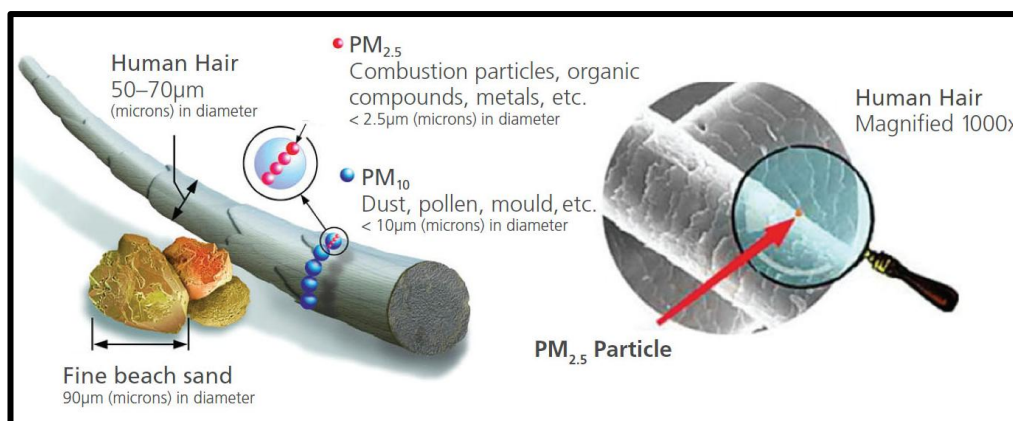
Posléze bylo prokázáno, že již částice PM 2,5 pronikají až do plicních alveol, kde se kumulují a mohou přecházet do krevního řečiště. Na takto jemné částice

se navíc vážou další škodliviny a toxické látky, které mají negativní zdravotní dopad. Dle WHO je koncentrace pevných částic v ovzduší PM 10 přibližně 80%. Z čehož je přibližně polovina tvořená částicemi PM 2,5 (Holoubek, 2007).

1.6.1 Typy prachových částic

Nejčastější rozdělení prachových částic byla vyvinuta americkou organizací pro ochranu přírody EPA, která rozděluje prachové částice podle jejich schopnosti pronikat do těl živých tvorů (Sullivan a Prather, 2005).

- Jemné částice (<2,5 μm): částice vzniklé při průmyslové výrobě, spalovacích procesech nebo chemickými reakcemi v atmosféře. Z chemického hlediska jsou částice tvořeny sloučeninami C, N, S, amonnými ionty, organickými a minerálními látkami, a různými oxidy kovů. V atmosféře tyto částice setrvávají dlouho dobu a díky své malé hrubosti mohou pronikat až do plicních alveol (Holoubek, 2007).
- Hrubé částice (2,5-10 μm): částice vzniklé mechanickou cestou např. při drcení větších částic. Částice se skládají hlavně z uhlíkatého popílku, oxidů kovů, různých minerálů a jejich oxidů. Nezanedbatelnou část tvoří i látky organického původu (jejich zdrojem jsou přírodní pochody a zemědělská činnost) (Holoubek, 2007).

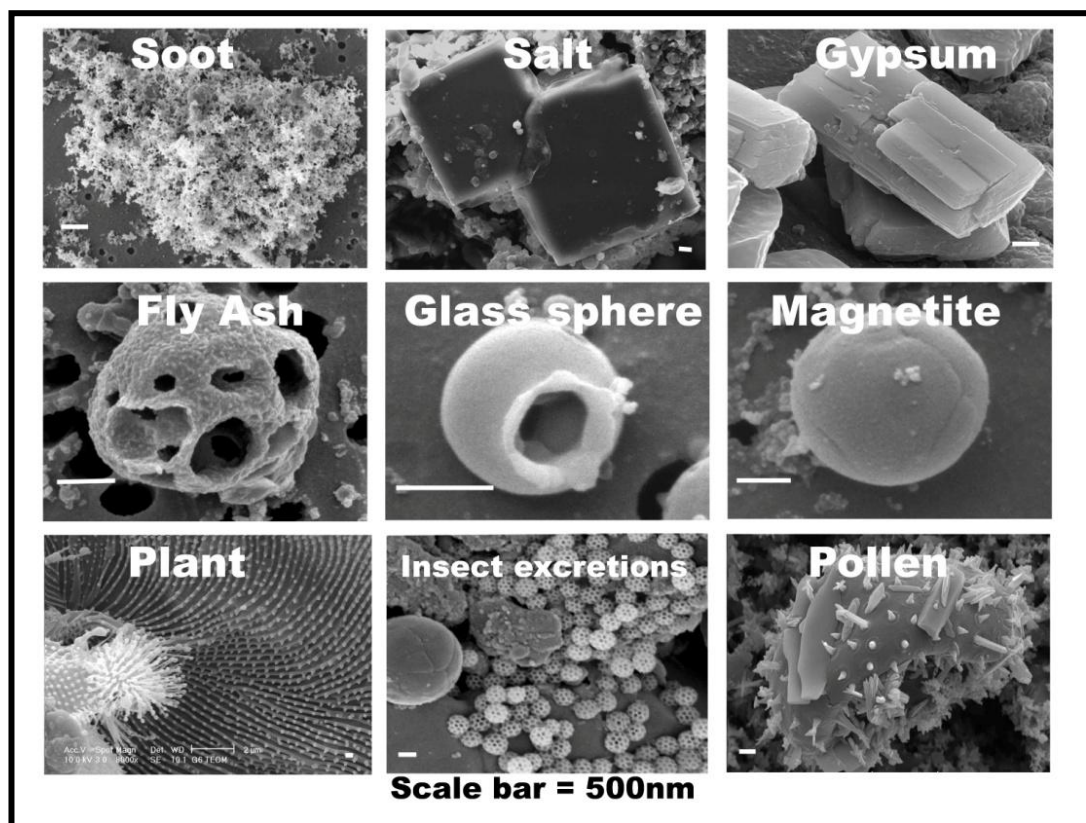


Obrázek 12: Ukázka velikosti prachových částic v porovnání s lidským vlasem (Kim a kol., 2014)

1.6.2 Tvar prachových částic

Tuhé částice, vzniklé spalováním, mohou mít různý tvar (jehlicovité, destičkovité aj.), to platí i pro ostatní typy prachových částic. Tvar prachových částic je značně variabilní. Tři základní typy tvaru prachových částic jsou:

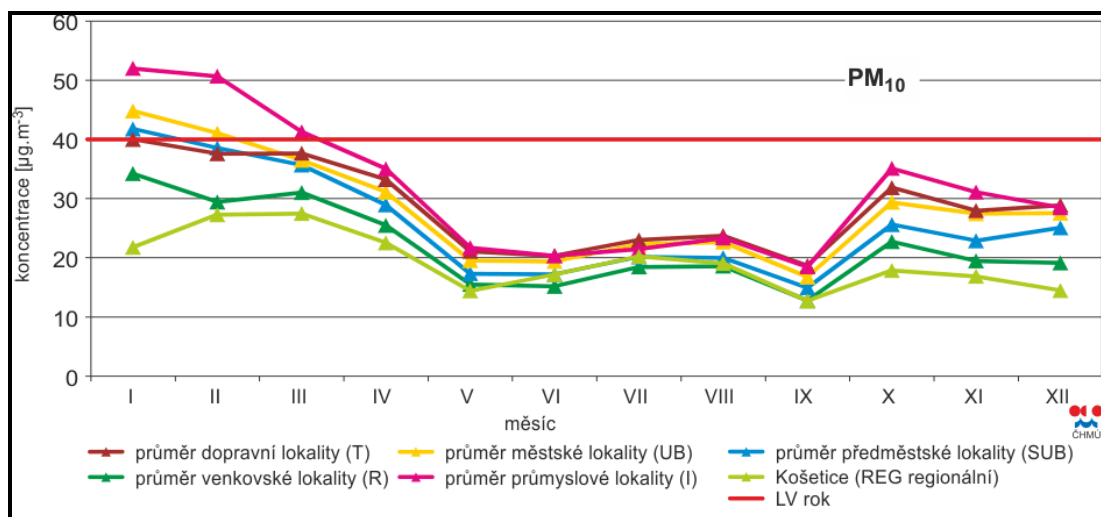
- Izometrické - jde o částice, které jsou pravidelně tvarované. Mají přibližně stejnou šířku, délku a výšku.
- Ploché laminární – tvar připomínající vločky nebo destičky (slída, laky a nátěrové hmoty, hobliny aj.).
- Vlákňité fibrilární – částice s tvarem tyčinek nebo jehliček (piliny, textilní vlákna, srst).



Obrázek 13: Tvary různých typů prachových částic (Improve LIFE, 2016)

1.6.3 Koncentrace částic ve vzduchu

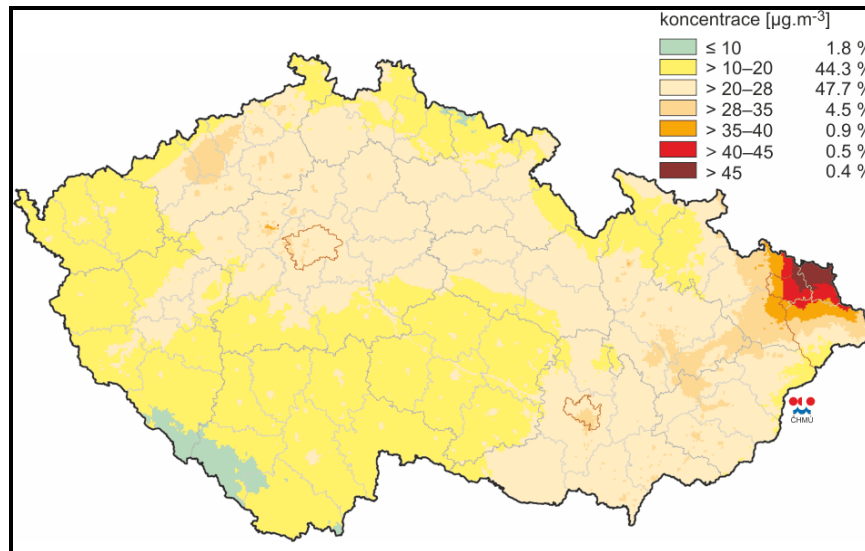
Původ prachových částic v atmosféře je dvojitý. Buď se do atmosféry dostanou v důsledku dějů na Zemi, nebo dojde k jejich vzniku až v atmosféře, proto částice obsažené ve vzduchu mají různý tvar, velikost a vlastnosti. Dalším nezanedbatelným vlivem jsou klimatické podmínky ve sledované oblasti či objektu. Koncentrace prachových částic ve vzduchu kolísá v průběhu celého roku (CHMI, 2013).



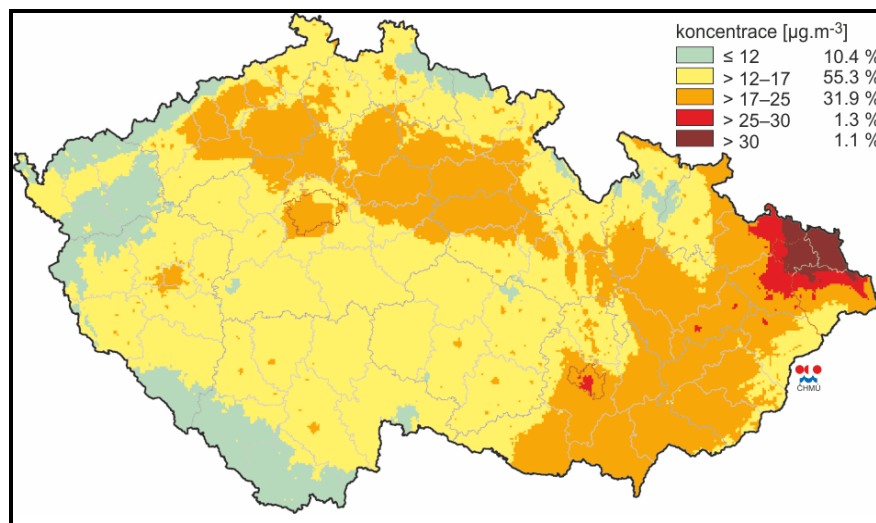
Obrázek 14: Koncentrace prachových částic v ovzduší v závislosti na ročním období a lokalitě (CHMÚ, 2013)

1.6.4 Koncentrace PM₁₀ a PM_{2,5} v České republice

Na měřicích stanovištích situovaných na venkově došlo ke zvyšování koncentrace PM 10 a 2,5. Pravděpodobně z důvodu zvyšující se ceny zemního plynu, elektřiny a LTO, se obyvatelé vrátili ke spalování hnědého a černého uhlí, také se zvýšila i spotřeba palivového dřeva. Poměr PM_{2,5}/PM₁₀ v roce 2005 se mění v průběhu roku, což odpovídá sezonnímu charakteru zdrojů prachových částic, jako např. teplárny, zemědělská činnost aj. Při spalovacích procesech dochází k většímu uvolnění částic PM_{2,5} mnohem více než při zemědělské činnosti nebo přírodních jevech. Nejvíce jsou znečištěny lokality na severu ČR z důvodů koncentrace těžkého průmyslu. V roce 2005 byl poměr PM_{2,5}/PM₁₀ 0,69-0,85 (EMEP, 2007).



Obrázek 15: Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací PM10 (ČR 2009-2013) (CHMI, 2013)



Obrázek 16: Pětiletý průměr ročních průměrných koncentrací PM2,5 (ČR 2009-2013) (CHMI, 2013)

1.6.5 Legislativní opatření pro ochranu ovzduší

Od roku 2002 vešel v platnost zákon o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. Díky tomu se přiblížila legislativa ČR legislativě EU. Hlavní změnou bylo zavedení plateb znečišťovatelům ovzduší. Tyto platby se odvíjí podle typu produkovaných částic a jejich množství. To pomohlo zavedení investic pro zlepšení technologií pro snižování emisí pevných částic v ovzduší. V roce 2012 byl tento zákon nahrazen zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, stanoví zejména práva a povinnosti provozovatelů zdrojů znečišťování ovzduší, nástroje ke snižování množství látek, které znečišťují ovzduší, působnost správních orgánů a opatření k nápravě a sankce.

Zákon č. 201/2012 Sb. byl novelizován zákonem č. 64/2014 Sb. (s účinností od 1. 5. 2014) a zákonem č. 87/2014 Sb. (s účinností od 1. 6. 2014) (MŽP, 2016).

1.6.6 Vliv prachových částic na zdraví

Prach rozptýlený v atmosféře není rizikový pouze kvůli své schopnosti zanášet dýchací ústrojí, ale i schopnosti vázat na sebe nebezpečné látky. Tyto látky jsou často klasifikovány jako toxické, mají tedy špatný dopad na zdravotní stav živých organismů. Na povrch prachových částic v ovzduší se navazují reaktivní organické látky jako alkany, alkeny, aromatické uhlovodíky, karbony, terpeny, isopren aj. (Holoubek, 2007). Způsobované zdravotní problémy jsou také závislé na velikosti částic, kdy jako nejnebezpečnější jsou brány jemné částice (Johansson, 2007).

Malé prachové částice jsou mnohonásobně nebezpečnější než velké. Částice malých rozměrů (1-2 μm) způsobují mutagenitu buněk, protože slouží jako vektor přenosu toxických látek, které mohou po vdechnutí prachových částic interagovat s tkáňovými buňkami plicních alveol (Monarca a kol., 1997; Hien a kol., 2007).

1.6.6.1 Zdravotní problémy spjaté s vystavením prašnému prostředí

- vysoký výskyt respiračních problémů: podráždění sliznic dýchacích cest a s tím spjatý kašel a dušnost
- poškození tvaru a funkce plicního epitelu, produkce hlenu, omezení samočisticí schopnosti plic
- retardace plicní funkce
- astmatické problémy, chronická bronchitida
- kardiovaskulární problémy
- zvýšená úmrtnost oslabených jedinců
- vyšší výskyt rakoviny plic

(Lemen a Dement 1979; Spurny, 1998; Holoubek 2007)

1.6.6.2 Ukládání jemných částic v respiračním ústrojí

Jak hluboko se částice mohou dostat do organismu je přímo spjaté s jejich fyzikálně chemickými vlastnostmi. Částice mají tendenci se v organismech ukládat různými způsoby

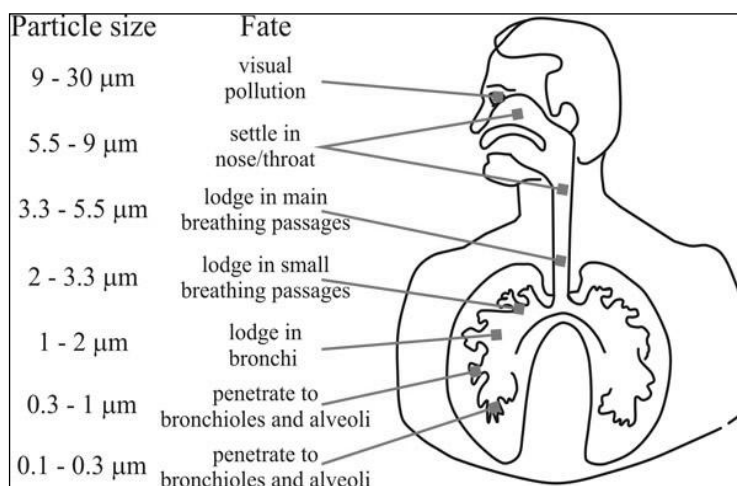
Npravděpodobnější místo ukládání v respiračním ústrojí

Typ ukládání:

Zachycení ($> 5 \mu\text{m}$): nejčastěji v horních cestách dýchacích

Náraz ($1 - 5 \mu\text{m}$): hromadění v průduškách, průdušnici

Sedimentace ($< 1 \mu\text{m}$): pronikání až do plicních alveol a jejich zanášení (CCOHS, 2012).



Obrázek 17: Distribuce prachových částic v dýchacím ústrojí člověka, dle jejich velikosti (CCOHS,2012)

1.6.7 Vliv prachu na životní prostředí

Prachové částice rozptýlené v atmosféře nemají vliv jen na živé organismy, ale způsobují i různé klimatické jevy a problémy. Prach v atmosféře způsobuje odraz části slunečního záření a má za následek ochlazování zemského povrchu.

Prachové částice fungují také jako kondenzační jádra pro vodní páry. Jsou však natolik malá že dochází pouze ke vzniku kapek na mikroskopické úrovni. Při zvýšeném počtu kondenzačních jader a za konstantního množství vodní páry v atmosféře se tvoří velký počet malých kapiček, které však nejsou dostatečně hmotné, aby byly přitaženy k zemi v podobě deště. Naopak zůstávají v atmosféře v podobě mraků, které také odráží sluneční záření (Ramanathan a kol., 2001).

Dalším velice známým důsledkem je smog. Smog je silné znečištění atmosféry produkty ze spalovacích a klimatických procesů látkami jako např. oxidy síry, dusíku a prachových částic. Ty v atmosféře společně vytváří aerosol, který poškozují dýchací sliznice a snižuje viditelnost. Takový smog je nazýván jako redukční, popř. londýnský smog. Druhým typem je oxidační smog, při němž dochází k rozkladu NO_2 na NO a O . Kyslík se poté slučuje se vzdušným O_2 a dochází ke vzniku ozonu O_3 (Kalač, 2010).

Další dopady:

- Snížení viditelnosti: dohled je snížen v důsledku odrazu slunečního světla. Např. sírany mají vysokou odrazivou schopnost. Tento jev je navíc zesílen vysokou vlhkostí vzduchu.
- Poškození povrchů: při styku s různými povrchy může docházet k různým chemickým reakcím. Může docházet i k abrazi v důsledku proudění vzduchu, jenž unáší prachové částice, které povrchy obrušují.

(EPA, 2014)



Obrázek 18: Smog ve městě Lianyungang, Čína (EPA, 2014)

1.6.8 Zdroje prachových částic v chovech drůbeže

Ve stájovém prostředí se s největší pravděpodobností vyskytují prachové částice organického původu. Prachové částice rostlinného a živočišného původu by měly mít ve stájovém vzduchu největší podíl vzhledem k vysoké koncentraci těchto zdrojů ve stáji.

Hlavní zdroje prachových částic:

- podestýlka
- krmivo
- aktivita zvířat
- pohyblivé části a zařízení stáje
- části epitelu, srsti a peří
- minerální látky a nerosty z konstrukce objektu

(Celjak, 2015)

1.6.9 Hodnoty prašnosti z velkochovů drůbeže

V okolí objektů s chovem hospodářských zvířat dochází k ukládání prachových částic všech rozměrů: hrubé ($>10 \mu\text{m}$), střední ($1-10 \mu\text{m}$), jemné ($1 \mu\text{m}$). Prachové částice se po opuštění objektu šíří do různých vzdáleností. Na uvolňování prachových částic do ovzduší pozitivně působí vyšší teplota, snížení vlhkosti vzduchu, vyšší proudění vzduchu a nižší tlak vzduchu. Naopak na sedimentaci prachu působí pozitivně zvýšení vlhkosti vzduchu, nízká rychlost proudění vzduchu, vyšší atmosférický tlak. Např. netto emise naměřené v roce 2011 v Čekanicích u Tábora byly na úrovni $2,98 \text{ g}\cdot\text{ks}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ pro PM 10 a $2,79 \text{ g}\cdot\text{ks}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ pro PM 2,5 (Jelínek a kol., 2012).

1.7 Metody určování zdroje znečištění ovzduší

Základem metody je nepřetržité sledování, které se označuje jako receptorové modelování. Jde o sledování všech proměnných potřebných pro statistickou analýzu. Receptorové modely jsou vhodné pro výzkumné účely, návrhy a implementaci určitých opatření ke snížení znečištění ovzduší. V kombinaci s fyzikálně-chemickými rozbory dnes tyto modely zohledňují i koncentraci škodlivých plynů aj. V současnosti americká organizace EPA doporučuje tři základní metody.

CMB (Chemical Mass Balance)

Je založen na detailní chemické analýze a emisním profilu zdroje znečištění. Nevýhodou této metody je, že blízko u sebe situované zdroje od sebe nejsou jednoznačně rozeznatelné. Pro přesné určení je nutné opakované měření, aby byl

vytvořen emisní profil jednoho zdroje. CMB neumožňuje ani analýzu časové variability. Emisní otisk zdroje je neměnný pouze za určitých podmínek.

UNMIX (EPA UNMIX) model

Matematicky rozkládá koncentrace chemických charakteristik, aby byl zjištěn příspěvek jednotlivých zdrojů. Chemické profily jsou generovány pomocí matematických postupů využívajících faktorovou analýzu. Umožňuje tedy matematický odhad počtu zdrojů a chemické složení emisí.

PMF (Positive Matrix Factorization)

Základem je faktorová analýza využívající lineární korelaci mezi velkým množstvím proměnných do menšího počtu faktorů. Jde o nejrozšířenější typ analýzy i přesto, že v určitých případech nedokáže jednoznačně určit zdroj znečištění (Braniš a kol., 2015).

1.8 Metody stanovení prašnosti vzduchu ve stájích

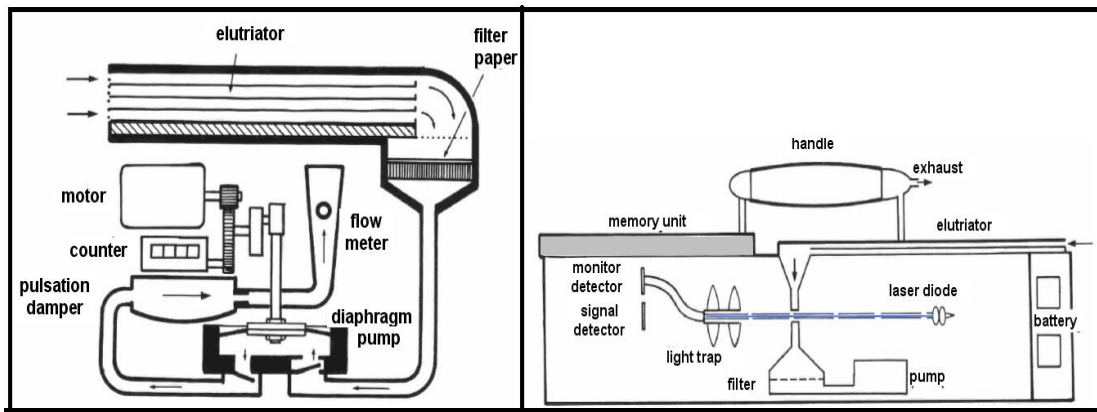
Pro stanovení obsahu prachových částic ve vzduchu se nejčastěji využívají dvě základní metody. První metodou je jednoduchá vizuální metoda. Ta je vhodná pouze pro částice s většími rozměry. U odebraných částic se poté testují jejich fyzikální a chemické vlastnosti. Výsledky se následně statisticky vyhodnocují. Tato metoda je velice nákladná a náročná na vybavení i čas. Provozně výhodnější jsou metody optické (fotometrické). Jejichž základem je zjišťování změn v toku světelných částic. Je možné měnit vlastnosti světelného zdroje, a využít tak rozdílného odrazu různých typů částic. Tato metoda slouží k okamžitému zjištění stavu ovzduší (Brhel, 2005).

Metody pro měření prašnosti:

Gravimetrické (sedimentační, metody filtrů)

Koniometrické (absorpce v kapalinách, číselné- počítání na sklíčcích, filtrech aj.)

Fotometrické



Obrázek 19: Schéma měřících přístrojů (zleva gravimetrický přístroj, fotometrický přístroj)

2 Experimentální část

Skládá se ze tří částí:

Měření prašnosti v chovech drůbeže: jde o měření a vyhodnocení dle platné metodiky, díky kterému se prokáže, zda provozy nepřekračují produkci emisních limitů.

Analýza prachových částic: jedná se o mikroskopickou analýzu, která určuje složení stájového prachu.

Statistické vyhodnocení dat: zjišťuje závislost mezi vstupy a výstupy ve stáji. A zjišťuje porovnání mezi jednotlivými stáji.

2.1 Měření prašnosti v chovech drůbeže

Metodika měření prašnosti v chovech drůbeže

Metodika měření vychází z Metodiky měření prašnosti v chovech zvířat přístrojem DustTrak, kterou v roce 2015 vypracoval Ing. Ivo Celjak, CSc.

Metodika měření je založena na základě platných technických norem ČR, které zároveň splňují požadavky evropských normám. Obě níže uvedené normy se zabývají částicemi, které se dostávají v dýchacím ústrojí až za oblast hrtanu.

- ČSN EN 12 341: Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM10 aerosolových částic - Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody.
- ČSN EN 14 907: Kvalita ovzduší – Normovaná gravimetrická metoda stanovení frakce PM2,5 aerosolových částic. Stanovení prašnosti vychází z gravimetrické metody, doplněné systémy pro sledování „on-line“.

Pro zajištění správného průběhu měření a zajištění jeho průkaznosti, je nutné dodržet následující požadavky, pro zjištění hodnot koncentrace prachových částic za podmínek panujících ve stáji.

Požadavky na měření

- před měřením a po ukončení měření se provede měření koncentrace prachových částic na výstupu a vstupu (návětrná strana) vzdušiny do objektu
- zjištění počtu kusů zvířat „k“ při měření

- zjištění průměrné hmotnosti 1 kusu zvířete
- vypočítá se celková hmotnost „ m “ kusů zvířat ve stáji
- zjištění délky výkrmového cyklu
- zjištění počtu turnusů za rok (kolik dní „ D_z “ je hala obsazena)
- specifikovat technologii ustájení a pořídit nákres s označením jednotlivých měřících míst (charakter podestýlky, zda se vyklízí v průběhu výkrmu)
- charakterizovat krmivo (označení) a způsob distribuce
- technické parametry vzduchotechnického zařízení (výkonnost v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
- po provedeném měření je uskutečněn záznam v grafické i početní podobě
- následný výpočet veličin dle níže uvedených vzorců

2.1.1 Měření koncentrace prachu v objektu s ustájenými zvířaty

Měří se koncentrace prachových částic PM10/PM2,5. Emise prachových částic se stanovují ve formě brutto emise a netto emise. Brutto emise se skládají z částic, které vznikly činností zvířat a technologických operací přímo ve stáji včetně imise částic obsažených přímo ve vzduchu, který je do stáje nasávány ventilací. Netto emise jsou složeny z částic, které vznikly činností zvířat a technologických operací přímo ve stáji, bez částic obsažených v nasávaném vzduchu z okolního prostředí.

Brutto emise:

$$E_{FB} = k_F \cdot Q [\text{mg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4)$$

Kde: E_{FB} = produkce prachu příslušné frakce

k_F = koncentrace příslušné frakce ve vzduchu [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Q = celkový průtok vzduchu měřeným objektem za 1 h [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

Netto emise:

$$E_{FN} = (k_{out} - k_{in}) \cdot Q [\text{mg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (5)$$

Kde: E_{FN} = emise frakce z objektu

k_{out} = koncentrace frakce prachu ve výdechu odsávacích ventilátorů [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]

k_{in} = koncentrace frakce prachu na vstupu do objektu (ve štěrbině) [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Q = průtok vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

Přepočít hodínové produkce na denní produkci:

$$Q_D = F_{FN} \cdot 24 \text{ [mg} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (6)$$

Kde: 24 = 1 den

Přepočít emise na 1 ks za den:

$$E_{KS} = Q_D \cdot k^{-1} \text{ [mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (7)$$

Kde: k = celkový počet kusů zvířat ve stáji (ks)

Přepočít emise na 1 kg živé hmotnosti za den

$$E_{KG} = Q_D \cdot m^{-1} \text{ [mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}] \quad (8)$$

Kde: m = celková hmotnost zvířat ve stáji (kg)

Výpočet výrobní měrné emise (emisního faktoru) za rok

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot E_{KS} \cdot D_Z \text{ [kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (9)$$

Kde: D_Z = počet dní zástavu zvířat v objektu během kalendářního roku ($\text{den} \cdot \text{rok}^{-1}$)

2.2 Vyžité měřicí přístroje

- monitor aerosolů DustTrak 8530 II
Princip: Odraz laserového paprsku od částic v měřicí buňce a následné elektronické vyhodnocení
- Anemometr
- Teploměr
- Vlhkoměr
- Pokud to vybavení umožňuje, údaje budou odečteny s řídicích systémů

2.2.1 Technické parametry Monitoru aerosolů Dust Trak 8530 II

Výrobce: TSI Incorporated (USA)

Princip: Odraz laserového paprsku od částic v měřicí buňce a následné elektronické vyhodnocení

Rozsah měření: 0,001–150 mg · m⁻³

Rozsah velikosti částic: 0,1–15 μm

Členění:

PM10 – prachové částice (tuhé i kapalné) do průměru 10 μm

PM2,5 2,5 μm

PM 1 μm

Respiratorní 4 μm

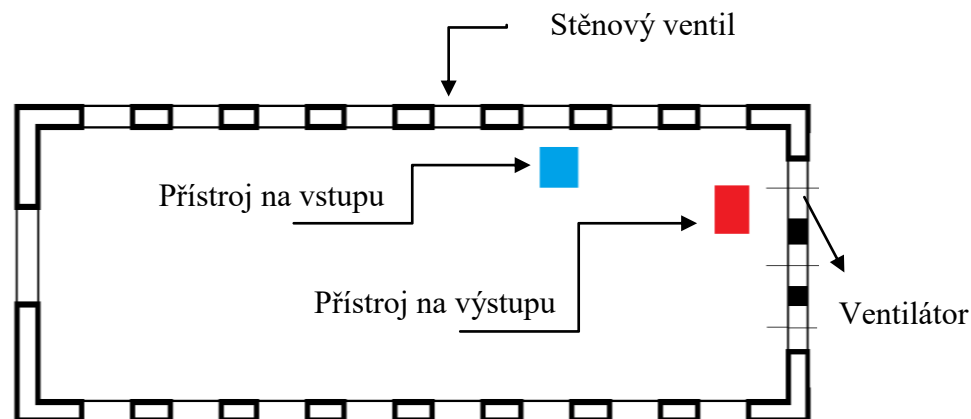
Přesnost měření: na 0,001 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

2.2.2 Umístění a nastavení měřících přístrojů ve stáji s tunelovou ventilací

Ve stájích s tunelovou ventilací se přístroj umísťuje před stěnu s ventilátory, ve vzdálenosti 1-2 m a v úrovni osy ventilátoru. Přístroj je umístěn na vyšší objekt např. dvojitý žebřík, nebo na improvizovaný podstavec. Měřicí přístroj slouží k měření koncentrace prachových částic ve znečištěném stájovém vzduchu, který je odváděn ze stáje.

Pro umístění druhého měřicího přístroje je nutno zvolit nejreprezentativnější místo. Vzhledem k různým stavebním řešením ustájovacích objektů a vzhledem k rozmanitosti technologií ustájení, jsou měřicí místa velice rozdílná a nelze tedy jednoznačně stanovit jejich pozici shodnou pro všechny typy objektů. Přístroj je zavěšen, co nejbližší stěnovému ventilu a impaktorem nasměrován do štěrbin. Zároveň však nesmí narušit funkci stěnového ventilu. Tento měřicí přístroj měří koncentraci prachových částic ve vzduchu, který je přiveden z okolního prostředí do stáje. Přístroj musí být umístěn na vhodném místě proto, aby byl zajištěn spolehlivý, sběr relevantních dat a nebyl narušen režim stáje.

Přístroj byl nastaven pro snímání koncentrace prachových částic po dobu 24 hodin v intervalu každé tři vteřiny. Výsledná hodnota koncentrace určité frakce prachu k_F se vypočte jako geometrický průměr pro n naměřených hodnot k_{F1} - k_{Fn} v jedné hale.



Obrázek 20: Schéma stáje s rozmístěním měřicích přístrojů (Adamovský, 2016)

2.3 Měření prašnosti v provozu

2.3.1 Měření prašnosti v Mezinárodní testovací stanici drůbeže Ústrašice

Krmení

Kuřata jsou krmena kompletní krmnou směsí EVONIK pro dokrm brojlerů od 29. do 42. dne věku s označením BR 2 – G3 až 9. Směs je zkrmována v suché formě. Krmná směs je z pytlů ručně doplňována do závěsných miskových krmítek. Pytle jsou umístěny v uličce u příslušného boxu.

Napájení

Je řešeno miskovými napáječkami vždy v počtu 7 pro jeden box.

Ustájení

Kuřata jsou chována v 60 otevřených boxech ve stáji. Ta je rozdělena na dvě části středovou uličkou. V jednom boxu je ustájeno 130 ks kuřat. Podlaha je betonová s podestýlkou, kterou tvoří směs hoblin. Měření bylo prováděno ve 26. boxu. V době měření byl počet kuřat ve stáji: 7800 ks. Stáří kuřat bylo 21 dní.



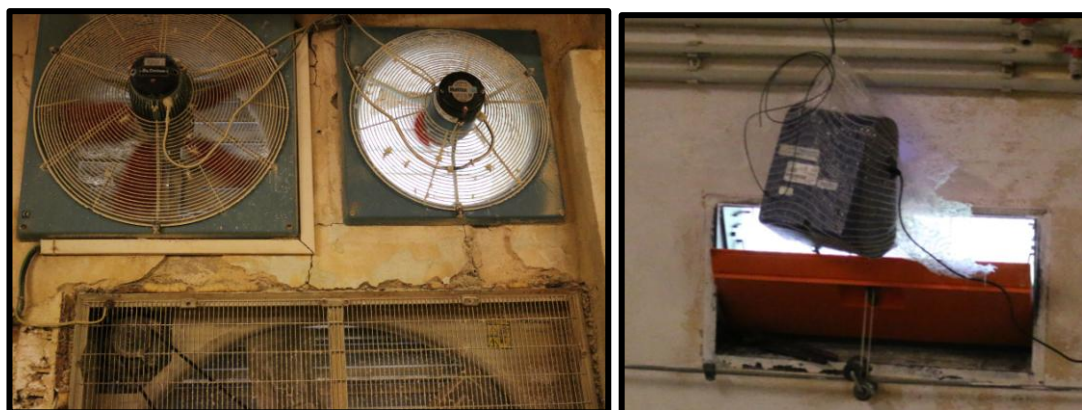
Obrázek 21: Boxové ustájení v hale Ústrašice (Adamovský, 2015)

Ventilace

Jde o podtlakový ventilační systém, který využívá čtyři axiální ventilátory, jež jsou umístěny ve štítu stáje. Přívod vzduchu je regulován stěnovými ventily na obou bočních stěnách. Ventilátory mají celkovou teoretickou výkonnost $36\,050\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ při tlaku 50 kPa.

V době měření bylo v hale otevíráno 16 stěnových ventilů v závislosti na vnitřní teplotě. Rozměr ventilu je $0,60 \times 0,35\text{ m}$. Plocha stěnového ventilu je $S = 0,2100\text{ m}^2$. Celková plocha stěnových ventilů $S\text{ (m}^2\text{)}$ pro stáj je $3,368\text{ m}^2$. V době měření byly využívány pouze dva ventilátory, z nichž ventilátor Multifan M4E50A0M byl v činnosti kontinuálně a ventilátor Big Dutchman 6E 63 byl v činnosti v závislosti na úrovni vnitřní teploty.

Pro zjištění celkového průtoku vzduchu byla měřena rychlost proudění nasávaného vzduchu $v\text{ (m}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$ pro každý ventilátor. Průměrná rychlost proudění vzduchu pro ventilátor Multifan byla $6,67\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pro ventilátor Big Dutchman byla rychlost proudění vzduchu $5,28\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Plocha průřezu otvoru $S\text{ (m}^2\text{)}$ ventilátoru Multifan je $0,2375\text{ m}^2$, ventilátoru Big Dutchman $0,4416\text{ m}^2$. Pro výpočet průtoku vzduchu byl použit vzorec: $Q = S \cdot v$. Hodnota průměrného průtoku vzduchu Q v době měření byla $13\,250,6\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.



Obrázek 22: Ventilátory v hale v Ústrašicích a umístění měřicího přístroje Dustrak u stěnového ventilu (Adamovský, 2015)

Naměřené hodnoty

Přístroj č. 2 (prostor před ventilátory):

Průměrná hodnota koncentrace prachových emisí za 24 h: $0,210\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$

Přístroj č. 1 (prostor za stěnovým ventilem):

Průměrná hodnota koncentrace prachu imisní za 24 h: $0,037\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$

Tabulka 8: Vedlejší hodnoty z měření v Ústrašicích

| Veličina | Průměrná hodnota | Jednotka |
|-----------------------------|------------------|----------------------|
| Teplota vzduchu uvnitř haly | 23,2 | (°C) |
| Teplota vzduchu vně haly | 16,6 | (°C) |
| Vlhkost vzduchu uvnitř haly | 76,4 | (%) |
| Vlhkost vzduchu vně haly | 82,6 | (%) |
| Rychlost proudění vzduchu | 0,1 | (m.s ⁻¹) |
| Tlak vzduchu | 999,3 | (hPa) |

Výpočet sledovaných hodnot

Výpočet netto emise za hodinu

$$E_{FN} = (k_{out} - k_{in}) \cdot Q \text{ [mg} \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

Kde: E_{FN} = emise frakce z objektu

k_{out} = koncentrace frakce prachu ve výdechu odsávacích ventilátorů [mg·m⁻³]

k_{in} = koncentrace frakce prachu na vstupu do objektu (ve štěrbině) [mg·m⁻³]

Q = průtok vzduchu [m³·h⁻¹]

$$E_{FN} = (0,210 - 0,037) \cdot 13\,250,6 = \underline{\underline{2\,292,35 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1}}}$$

Přepočítání hodinové produkce na denní produkci:

$$Q_D = E_{FN} \cdot 24 \text{ [mg} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$$

Kde: 24 = 1 den

$$Q_D = 2\,292,35 \cdot 24 = \underline{\underline{55\,016,49 \text{ mg} \cdot \text{den}^{-1}}}$$

Přepočítání emise na 1 ks za den:

$$E_{KS} = Q_D \cdot k^{-1} \text{ [mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$$

Kde: k = celkový počet kusů drůbeže v hale (ks)

$$E_{KS} = 55\,016,49 / 7\,800 = \underline{\underline{7,05 \text{ mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}}}$$

Výpočet výrobní měrné emise (emisního faktoru) za rok:

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot E_{KS} \cdot D_Z \text{ [kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}\text{]}$$

Kde: D_Z = počet dní zástavu kuřat v objektu během kalendářního roku (den·rok⁻¹)

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot 7,05 \cdot 365 = \underline{\underline{0,00257 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}}}$$

Vyhodnocení měření

Výsledný emisní faktor byl porovnán s hodnotami předepsanými pro emise z ustájení drůbeže spojené s BAT-AEL, dle dokumentu Final TWG meeting for the review of the IRPP BREF.

Tabulka 9: Úrovně emisí dle s BAT- AEL pro emise prachu z ustájení drůbeže

| Parametr | Kategorie drůbeže | BAT – AEL (kg dust/animal/year) |
|----------|-------------------|---------------------------------|
| Prach | Nosnice | 0,03 – 0,06 |
| Prach | Brojleři | < 0,02 |
| Prach | Kachny | < 0,05 |

Tabulka 10: Srovnání stanovených a naměřených hodnot v chovech drůbeže

| Parametr | Kategorie drůbeže | BAT – AEL (kg dust/animal/year) | Naměřené hodnoty (kg·ks ⁻¹ ·rok ⁻¹) Ústrašice |
|----------|-------------------|---------------------------------|---|
| Prach | Brojleři | < 0,02 | 0,00257 |

Hodnoty úrovně emisí spojené s BAT-AEL pro emise prachu z ustájení drůbeže na maso nebyly v hale farmy Ústrašice překročeny.

2.3.2 Měření prašnosti na Farmě u lesa v Sudoměřicích u Bechyně I.

Krmení

Kuřata jsou krmena kompletní granulovanou krmnou směsí s označením BR-1 Ross do 12 dní stáří kuřete, BR 2A Cobb do 21 dní stáří kuřete, BR – 2B Cobb do 30 dní stáří kuřete a BR 3 Cobb do konce výkrmu. Směs je zkrmována v suché formě. Misková krmítka jsou připevněna přímo na šnekovém dopravníku pro krmivo a ten tvoří pohyblivou konzoly. Krmná směs je do krmítek automaticky doplňována. Délka výkrmového cyklu je 34 dní, 12 dní na odstranění a doplnění nové podestýlky, 238 dní zástavu drůbeže v objektu během kalendářního roku.

Napájení

Je řešeno kapátkovými napáječkami připevněnými na konzoly s krmítky.

Ustájení

Kuřata jsou chována v jedné hale. Rozměry haly: délka 102 m, šířka 15 m, výška 3 m. Podlaha je betonová s podestýlkou z řezané slámy. V době měření byl počet kuřat ve stáji 26 500 ks. Stáří kuřat při měření bylo 29 dní. Průměrná hmotnost kuřat byla 1,4 kg.



Obrázek 23: Hala v Sudoměřicích I., vlivem blesku fotoaparátu jsou viditelné částice polétavého prachu (Adamovský, 2016)



Obrázek 24: Krmení suchou formou krmiva miskovým krmítkem na šnekovém dopravníku (Adamovský, 2016)

Ventilace

Ventilační systém je podtlakový s pěti axiálními ventilátory v průčelí stáje. V době měření byl v činnosti pouze jeden ventilátor firmy Big Dutchman s teoretickou výkonností $Q_t = 44\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Přiváděný vzduch je regulován celkem 60 stěnovými ventily v bočních stěnách, na každé stěně 30 ventilů.

Ventilátor byl v činnosti v závislosti na vývoji vnitřní teploty. Chod ventilátoru byl pravidelný v cyklu po dobu 24 hodin: chod ventilátoru 1 minuta, odstávka 5 minut. Na základě tohoto cyklu byla stanovena průměrná hodnota skutečného průtoku vzduchu $Q = 7\,304 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Režim chodu ventilátorů byl odečten z paměti řídicí jednotky a skutečná hodnota tvořila 16,6% podíl z teoretického průtoku.



Obrázek 25: Ventilátorová sestava v hale Sodoměřice I. s umístěným přístrojem Dustrak (Adamovský, 2016)

Naměřené hodnoty

Přístroj č. 2 (prostor před ventilátory):

Průměrná hodnota koncentrace prachu emisní za 24 h: $0,670 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$

Přístroj č. 1 (prostor za stěnovým ventilem):

Průměrná hodnota koncentrace prachu imisní za 24 h: $0,029 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$

Tabulka 11: Doplňující hodnoty naměřené v Sudoměřicích I.

| Veličina | Průměrná hodnota | Jednotka |
|-----------------------------|------------------|----------------------|
| Teplota vzduchu uvnitř haly | 23,8 | (°C) |
| Teplota vzduchu vně haly | 10,6 | (°C) |
| Vlhkost vzduchu uvnitř haly | 59,4 | (%) |
| Vlhkost vzduchu vně haly | 62,6 | (%) |
| Rychlost proudění vzduchu | 0,1 | (m·s ⁻¹) |
| Tlak vzduchu | 1002,1 | (hPa) |

Výpočet sledovaných hodnot

Výpočet netto emise za hodinu

$$E_{FN} = (k_{out} - k_{in}) \cdot Q \text{ [mg} \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

Kde: E_{FN} = emise frakce z objektu

k_{out} = koncentrace frakce prachu ve výdechu odsávacích ventilátorů [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]

k_{in} = koncentrace frakce prachu na vstupu do objektu (ve štěrbině) [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Q = průtok vzduchu [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]

$$E_{FN} = (0,670 - 0,029) \cdot 7\,304 = \underline{\underline{4\,681,8 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1}}}$$

Přepočítání hodinové produkce na denní produkci:

$$Q_D = E_{FN} \cdot 24 \text{ [mg} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$$

Kde: 24 = 1 den

$$Q_D = 4\,681,8 \cdot 24 = \underline{\underline{112\,364,7 \text{ mg} \cdot \text{den}^{-1}}}$$

Přepočítání emise na 1 ks za den:

$$E_{KS} = Q_D \cdot k^{-1} \text{ [mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$$

Kde: k = celkový počet kusů drůbeže v hale (ks)

$$E_{KS} = 112\,364,7 / 26\,500 = \underline{\underline{4,24 \text{ mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}}}$$

Výpočet výrobní měrné emise (emisního faktoru) za rok:

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot E_{KS} \cdot D_Z \text{ [kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}\text{]}$$

Kde: D_Z = počet dní zástavu kuřat v objektu během kalendářního roku ($\text{den} \cdot \text{rok}^{-1}$)

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot 4,24 \cdot 238 = \underline{\underline{0,00101 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}}}$$

Vyhodnocení měření

Výsledný emisní faktor byl porovnán s hodnotami předepsanými pro emise z ustájení drůbeže spojené s BAT-AEL, dle dokumentu Final TWG meeting for the review of the IRPP BREF.

Tabulka 9: Úrovně emisí dle s BAT- AEL pro emise prachu z ustájení drůbeže

| Parametr | Kategorie drůbeže | BAT – AEL (kg dust/animal/year) |
|----------|-------------------|---------------------------------|
| Prach | Nosnice | 0,03 – 0,06 |
| Prach | Brojleři | < 0,02 |
| Prach | Kachny | < 0,05 |

Stanovené hodnoty v dokumentu Final TWG meeting for the review of the IRPP BREF a naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č 12.

Tabulka 12: Srovnání stanovených a naměřených hodnot v chovu Sudoměřice I.

| Parametr | Kategorie drůbeže | BAT – AEL (kg dust/animal/year) | Naměřené hodnoty (kg·ks ⁻¹ ·rok ⁻¹) |
|----------|-------------------|---------------------------------|--|
| Prach | Brojleři | < 0,02 | 0,00101 |

Hodnoty úrovně emisí spojené s BAT-AEL pro emise prachu z ustájení drůbeže na maso nebyly v hale Farmy u lesa a.s. překročeny.

2.3.3 Měření prašnosti na Farmě u lesa v Sudoměřicích u Bechyně II.

Krmení

Parametr shodný s prvním měřením na Farmě u lesa.

Napájení

Parametr shodný s prvním měření na Farmě u lesa.

Ustájení

Kuřata jsou chována v jedné hale. Rozměry haly: délka 102 m, šířka 15 m, výška 3 m. Podlaha je betonová. Podestýlku tvoří řezaná sláma. V době měření byl počet kuřat 24 980 ks. Stáří kuřat při měření bylo 20 dní. Průměrná hmotnost kuřat byla 800 g.



Obrázek 26: Zvířata ustájená v Sudoměřicích II., povšimněte si zeleného světla (Adamovský, 2016)

Ventilace

Parametr shodný s prvním měření na Farmě u lesa.

Naměřené hodnoty

Přístroj č. 1 (prostor před ventilátorem):

Průměrná hodnota koncentrace prachu emisní za 24 h: $0,332 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$

Přístroj č. 2 (prostor před stěnovým ventilem):

Průměrná hodnota koncentrace prachu imisní za 24 h: $0,241 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$

Tabulka 13: Doplňkové hodnoty naměřené v Sudoměřicích II.

| Veličina | Průměrná hodnota | Jednotka |
|-----------------------------|------------------|----------------------|
| Teplota vzduchu uvnitř haly | 25,8 | (°C) |
| Teplota vzduchu vně haly | 12,1 | (°C) |
| Vlhkost vzduchu uvnitř haly | 71,6 | (%) |
| Vlhkost vzduchu vně haly | 81,6 | (%) |
| Rychlost proudění vzduchu | 0,12 | (m·s ⁻¹) |
| Tlak vzduchu | 994 | (hPa) |

Výpočet sledovaných hodnot

Výpočet netto emise za hodinu

$$E_{FN} = (k_{out} - k_{in}) \cdot Q \text{ [mg} \cdot \text{h}^{-1}\text{]}$$

Kde: E_{FN} = emise frakce z objektu

k_{out} = koncentrace frakce prachu ve výdechu odsávacích ventilátorů [mg·m⁻³]

k_{in} = koncentrace frakce prachu na vstupu do objektu (ve štěrbině) [mg·m⁻³]

Q = průtok vzduchu [m³·h⁻¹]

$$E_{FN} = (0,332 - 0,241) \cdot 7\,304 = \underline{\underline{664,6 \text{ mg} \cdot \text{h}^{-1}}}$$

Přepočet hodinové produkce na denní produkci:

$$Q_D = E_{FN} \cdot 24 \text{ [mg} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$$

Kde: 24 = 1 den

$$Q_D = 664,6 \cdot 24 = \underline{\underline{15\,951,9 \text{ mg} \cdot \text{den}^{-1}}}$$

Přepočet emise na 1 ks za den:

$$E_{KS} = Q_D \cdot k^{-1} \text{ [mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}\text{]}$$

Kde: k = celkový počet kusů drůbeže v hale (ks)

$$E_{KS} = 15\,951,9 / 24\,980 = \underline{\underline{0,638 \text{ mg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}}}$$

Výpočet výrobní měrné emise (emisního faktoru) za rok:

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot E_{KS} \cdot D_Z \text{ [kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}\text{]}$$

Kde: D_Z = počet dní zástavu kuřat v objektu během kalendářního roku (den·rok⁻¹)

$$E_{VM} = 10^{-6} \cdot 0,638 \cdot 238 = \underline{\underline{0,001518 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}}}$$

Vyhodnocení měření

Výsledný emisní faktor byl porovnán s hodnotami předepsanými pro emise z ustájení drůbeže spojené s BAT-AEL, dle dokumentu Final TWG meeting for the review of the IRPP BREF.

Tabulka 9: Úrovně emisí dle s BAT- AEL pro emise prachu z ustájení drůbeže

| Parametr | Kategorie drůbeže | BAT – AEL (kg dust/animal/year) |
|--------------|-------------------|---------------------------------|
| Prach | Nosnice | 0,03 – 0,06 |
| Prach | Brojleři | < 0,02 |
| Prach | Kachny | < 0,05 |

Tabulka č. 13: Srovnání stanovených a naměřených hodnot v chovu Sudoměřice II.

| Parametr | Kategorie drůbeže | BAT – AEL (kg dust/animal/year) | Naměřené hodnoty (kg·ks ⁻¹ ·rok ⁻¹) |
|----------|-------------------|---------------------------------|--|
| Prach | Brojleři | < 0,02 | 0,001518 |

Hodnoty úrovně emisí spojené s BAT-AEL pro emise prachu z ustájení drůbeže na maso nebyly v hale Farmy u lesa a.s. překročeny.

2.3.4 Vyhodnocení měření

V žádné z monitorovaných stájí nedošlo dle platných předpisů k překročení maximálních přípustných koncentrací.

2.4 Mikroskopická analýza prachových částic

Metoda spočívá v optickém porovnání prachových částic odebraných z membrány impaktoru a částic, které byly odebrány přímo ze zdrojů prachových částic ve stáji. Účelem je zjištění poměru zastoupení jednotlivých frakcí ve vzorku. Na základě čehož lze určit hlavní zdroj znečištění a navrhnout tak opatření pro výrazné omezení tohoto zdroje.

2.4.1 Postup odběru částic

Při odběru je nutné vyhnout se kontaminaci cizími zdroji prachových částic.

Odběr částic z impaktoru

- Po ukončení 24 h měření demontujeme impaktor a opatrně jej rozebereme.
- Zachycený prach opatrně přemístíme do sterilní zkumavky a pevně uzavřeme.

Odběr částic ze zdrojů znečištění

- Ze zásobníku krmiva odebereme vzorek krmné směsi, která dosud nebyla v kontaktu se stájovým prostředím, a uzavřeme zkumavku.
- Na vhodném místě stáje je odebrán vzorek podestýlky a trusu a následně je uložen do zkumavky.
- Před vložením pod mikroskop oba vzorky (odděleně) homogenizujeme v třecí misce.

2.4.2 Popis měřících přístrojů

Mikroskop Olympus CX 31

Tabulka 14: Technická data mikroskopu

| Položka | Popis | |
|------------------|---|---------------------------------------|
| Optická soustava | Optická soustava UIS | |
| Osvětlení | Vestavěný iluminátor Halogenová žárovka 6V 30W | |
| Zaostřování | Vertikálním pohybem stolku pomocí kluzné lišty Zdvih na jednu otáčku: 36,8 mm Rozsah zdvihu: 25mm | |
| Tubus | Číslo pole | 20 |
| | Sklon | 30° |
| | Vzdálenost okulárů | 48-75 mm |
| Stolek | Rozměry | 188×134 mm |
| | Rozsah posuvu | 76×50 mm |
| | Držák preparátu | Pro 2 podložní sklíčka s preparáty |

2.4.3 Optické charakteristiky mikroskopu

Tabulka 15: Optické charakteristiky mikroskopu

| Optická charakteristika | Zvětšení | Numerická apertura | Pracovní vzdálenost [mm] | Tloušťka krycího sklíčka [mm] | Rozlišení [μm] | Okulár | | | Poznámka |
|-------------------------|----------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|-----------------------|------------|------------|
| | | | | | | 10X (ČP20) | | | |
| | | | | | | Celkové zvětšení | Hloubka ostrosti [μm] | Zorné pole | |
| Plan C | 4X | 0,10 | 22,00 | - | 3,36 | 40X | 175,00 | 5,0 | (přídavný) |
| Plan Achromat | 10X | 0,25 | 10,50 | - | 1,34 | 100X | 28,00 | 2,0 | |
| (ČP 22) | 40X | 0,65 | 0,56 | 0,17 | 0,52 | 400X | 3,04 | 0,5 | |
| | 100X | 11,25 | 0,13 | - | 0,27 | 1000X | 0,69 | 0,2 | |

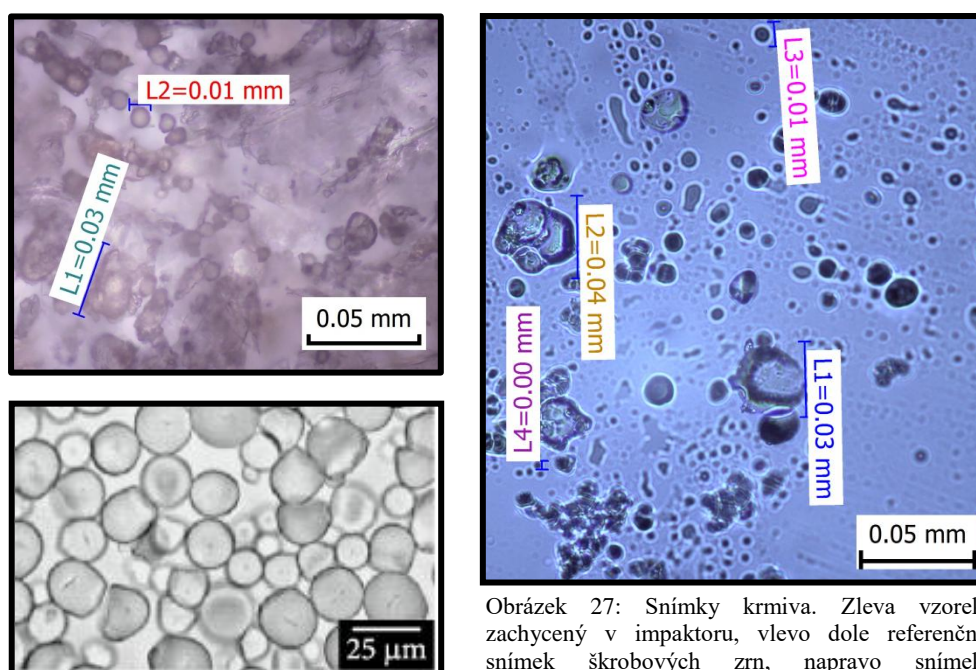
2.4.4 Fotoaparát a zobrazovací software

Tabulka 16: Specifika fotoaparátu a softwaru

| Technická data o fotoaparátu | |
|------------------------------|---------------------------------|
| Fotoaparát | Canon EOS 1100 D |
| Objektiv | EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 IS II |
| Nastavení | Automatické ostření |
| Zobrazovací software | QuickPHOTO MICRO 3.1 |

2.5 Porovnání snímků

2.5.1 Snímek homogenizovaného krmiva



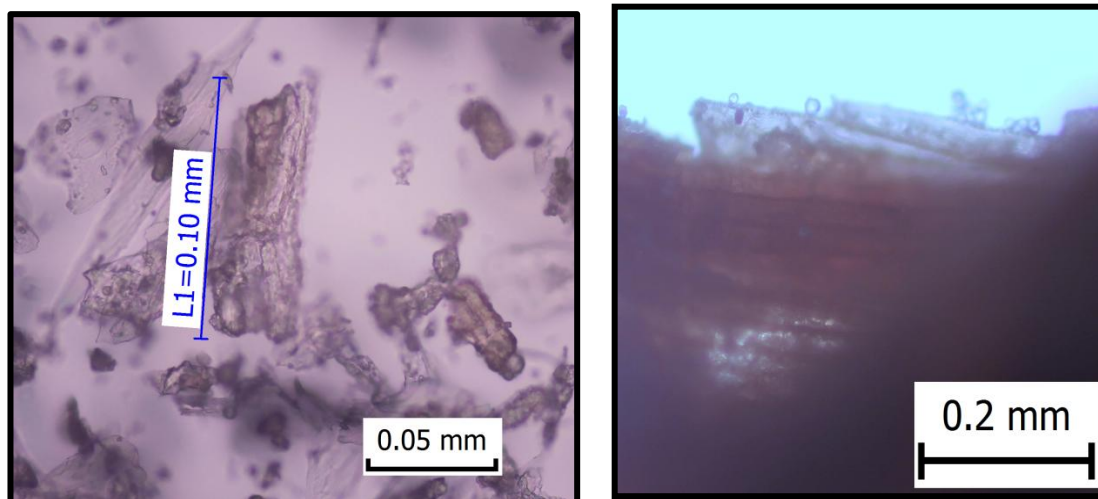
Obrázek 27: Snímky krmiva. Zleva vzorek zachycený v impaktoru, vlevo dole referenční snímek škrobových zrn, napravo snímek homogenizovaného krmiva (Adamovský, 2016)

Jak je ze snímků patrné, ve vzorku z impaktoru tak ve vzorku zhomogenizovaného krmiva převládají izometrické částice o velikosti $<10 \mu\text{m}$ a částice do velikosti $40 \mu\text{m}$. Charakteristika tvaru, velikosti částic a zdrojů znečištění stájového vzduchu ukazuje, že jde o škrobová zrna. A to jak frakce škrobu A tak frakce škrobu B. Při porovnání se snímkem izolovaného škrobu je vzhled i tvar částic shodný. Zdrojem těchto částic je krmivo, ze kterého vlivem přemísťování (dopravními zařízeními, zvířaty aj.) dochází k uvolňování prachových

částic do ovzduší. Zdrojem škrobu v krmivu jsou převážně obiloviny, jež tvoří 60-80% podíl z celkové dávky krmiva. Škrobová zrna zaujímají majoritní podíl i v analyzovaných vzorcích. Krmivo tak lze považovat za hlavního znečišťovatele stájového vzduchu.

2.5.2 Snímky trusu a podestýlky

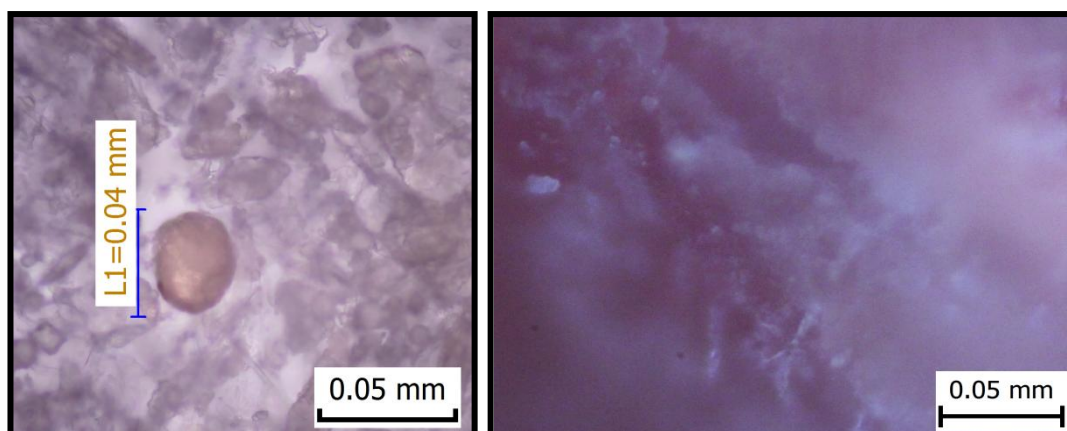
Snímky podestýlky



Obrázek 28: Snímky podestýlky. Zleva snímek zachyceného krmiva v impaktoru, vpravo snímek odebrané podestýlky (Adamovský, 2016)

Částice laminárního charakteru jsou především malé úlomky podestýlky. Velikost částic je řádově nad 10 μm . Na snímcích je jasně viditelná struktura buněčného pletiva na obou snímcích, která je charakteristického pro slámu. Zastoupení takovýchto částic ve vzorku prachu je druhé nejčetnější.

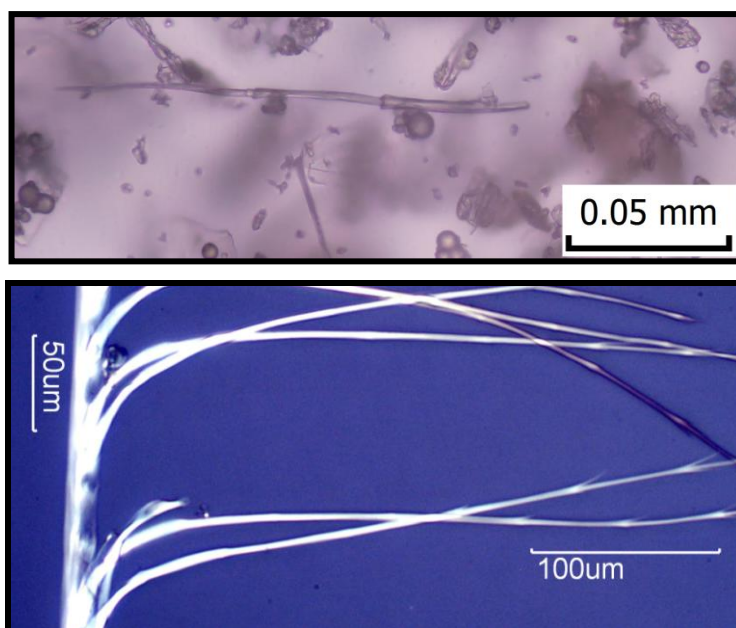
Snímky trusu



Obrázek 29: Snímky trusu. Zleva částice kontaminovaná trusem, vpravo snímek trusu (Adamovský, 2016)

Čerstvý trus má relativně nízký podíl sušiny, přibližně 15-20 %. Díky tomu se z něj neuvolňují drobné částice, které by měly schopnost být unášeny proudícím vzduchem. Lokálně se však ve vzorku odebraném z impaktoru nacházely částice s podobným charakterem, jako má odebraný trus. Lze tedy usuzovat, že jde o částice kontaminované exkrementy, popř. o drobné částice staršího trusu s vyšším podílem sušiny.

2.5.3 Snímky peří



Obrázek 30: Snímky vláken peří. Nahoře vlákno zachycené v impaktoru. dole referenční snímek (Adamovský, 2016)

Vláknité částice byly jasně identifikovány jako části peří chovaných zvířat. Jejich velikost je přibližně 140 μm a v celém vzorku jsou zastoupeny ojediněle. Nejsou tedy výrazným znečišťovatelem.

Vyhodnocení

Z výše uvedených fotografií je jasné, že částice obsažené v prachu ze stáji jsou jasně diferencované. Díky tomu, že ve stáji je omezený počet zdrojů prachových částic, lze určit zastoupení jednotlivých typů částic ve stájovém vzduchu.

Tabulka 17: Zastoupení částic v pozorovaném vzorku prachu

| Druh částic | Zastoupení ve vzorku |
|------------------------------------|----------------------|
| Částice z krmiva (škrob) | 70-80 % |
| Podestýlka | 10-20 % |
| Trus | do 5 % |
| Peří a neidentifikovatelné částice | do 5 % |

2.6 Statistické zpracování dat

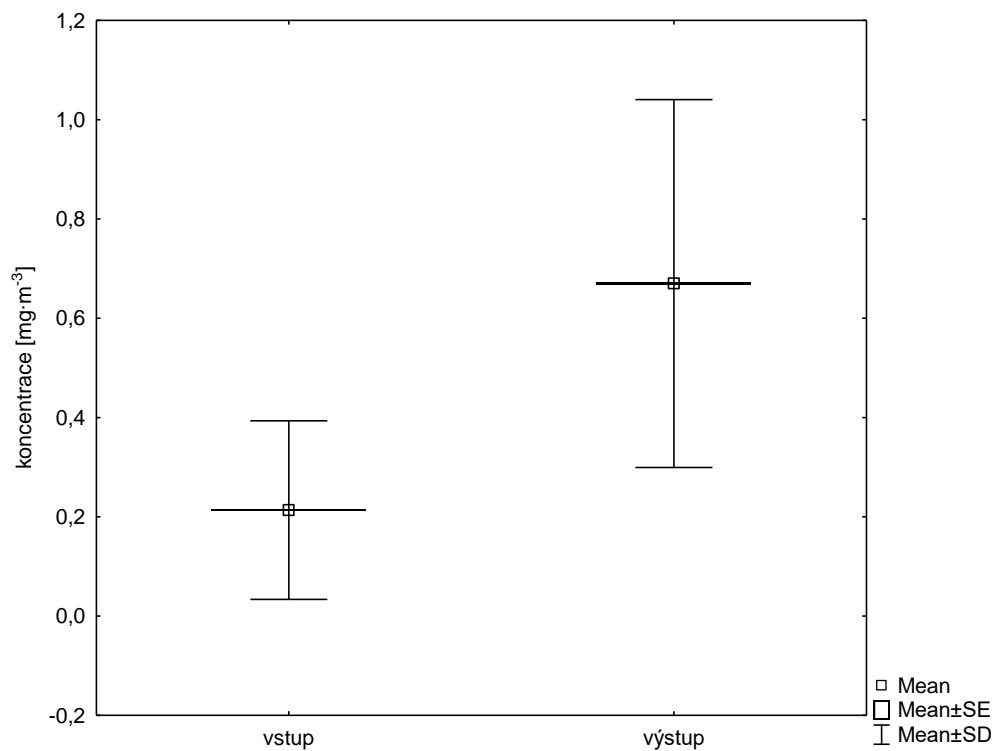
Zda se u jednotlivých hal prokazatelně liší koncentrace prachových částic na vstupu od koncentrace prachových částic na výstupu, bylo testováno párovým t-testem.

Závislost koncentrace vstupujících prachových částic na koncentraci výstupních prachových částic byla testována lineární regresí. Před provedením testu byla data transformována dekadickým logaritmem.

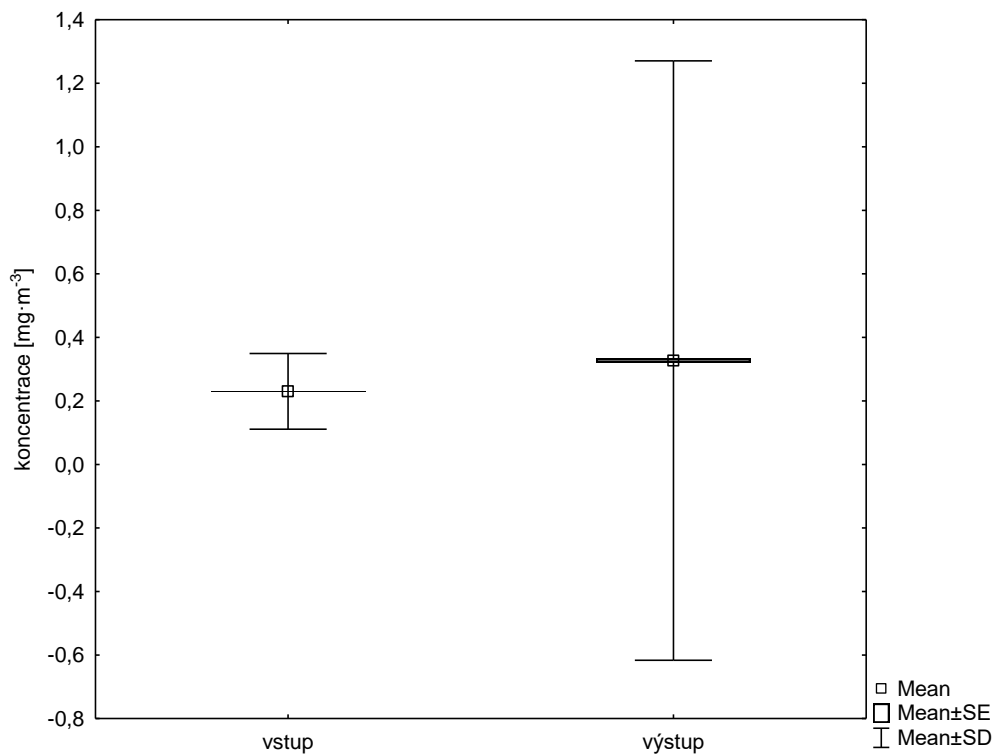
Analýza variance jednoduchého třídění s následným mnohonásobným porovnáním post-hoc Tukeyho testem byla použita k testování významnosti rozdílů koncentrace prachových částic na vstupu a výstupu mezi jednotlivými halami. Jako vstupní data pro analýzu byl použit rozdíl naměřených koncentrací na výstupu a vstupu (výstup – vstup) v jednotlivých halách.

2.6.1 Výsledky

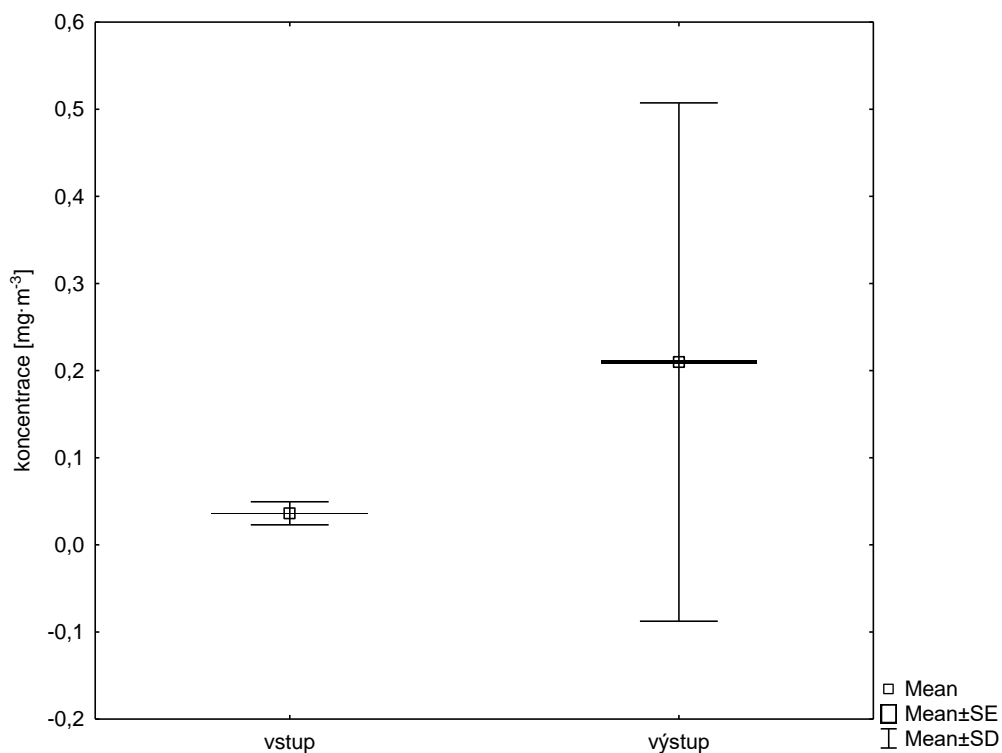
Koncentrace prachových částic na výstupu z haly Sudoměřice 1 se signifikantně liší od koncentrací na vstupu ($t_{28783} = 201,826$, $p < 10^{-6}$). Koncentrace prachových částic na výstupu byla v průměru 3krát vyšší než na vstupu (viz. Graf č. 1). Také koncentrace prachových částic na výstupu v hale Sudoměřice 2 byla prokazatelně vyšší ($t_{28549} = 17,380$, $p < 10^{-6}$), v průměru téměř 1,5krát (viz. Graf č. 2). Nejvyšší prokazatelný rozdíl koncentrace prachových částic na vstupu a výstupu byl zjištěn pro halu v Ústrašicích ($t_{28769} = 100,416$, $p < 10^{-6}$), kde koncentrace na výstupu byla průměrně téměř 6krát vyšší než koncentrace na vstupu (viz. Graf č. 3).



Graf 1: Popisné statistiky koncentrace prachových částic v hale Sudoměřice 1

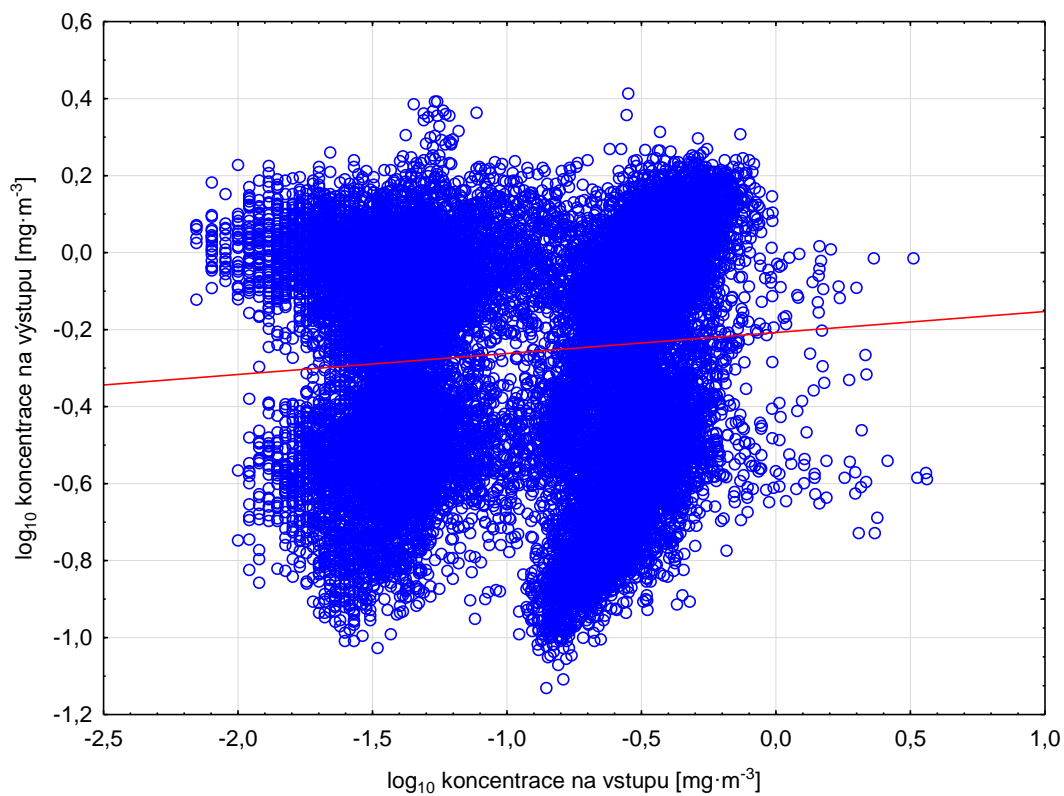


Graf 2: Popisné statistiky koncentrace prachových částic v hale Sudoměřice 2

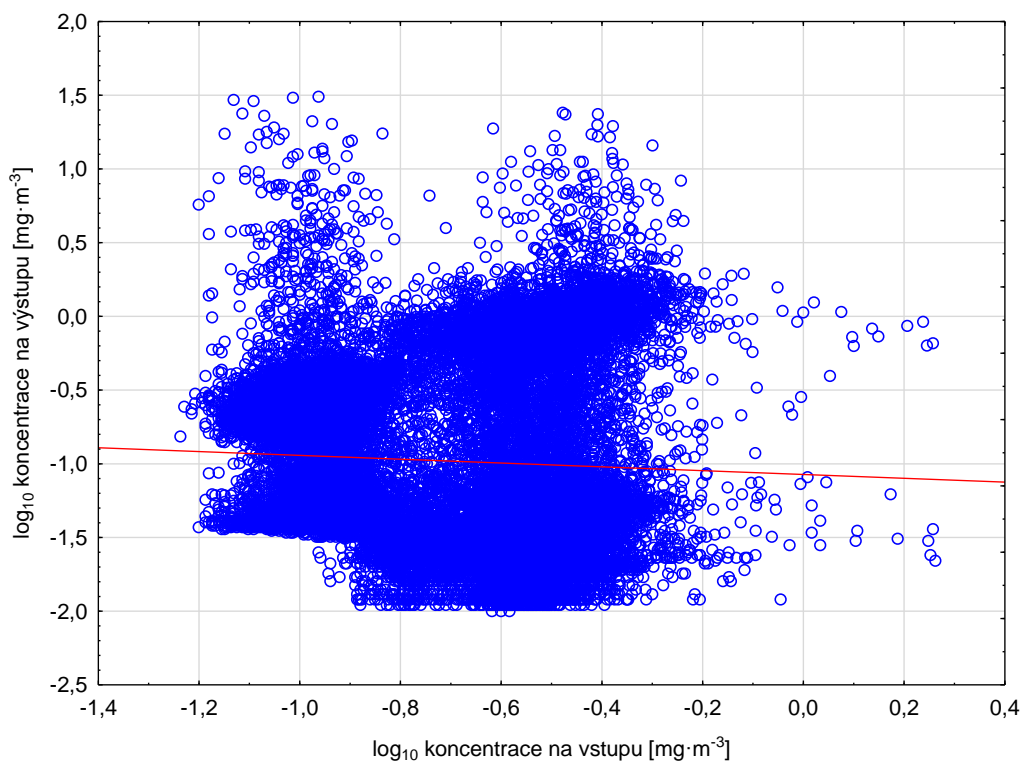


Graf 3: Popisné statistiky koncentrace prachových částic v hale Ústrašice

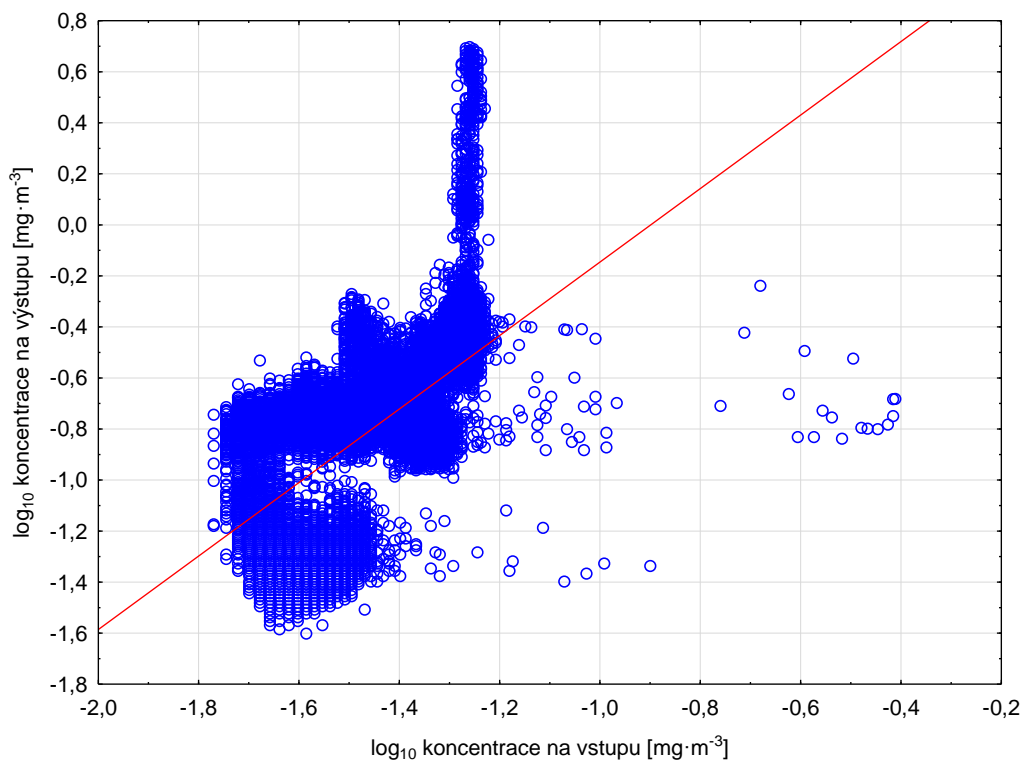
V první sudoměřické hale byla prokázána pozitivní závislost koncentrace prachových částic na vstupu na koncentraci prachových částic na výstupu ($b_1 = 0,0545$, $F_{1,28782} = 251,8055$, $p < 10^{-6}$). Z hodnoty koeficientu determinace ($R^2 = 0,0086$) vyplývá, že koncentrace prachových částic na vstupu vysvětluje přibližně 0,8 % z variability hodnot koncentrace na výstupu. Naopak v druhé sudoměřické hale byla prokázána negativní závislost koncentrace vstupních prachových částic na koncentraci výstupní ($b_1 = -0,1296$, $F_{1,28548} = 66,716$, $p < 10^{-6}$). Hodnota koeficientu determinace byla však v tomto případě ještě nižší, tj. $R^2 = 0,0023$. Nejvyšší hodnota koeficientu determinace ($R^2 = 0,3953$) byla zjištěna pro prokazatelnou pozitivní závislost koncentrace vstupních prachových částic na koncentraci prachových částic na výstupu v ústrašické hale ($b_1 = 1,4401$, $F_{1,28768} = 18808$, $p < 10^{-6}$).



Graf 4: Zobrazení lineární závislosti hodnot dekadického logaritmu koncentrace prachových částic výstupu na vstupu pro halu Sudoměřice 1

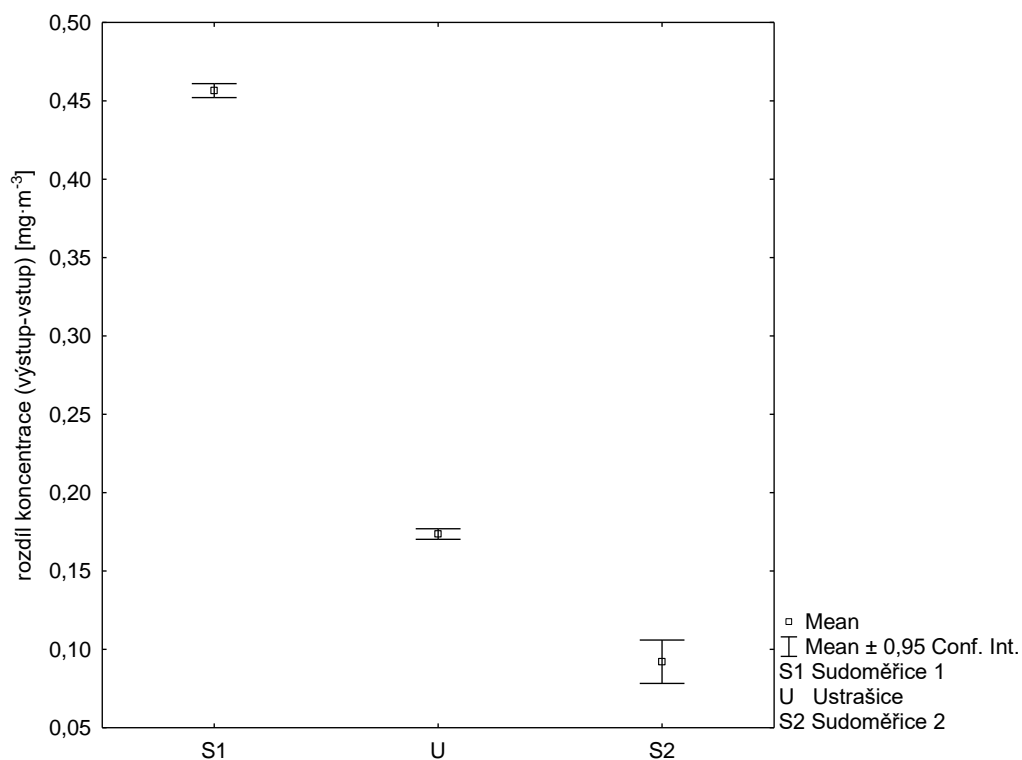


Graf 5: Zobrazení lineární závislosti hodnot dekadického logaritmu koncentrace prachových částic výstupu na vstupu pro halu Sudoměřice 2



Graf 6: Zobrazení lineární závislosti hodnot dekadického logaritmu koncentrace prachových částic výstupu na vstupu pro halu Ústrašice

Byl prokázán významný rozdíl mezi koncentrací prachových částic na vstupu a výstupu mezi jednotlivými halami ($F_{2,86133} = 1913,307$, $p < 10^{-6}$). Následný Tukeyho test prokázal významný rozdíl koncentrace prachových částic vzájemně mezi všemi halami, tj. mezi halou Sudoměřice 1 a halou Ústrašice ($p < 10^{-4}$), mezi halou Sudoměřice 1 a Sudoměřice 2 ($p < 10^{-4}$) a i mezi halou Ústrašice a Sudoměřice 2 ($p < 10^{-4}$). Nejvyšší průměrná hodnota 0,4565 rozdílu prachových částice mezi výstupem a vstupem byla zjištěna pro halu Sudoměřice 1. Nejmenší průměrná hodnota 0,0921 rozdílu prachových částice mezi výstupem a vstupem byla zjištěna pro halu Sudoměřice 2. V hale Ústrašice činil průměr rozdílu koncentrace na výstupu a vstupu 0,1736. Grafické porovnání rozdílu mezi halami zobrazuje graf č. 7.



Graf 7: Porovnání rozdílu koncentrací prachových částic na vstupu a výstupu mezi jednotlivými halami

2.6.2 Shrnutí statistické analýzy

Díky výše provedeným statistickým testům bylo prokázáno že, je statistický významný rozdíl mezi vstupy a výstupy všech hal. Byla také ověřována závislost mezi vstupy a výstupy. Nejvyšší závislost byla prokázána v hale v Ústrašicích. Při porovnání hal mezi sebou byl prokázán statisticky významný rozdíl.

3 Diskuze

Problematika produkce emisí prachových částic v zemědělství, je vážným problémem všech států s vyspělou zemědělskou produkcí. Winkel a kol. (2015) publikoval článek, který se zabývá produkcí PM, PM₁₀, PM_{2,5} a CO₂ ve všech hlavních směrech živočišné produkce (chov skotu, chov prasat a chov drůbeže). Výzkum byl prováděn dlouhodobě na 36 farmách v celém Holandsku. Průměrná emisní koncentrace v chovech brojlerů byla 1,036 mg·m⁻³, což je přibližně pětkrát vyšší hodnota než byla zjištěna při měření v Ústrašicích, jeden a půl krát více než při měření v Sudoměřicích I. a třikrát více než při měření v Sudoměřicích II.

Velký rozdíl mezi Winkelovým měřením a měřením v Ústrašicích lze vysvětlit typem chovu v Ústrašicích. Šlo o testovací chov s nízkou koncentrací zvířat, boxovým ustájením a vysokým vstupem lidské práce. Naproti tomu, hodnoty z obou měření v Sudoměřicích jsou také výrazně nižší a to i přes to, že jde o standardní brojlerové chovy. To ukazuje na dobrou techniku a technologii využívanou ve velkochovech drůbeže.

Dále výzkum autorů Winkel a kol. (2015) potvrzuje i to, že emise prachových částic jsou vyšší, čím vyšší je věk chovaných zvířat. Rovněž mnou naměřené rozdíly v hodnotách mezi měřeními v Sudoměřicích to potvrzují. Při měření v Sudoměřicích II. byla průměrná hodnota emisí prachových částic 0,332 mg·m⁻³ při stáří zvířat 20 dní. A při měření Sudoměřice I. byla průměrná hodnota 0,670 mg·m⁻³ při stáří zvířat 32 dní. Je tedy možné pozorovat jasný rozdíl, který lze vysvětlit rozdílným stářím zvířat.

Zajímavý rozdíl lze pozorovat mezi měřeními Sudoměřice I. a Sudoměřice II. Jelikož šlo o identický objekt. Při měření Sudoměřice II. byla prokázána negativní regrese mezi vstupem a výstupem. To lze vysvětlit přítomností zdrojů prachových částic v okolí, které působily na vstup do haly. Těmito zdroji byly s největší pravděpodobností emise prachových částic, které pocházely z okolních hal, jejichž vyústění ventilačních systémů umožňuje, aby prachové částice vstupovaly větracími ventily do haly, ve které probíhalo měření.

Podle Calveta a kol. (2009) mezi faktory ovlivňující produkci prachu na farmách je aktivita zvířat, která je dána cirkadiánními rytmy, které jsou v chovech ovlivněny světelným režimem a dostupností krmiva. Ve studii bylo kontinuálně pozorováno hejno 158 brojlerů do stáří 35 dní, kteří byli chováni na hoblinách.

Experimentální místnosti se lišily pouze v délce světelného režimu, šest a čtyři hodiny tmy. Aktivita zvířat definována indexem pohybu. Index pohybu byl úzce spjat se světelným režimem (0,084 v období tmy a 0,556 během světla). Nejvyšší pohybový index byl určen v posledních 10 dnech odchovu. Průměrná hodnota koncentrace prachu byla v období světla téměř čtyřikrát vyšší než v období tmy. Nejvyšší průměrná koncentrace prachových částic byla stanovena v posledním týdnu chovu a to na hodnotu $2,82 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrná koncentrace prachových částic činila $2,08 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Koncentrace prachových částic rostla lineárně s hmotností zvířat. Koeficient determinace mezi aktivitou zvířat a koncentrací prachových částic byl stanoven na hodnotu 0,89. Shodně při mých měřeních v Sudoměřicích u Bechyně byly naměřeny nižší emise prachových částic při druhém měření s mladšími jedinci než při prvním měření se staršími jedinci. Vliv světelného režimu lze pozorovat na produkci emisí z jednotlivých stájí. Časový průběh lze pozorovat na grafu v příloze C. Zde jsou jasně patrné propady k minimálním hodnotám. Četnost těchto propadů a jejich délka odpovídá temné periodě světelného režimu, který byl nastaven chovateli.

Podle souhrnné studie Ki Kima a kol. (2014) způsobuje vysoká koncentrace prachových částic v ovzduší široké spektrum zdravotních komplikací, které mohou vést ke snížení délky lidského života. Škodlivost prachových částic je určena zejména jejich velikostí, přičemž menší částice jsou rizikovější z důvodu jejich snadnější proniknutelnosti dýchacími cestami. Jako zdravotní komplikace spojované se zvýšenou koncentrací prachových částic jsou uváděny zejména plicní a kardiovaskulární choroby. Zejména srdeční příhody, nepravidelný srdeční tep, zhoršené astma v důsledku pracovní činnosti, snížená funkce plic a zvýšení respiračních symptomů, tj. podráždění dýchacích cest, kašláním a dušností. Globálně je odhadováno, že smrt v důsledku srdeční zástavy a rakoviny srdce je ve 3 % a 5 % případů zapříčiněná vysokou koncentrací prachových částic (Fang a kol., 2013).

Limity prachových částic jsou určeny zákonem 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší. Maximální hodnoty vystavení PM_{10} jsou $0,05 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ s maximálním počtem překročení 35 za 24 hodin. Limitní hodnota je přibližně čtyřikrát nižší než nejnižší naměřená koncentrace při měření v Ústrašicích a přibližně třináctkrát nižší než koncentrace zjištěna při měření v Sudoměřicích I. Prachové částice opouštějící stáj se rychle rozptýlí a nepředstavují závažné nebezpečí. Překročení

limitů doporučených zákonem jednoznačně dokazuje, že jde o rizikové prostředí, jak z pohledu pracovníků, tak z pohledu chovaných zvířat.

Krátkodobým řešením pro zvýšení bezpečnosti zaměstnanců, je jejich vybavení ochrannými pomůckami v podobě respirátorů a ochranných masek. Optimálním by bylo preventivní opatření pro snížení prašnosti v chovech. Díky zjištění, že největší složku znečišťující stájový vzduch tvoří krmivo, je neefektivnější snížení prašnosti z krmiva. To lze realizovat pomocí jemného rosení krmiva v krmítku, či odsáváním kontaminovaného vzduchu z oblasti krmítka skrze šnekový dopravník. Samotné řešení by se muselo navrhnout, zkonstruovat a odzkoušet, to však není úkolem této práce.

Wagner a kol. (2015) prokázal synergii mezi produkcí amoniaku, prachových částic a skleníkových plynů. V rostlinné výrobě, při využití minimalizačního zpracování půdy došlo ke zvýšení hrubého zisku zemědělské produkce a snížení jak emisí PM a emisí skleníkových plynů skrze ukládání uhlíku v půdě. Výhody jsou závislé na typu půdy a její schopnosti sekvestrace uhlíku. Použití nízkoproteinového krmiva a biofiltrů v chovech drůbeže pro snížení emisí amoniaku a prachových částic je ekonomicky nevýhodné a náklady zemědělců převyšují výhody ze snížení těchto emisí. Pokud by však došlo k finančním pobídkám a opatřením, ze strany vlád a organizací pro ochranu ovzduší, dlouhodobě by docházelo ke snížení podílu znečištění ovzduší zemědělskou činností.

4 Závěr

Při měření koncentrace prachových částic v chovech drůbeže bylo prokázáno:

1. Žádná z monitorovaných stájí nepřekročila limity pro produkci prachových částic.
2. V menších stájích s menším počtem zvířat je vliv imisí výraznější než u větších stájí s větším počtem zvířat.
3. Produkce emisních částic je závislá na velikosti stáje, věku chovaných zvířat a technice chovu.
4. Za specifických klimatických podmínek a při určitém typu konstrukce stáje může docházet ke znečišťování stájového vzduchu z okolních objektů.
5. Na znečištění stájového vzduchu se nejvíce podílejí částice uvolněné z krmiva a podestýlky.

5 Seznam zdrojů

1. Bell, D. D. a Weaver, W. D. (2002): Commercial chicken meat and egg production. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1530 pp. ISBN: 978-1-4615-0811-3.
2. Braniš, M., Hůnová, I. a Hovorka, J. (2015): Nové poznatky a výzvy v ochraně ovzduší. In F. Jan a M. Bedřich (Eds.): *Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu* (s. 107–128). Charles University in Prague: Karolinum Press. ISBN: 978-80-246-2667-3.
3. Brhel, P., Manoušková, M. a Hrnčíř, E. (2005): Pracovní lékařství: základy primární pracovnělékařské péče. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. 338 pp. ISBN: 978-80-7013-414-6.
4. Brouček, J., Benková, J., Šoch, M. a Podsedníček, M. (2011): Technologie a technika chovu drůbeže při splnění podmínek welfare: certifikovaná metodika. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. 115 pp. ISBN: 978-80-7394-337-0.
5. Calvet, S., Van den Weghe, H., Kosch, R. a Estelles, F. (2009): The influence of the lighting program on broiler activity and dust production. *Poultry Science* 88(12): 2504–2511. DOI: 10.3382/ps.2009-00255.
6. CCOHS (2012): What are the effects of dust on the lungs? [Dostupné únor 2016] z: http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/lungs_dust.html.
7. Dagher, N. J. (2008): Poultry production in hot climates. Cambridge, Mass.: CABI North American Office. 402 pp. ISBN: 978-1-84593-417-0.
8. EMEP (2007): Particulate matter assessment report. Kjeller: Norwegian Institute for Air Research. [Dostupné únor 2016] z: <http://www.nilu.no/projects/ccc/reports/cccr8-2007.pdf>.
9. EPA (2014): EPA's report on the environment: Particulate matter emissions [Reports & Assessments]. [Dostupné únor 2016] z <https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=19>.
10. Fang, Y., Naik, V., Horowitz, L. W. a Mauzerall, D. L. (2013): Air pollution and associated human mortality: the role of air pollutant emissions, climate change and methane concentration increases from the preindustrial period to present. *Atmospheric Chemistry and Physics* 13(3): 1377–1394. DOI: 10.5194/acp-13-1377-2013.

11. Hastings, R. (2013): Solar air systems: A design handbook. Routledge: Earthscan. 293 pp. ISBN: 978-1-134-25678-5.
12. Hien, T. T., Thanh, L. T., Kameda, T., Takenaka, N. a Bandow, H. (2007): Distribution characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons with particle size in urban aerosols at the roadside in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Atmospheric Environment* 41(8): 1575–1586.
13. Holoubek, M. (2007). Chemie životního prostředí: Atmosféra, Aerosoly. [Dostupné leden 2016] z:<http://www.recetox.muni.cz/res/file/prednasky/holoubek/chzp-iii/chzp-iii-atmosfera-02-aerosoly.pdf>.
14. Houghton, J., Cílek, V., Jeníková, K. a Jeník, J. (1998): Globální oteplování: Úvod do studia změn klimatu a prostředí. Praha: Academia. 228 pp. ISBN: 978-80-200-0636-3.
15. CHMI (2013): Grafická ročenka 2013. [Dostupné březen 2016] z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/SumObr_CZ.html.
16. Improve LIFE (2016): Urban air quality and you, part 2. [Dostupné dne 15. březen 2016] z: <http://improve-life.eu/urban-air-quality-and-you-part-2/>.
17. Jelínek, A., Dolejš, J. a Andrt, M. (2012): Systém měření a vyhodnocení prašnosti v chovech hospodářských zvířat se zaměřením na prasata, drůbež a telata. *Komunální technika* 6(5): 189–198.
18. Jelínek, A., Šístková, M. a Mašátová, R. (2011): Vzdělávací modul Ochrana životního prostředí v oblasti vzduch. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura. 173 pp. ISBN: 978-80-86884-59-2.
19. Johansson, C., Norman, M. a Gidhagen, L. (2007): Spatial & temporal variations of PM10 and particle number concentrations in urban air. *Environmental Monitoring and Assessment* 127(1-3): 477–487. DOI: 10.1007/s10661-006-9296-4.
20. Kalač, P. (2010): Chemie životního prostředí. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 171 pp. ISBN: 978-80-7394-232-8.

21. Kic, P. a Brož, V. (1995): Tvorba stájového prostředí. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky. 47 pp. ISBN: 978-80-7105-106-0.
22. Kim, K.-H., Kabir, E. a Kabir, S. (2015): A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International* 74: 136–143. DOI: 10.1016/j.envint.2014.10.005.
23. Ledvinka, Z., Tůmová, E. a Lukáš, Z. (2011): Chov drůbeže I. Praha: Česká zemědělská univerzita. 143 pp. ISBN: 978-80-213-2174-8.
24. Lemen, R., a Dement, J. M. (Eds.) (1979): Dusts and disease: *Proceedings of the Conference on occupational exposures to fibrous and particulate dust and their extension into the environment*. Park Forest South, Ill: Pathotox Publishers. 559 pp. ISBN: 978-0-930376-08-6.
25. Microclima systems (2016): Ventilace stájí pro drůbež. [Dostupné 13. duben 2016] z: <http://www.microclimasystems.com/cz/ventilace-staji-pro-drubez>.
26. Monarca, S., Crebelli, R., Feretti, D., Zanardini, A., Fuselli, S., Filini, L., Resola, S., Bonardelli, P. G. a Nardi, G. (1997): Mutagens and carcinogens in size-classified air particulates of a Northern Italian town. *Science of The Total Environment* 205(2-3): 137–144. DOI: 10.1016/S0048-9697(97)00194-0.
27. MŽP (2016): Ochrana ovzduší: Legislativa a metodické pokyny. [Dostupné 13. duben 2016] z: http://www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_ovzdusi.
28. Oberdörster, G. a Utell, M. J. (2002): Ultrafine particles in the urban air: to the respiratory tract—and beyond? *Environmental Health Perspectives* 110(8): A440–A441.
29. Pidwirny, M. (2014): *Chapter 7: Atmospheric Pressure and Wind: Single chapter from the eBook Understanding Physical Geography*. Kelowna: Our Planet Earth Publishing. 48 pp. ISBN: 978-0-9877029-4-4.
30. Příkryl, M., Doležal, O., Hájek, J., Košar, K., Maleř, J., Maloun, J., Mátlová, V. a Matoušek, A. (1997): Technologická zařízení staveb živočišné výroby. Praha: Tempo Press II. 276 pp. ISBN: 978-80-901052-0-1.
31. Ramanathan, V., Crutzen, P. J., Kiehl, J. T. a Rosenfeld, D. (2001). Aerosols, climate, and the hydrological cycle. *Science (N.Y.)* 294(5549): 2119–2124. DOI: 10.1126/science.1064034.

32. Spurny, K. (1998): On the physics, chemistry and toxicology of ultrafine anthropogenic, atmospheric aerosols (UAAA): new advances. *Toxicology Letters* 96-97(1-2): 253–261. DOI: 10.1016/S0378-4274(98)00080-0.
33. Sugarman, S. C. (2005): HVAC Fundamentals. Lilburn: The Fairmont Press, Inc. 308 pp. ISBN: 978-0-88173-489-8.
34. Sullivan, R. C. a Prather, K. A. (2005): Recent advances in our understanding of atmospheric chemistry and climate made possible by on-line aerosol analysis instrumentation. *Analytical Chemistry* 77(12): 3861–3886. DOI: 10.1021/ac050716i.
35. Šístková, M. (2012): Hluková zátěž v chovech hospodářských zvířat. *Komunální technika* 6(5): 56–61.
36. Šonka, J (ústní sdělení) (2016): Farma u lesa, a.s., 391 72 Sudoměřice u Bechyně 6. [Sděleno 13. leden 2016].
37. Wagner, S., Angenendt, E., Beletskaya, O. a Zeddies, J. (2015): Costs and benefits of ammonia and particulate matter abatement in German agriculture including interactions with greenhouse gas emissions. *Agricultural Systems* 141: 58–68. DOI: 10.1016/j.agsy.2015.09.003.
38. Wang, L., Oviedo-Rondon, E. O., Small, J., Liu, Z., Sheldon, B. W., Havenstein, G. B. a Williams, C. M. (2010): Farm-scale evaluation of ozonation for mitigating ammonia concentrations in broiler houses. *Journal of the Air & Waste Management Association* 60(7): 789–796. DOI: 10.3155/1047-3289.60.7.789.
39. Winkel, A., Mosquera, J., Groot Koerkamp, P. W. G., Ogink, N. W. M. a Aarnink, A. J. A. (2015): Emissions of particulate matter from animal houses in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 111: 202–212. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.03.047.
40. Yue, W., Li, X., Liu, J., Li, Y., Yu, X., Deng, B., Wan, T., Zhang, G., Huang, Y., He, W., Hua, W., Shao, L., Li, W. a Yang, S. (2006): Characterization of PM_{2.5} in the ambient air of Shanghai city by analyzing individual particles. *Science of The Total Environment* 368(2-3): 916–925. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.03.043.
41. Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů*. 2. 5. 2012. ISSN 1211-1244.

6 Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| OBRÁZEK 1: KRMÍTKA PRO DRŮBEŽ | 12 |
| OBRÁZEK 2: NAPÁJEČKY PRO DRŮBEŽ..... | 13 |
| OBRÁZEK 3: UKÁZKA ODSTRAŇOVÁNÍ PODESTÝLKY POMOCÍ MALOTRAKTORU TK4 S RADLICÍ | 14 |
| OBRÁZEK 4: USPOŘÁDÁNÍ KLEČÍ S ŠACHTOU NA VÝKALY | 15 |
| OBRÁZEK 5: SCHÉMA PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ..... | 17 |
| OBRÁZEK 6: SMĚR PRŮCHODU VZDUCHU VENTILÁTORŮ (ZLEVA: RADIÁLNÍ VENTILÁTOR, AXIÁLNÍ VENTILÁTOR) | 19 |
| OBRÁZEK 7: SCHÉMA PŘÍČNÉHO VĚTRÁNÍ | 19 |
| OBRÁZEK 8: SCHÉMA KOMÍNOVÉHO VĚTRÁNÍ..... | 20 |
| OBRÁZEK 9: SCHÉMA TUNELOVÉHO VĚTRÁNÍ | 20 |
| OBRÁZEK 10: SCHÉMA KOMBINOVANÉHO VĚTRÁNÍ | 21 |
| OBRÁZEK 11: SCHÉMA ROVNOTLAKÉHO VĚTRÁNÍ | 21 |
| OBRÁZEK 12: UKÁZKA VELIKOSTI PRACHOVÝCH ČÁSTIC V POROVNÁNÍ S LIDSKÝM VLASEM | 34 |
| OBRÁZEK 13: TVARY RŮZNÝCH TYPŮ PRACHOVÝCH ČÁSTIC | 35 |
| OBRÁZEK 14: KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC V OVZDUŠÍ V ZÁVISLOSTI NA ROČNÍM OBDOBÍ A LOKALITĚ | 36 |
| OBRÁZEK 15: PĚTILETÝ PRŮMĚR ROČNÍCH PRŮMĚRNÝCH KONCENTRACÍ PM10 (ČR 2009-2013)..... | 37 |
| OBRÁZEK 16: PĚTILETÝ PRŮMĚR ROČNÍCH PRŮMĚRNÝCH KONCENTRACÍ PM2,5 (ČR 2009-2013)..... | 37 |
| OBRÁZEK 17: DISTRIBUCE PRACHOVÝCH ČÁSTIC V DÝCHACÍM ÚSTROJÍ ČLOVĚKA, DLE JEJICH VELIKOSTI | 39 |
| OBRÁZEK 18: SMOG VE MĚSTĚ LIANYUNGANG, ČÍNA | 40 |
| OBRÁZEK 19: SCHÉMA MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ (ZLEVA GRAVIMETRICKÝ PŘÍSTROJ, FOTOMETRICKÝ PŘÍSTROJ)..... | 43 |
| OBRÁZEK 20: SCHÉMA STÁJE S ROZMÍSTĚNÍM MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ .. | 48 |
| OBRÁZEK 21: BOXOVÉ USTÁJENÍ V HALE ÚSTRAŠICE | 48 |
| OBRÁZEK 22: VENTILÁTORY V HALE V ÚSTRAŠICÍCH A UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍHO PŘÍSTROJE DUSTTRAK U STĚNOVÉHO VENTILU..... | 49 |

| | |
|---|----|
| OBRÁZEK 23: HALA V SUDOMĚŘICÍCH I., VLIVEM BLESKU FOTOAPARÁTU JSOU VIDITELNÉ ČÁSTICE POLÉTAVÉHO PRACHU | 52 |
| OBRÁZEK 24: KRMENÍ SUCHOU FORMOU KRMIVA MISKOVÝM KRMÍTKEM NA ŠNEKOVÉM DOPRAVNÍKU | 52 |
| OBRÁZEK 25: VENTILÁTOROVÁ SESTAVA V HALE SUDOMĚŘICE I. S UMÍSTĚNÝM PŘÍSTROJEM DUSTTRAK..... | 53 |
| OBRÁZEK 26: ZVÍŘATA USTÁJENÁ V SUDOMĚŘICÍCH II., POVŠIMNĚTE SI ZELENÉHO SVĚTLA | 56 |
| OBRÁZEK 27: SNÍMKY KRMIVA. ZLEVA VZOREK ZACHYCENÝ V IMPAKTORU, VLEVO DOLE REFERENČNÍ SNÍMEK ŠKROBOVÝCH ZRN, NAPRAVO SNÍMEK HOMOGENIZOVANÉHO KRMIVA..... | 61 |
| OBRÁZEK 28: SNÍMKY PODESTÝLKY. ZLEVA SNÍMEK ZACHYCENÉHO KRMIVA V IMPAKTORU, V PRAVO SNÍMEK ODEBRANÉ PODESTÝLKY | 62 |
| OBRÁZEK 29: SNÍMKY TRUSU. ZLEVA ČÁSTICE KONTAMINOVANÁ TRUSEM, VPRAVO SNÍMEK TRUSU | 62 |
| OBRÁZEK 30: SNÍMKY VLÁKEN PEŘÍ. NAHOŘE VLÁKNO ZACHYCENÉ V IMPAKTORU. DOLE REFERENČNÍ SNÍMEK..... | 63 |

7 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| TABULKA 1: OCHLAZOVACÍ HODNOTY VZDUCHU | 25 |
| TABULKA 2: POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ HAL..... | 26 |
| TABULKA 3: KONCENTRACE PLYNNÝCH ŠKODLIVIN V OBJEKTECH PRO DRŮBEŽ | 28 |
| TABULKA 4: ZOOHYGIENICKÉ POŽADAVKY NA TEPLotu STÁJOVÉHO VZDUCHU | 30 |
| TABULKA 5: PRODUKCE TEPLA HRABAVÉ DRŮBEŽE..... | 30 |
| TABULKA 6: DOPORUČENÉ HODNOTY RELATIVNÝ VLNKOSTI VZDUCHU V CHOVECH DRŮBEŽE | 31 |
| TABULKA 7: DOPORUČENÁ RYCHLOST PROUDĚNÍ VZDUCHU V CHOVECH DRŮBEŽE..... | 31 |
| TABULKA 8: VEDLEJŠÍ HODNOTY Z MĚŘENÍ V ÚSTRAŠICÍCH..... | 50 |
| TABULKA 9: ÚROVNĚ EMISÍ DLE S BAT (AEL) PRO EMISE PRACHU Z USTÁJENÍ DRŮBEŽE | 51 |
| TABULKA 10: SROVNÁNÍ STANOVENÝCH A NAMĚŘENÝCH HODNOT V CHOVECH DRŮBEŽE..... | 51 |
| TABULKA 11: DOPLŇUJÍCÍ HODNOTY NAMĚŘENÉ V SUDOMĚŘICÍCH I. 54 | |
| TABULKA 12: SROVNÁNÍ STANOVENÝCH A NAMĚŘENÝCH HODNOT V CHOVU SUDOMĚŘICE I. | 55 |
| TABULKA 14: SROVNÁNÍ STANOVENÝCH A NAMĚŘENÝCH HODNOT V CHOVU SUDOMĚŘICE II. | 58 |
| TABULKA 15: TECHNICKÁ DATA MIKROSKOPU | 60 |
| TABULKA 16: OPTICKÉ CHARAKTERISTIKY MIKROSKOPU..... | 60 |
| TABULKA 17: SPECIFIKA FOTOAPARÁTU A SOFTWARE | 61 |
| TABULKA 18: ZASTOUPENÍ ČÁSTIC V POZOROVANÉM VZORKU PRACHU | 64 |

8 Seznam grafů

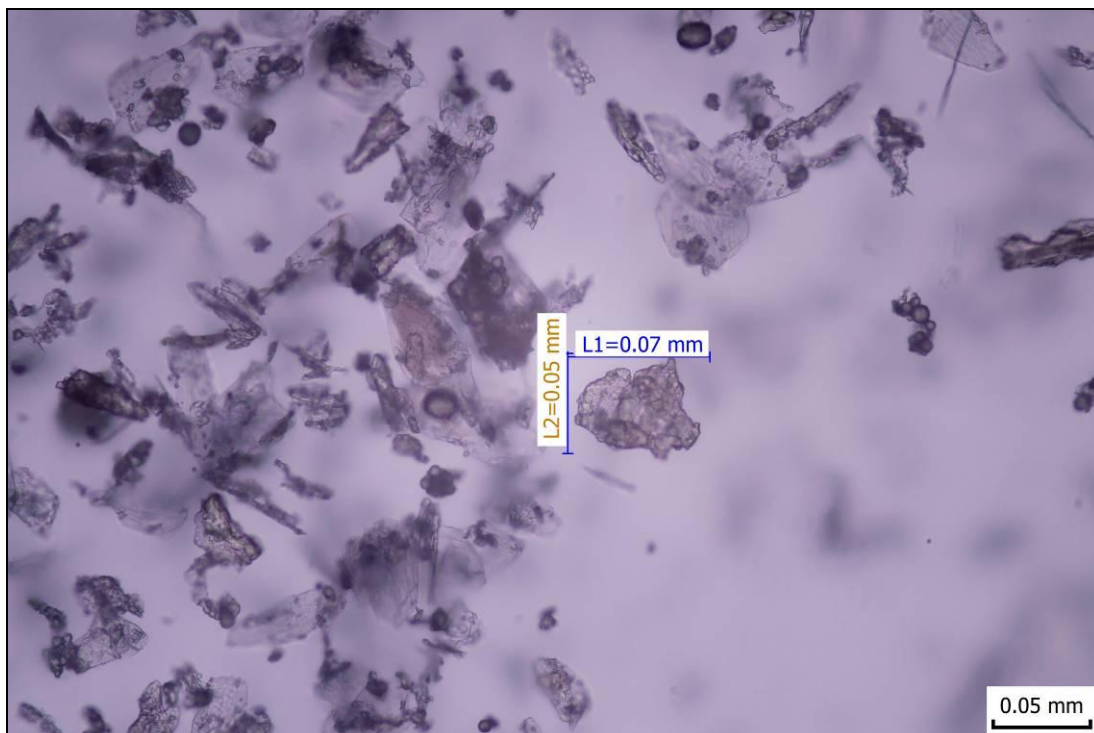
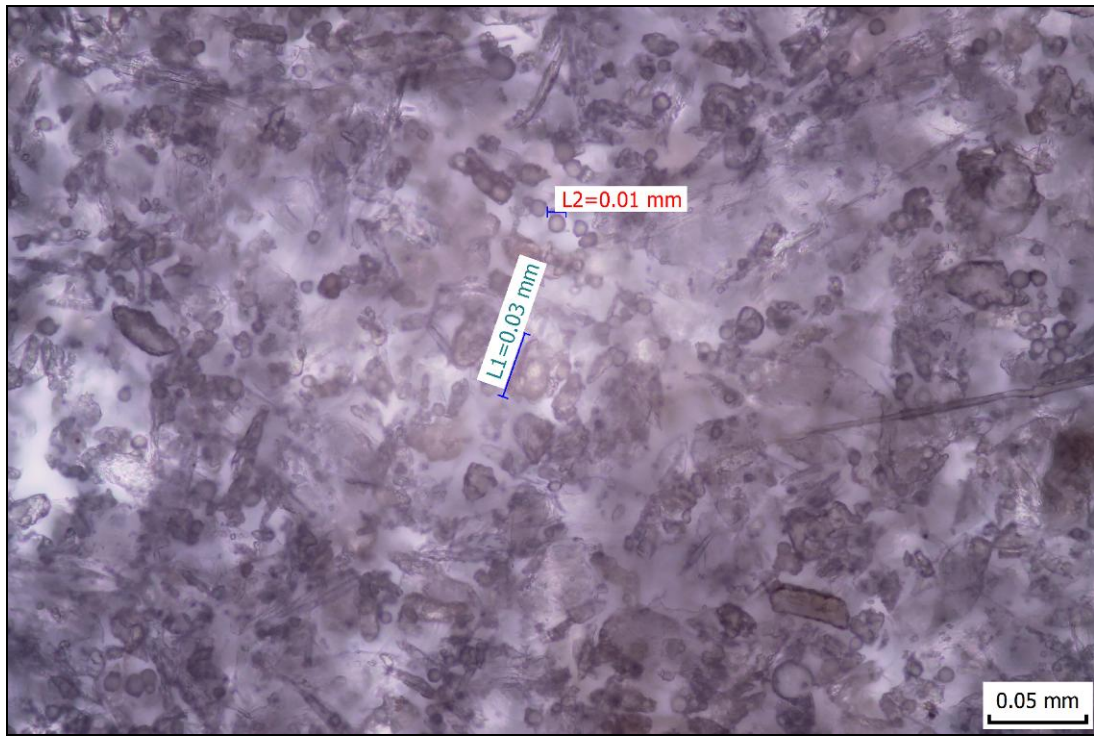
| | |
|--|----|
| GRAF 8: POPISNÉ STATISTIKY KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC V HALE SUDOMĚŘICE 1..... | 65 |
| GRAF 9: POPISNÉ STATISTIKY KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC V HALE SUDOMĚŘICE 2..... | 65 |
| GRAF 10: POPISNÉ STATISTIKY KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC V HALE ÚSTRAŠICE..... | 66 |
| GRAF 11: ZOBRAZENÍ LINEÁRNÍ ZÁVISLOSTI HODNOT DEKADICKÉHO LOGARITMU KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC VÝSTUPU NA VSTUPU PRO HALU SUDOMĚŘICE 1..... | 67 |
| GRAF 12: ZOBRAZENÍ LINEÁRNÍ ZÁVISLOSTI HODNOT DEKADICKÉHO LOGARITMU KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC VÝSTUPU NA VSTUPU PRO HALU SUDOMĚŘICE 2..... | 67 |
| GRAF 13: ZOBRAZENÍ LINEÁRNÍ ZÁVISLOSTI HODNOT DEKADICKÉHO LOGARITMU KONCENTRACE PRACHOVÝCH ČÁSTIC VÝSTUPU NA VSTUPU PRO HALU ÚSTRAŠICE..... | 68 |
| GRAF 14: POROVNÁNÍ ROZDÍLU KONCENTRACÍ PRACHOVÝCH ČÁSTIC NA VSTUPU A VÝSTUPU MEZI JEDNOTLIVÝMI HALAMI..... | 69 |

9 Seznam vzorců

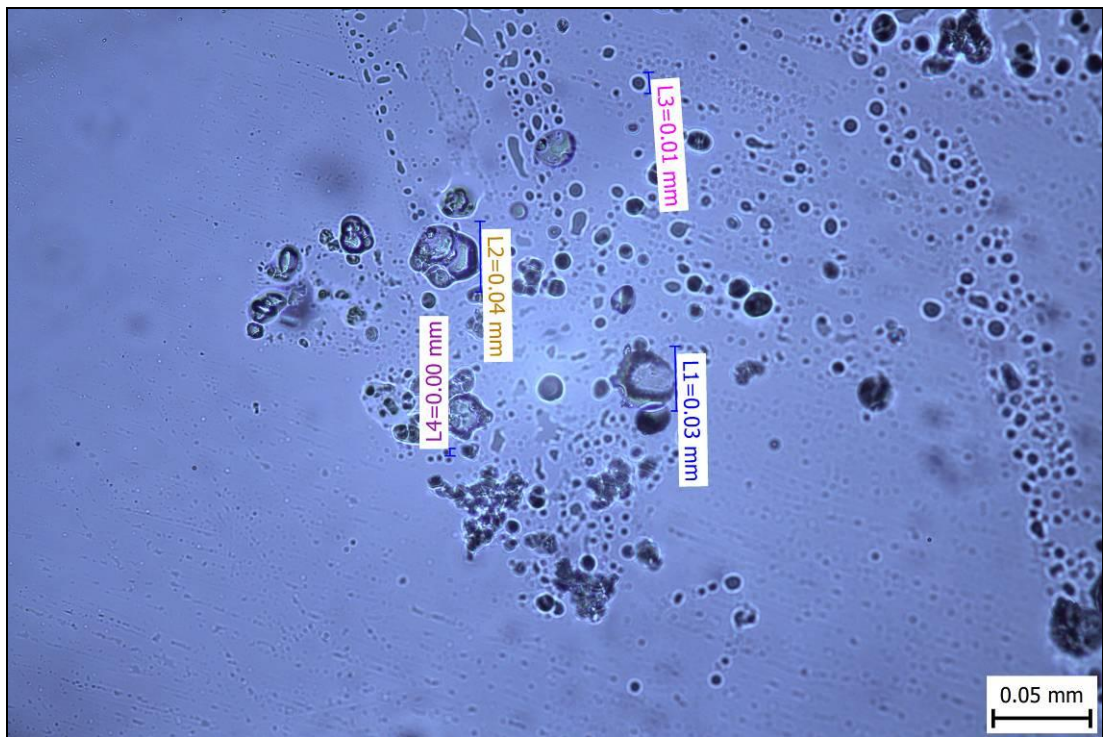
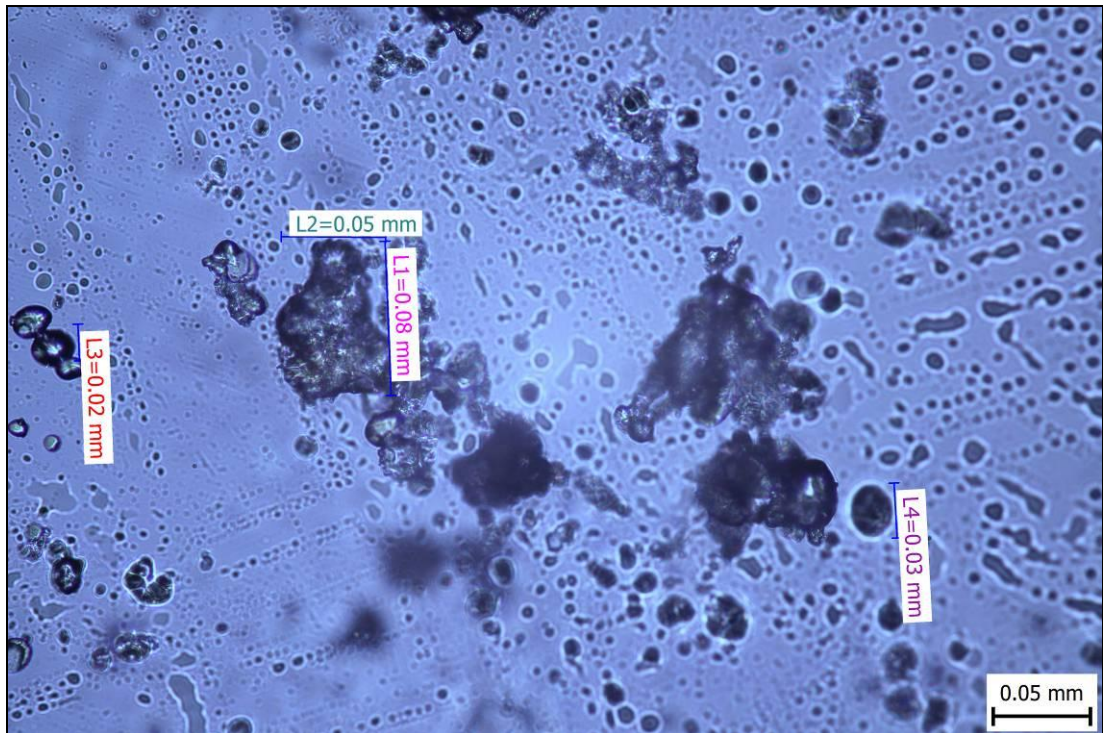
| | |
|---|----|
| ROVNICE 1: ABSOLUTNÍ VLHKOST VZDUCHU | 24 |
| ROVNICE 2: RELATIVNÍ VLHKOST | 24 |
| ROVNICE 3: KATAHODNOTA | 25 |
| ROVNICE 4: BRUTTO EMISE | 45 |
| ROVNICE 5: NETTO EMISE | 45 |
| ROVNICE 6: EMISE HODINOVÉ NA DENNÍ PRODUKCI | 46 |
| ROVNICE 7: EMISE NA 1KS A DEN | 46 |
| ROVNICE 8: EMISE NA 1KG ŽIVÉ HMOTNOSTI | 46 |
| ROVNICE 9: EMISNÍ FAKTOR | 46 |

9 Přílohy

Příloha A: Snímky prachových částic zachycených přístrojem Dust Trak



Příloha B: Snímky odebraného krmiva



Příloha C: Průběh koncentrace emisí při měření

