Zemědělská fakulta
Faculty of Agriculture

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
University of South Bohemia in České Budějovice

Metodika měření emisí prachových částic v chovech prasat

Vypracovali:
Ing. Ivo Celjak, CSc.
Ing. Jan Dolejš, CSc.
Ing. Marie Šístková, CSc.
Ing. Antonín Dolan, Ph.D.
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

České Budějovice | 2015

OBSAH

Úvod 3

1 Prachové částice v chovech prasat 5

2 Vybrané měřicí přístroje pro měření prašnosti 13

3 Postup měření v objektu s ustájenými prasaty 24

4 Záznam údajů o chovu prasat 33

5 Snižování emisí prachových částic a možnosti eliminace jejich šíření 35

Poděkování 38

Literatura 39

ÚVOD

Emise a imise prachu mající původ v nejrůznějších oblastech lidské činnosti významně ovlivňují stav životního prostředí a v konečném důsledku zdravotní stav lidí i zvířat. Správné stanovení koncentrací prachových částic v prostředí se z tohoto pohledu jeví jako klíčové nejen pro následné stanovení emisních limitů, ale také pro správný výběr použité technologie.

V současnosti jsou mezi znečišťovatele řazeny také zemědělské provozy s intenzivní živočišnou produkcí. Zde se jeví problematika měření koncentrací prachu jako velice významná, protože kvalita životního prostředí ovlivňuje zdraví značného počtu lidí i zvířat, které v chovném zařízení pobývají. Výzkum se v této oblasti tedy zaměřuje především na dva hlavní směry:

a) vliv koncentrace prachu na zdravotní stav ošetřovatelů,

b) welfare zvířat a jeho souvislost s koncentrací polétavého prachu.

Cíle prvního bodu sledují snahu minimalizovat zdravotní rizika pro obsluhující personál. V druhém případě se snaží vytvářet takové životní podmínky, které jsou nejvhodnější pro optimální a komplexní stav mentálního a fyzického zdraví zvířat a který zároveň odpovídá jeho životním potřebám.

Účinek prachových částic na organizmus je závislý především na složení, tvaru a velikosti. Částice nad 10 mikrometrů se do dýchacích cest buď vůbec nedostanou, nebo jsou zachyceny v horních cestách dýchacích. Menší částice (pod 10 mikrometrů) pronikají do dolních partií dýchacích cest a ztěžují zde samočisticí mechanizmy plic. Částice menší než 2,5 mikrometrů se dostávají až do plicních alveol a negativně působí na funkční účinnost dýchání.

Podle současného vědeckého poznání (např. van LEEUWEN, 1997), není možné pro prašný aerosol stanovit bezpečnou prahovou koncentraci, pod níž by nedocházelo k účinkům na lidské zdraví. Podle závěrů WHO (World Health Organisation) je prašný aerosol látkou s bezprahovým účinkem. HŮNOVÁ a ŠANTROCHA (2000) prokázali, že největší zdravotní dopad mají aerosoly o průměru prachových částic v řádu nanometrů. Přesto se ve většině států v Evropě odebírají vzorky prašného aerosolu TSP (Total Suspended Particulate) bez rozlišení velikosti částic. V realizovaných epidemiologických studiích se objevuje větší závislost zdravotních účinků na koncentraci prachové frakce do aerodynamického průměru 10 mikrometrů označované jako PM_{10} (Particulate Matter) než na TSP (např. KRZYZANOVSKÝ, VAN LEEUWENA a YOUINESE, 1998). Ještě vyšší korelaci vykazuje

frakce $PM_{2,5}$. Dle WHO je dokonce možné použít koncentrace této frakce k predikci zdravotních účinků. S působením frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ narůstá význam i jiných rozměrů, jako PM_1 (pronikají přes plicní alveoly do krevního oběhu) a dále i počet částic (koncentrace) a jejich původ a složení. Z uvedeného tedy vyplývá, že není vhodné zaměřit se při měření pouze na částice PM_{10}, ačkoliv by bylo možné získat potřebná data i pro částice menší frakce, které jsou zdraví škodlivější. Podle závěru WHO je základním nedostatkem chybějící evidence vyčleněné „hrubé" frakce PM_{10}, a dalších rozměrů PM, přestože například zdroje spalování představují větší zdravotní riziko. K hlubšímu a správnému porozumění vlivu velikosti prachových částic a doby expozice organismu zvýšené koncentraci těchto částic na zdravotní stav člověka, je potřeba realizovat další výzkumné práce.

V porovnání s jinými polutanty, jako jsou například dioxiny, PAHs, NO_2 a další, jsou emise polétavého prachu považovány za méně škodlivé. To má za následek podceňování zdravotních rizik a nedostatečná preventivní opatření, ačkoliv by k jejich realizaci postačovala jednoduchá technická řešení.

Cílem metodiky je poskytnout návod na měření koncentrací prachových částic, které jsou emitovány z objektů chovu prasat do nejbližšího okolí stájí. Metodika stanovuje umístění měřících přístrojů v oblasti řízené distribuce vzduchu z objektu a na vstupu vzduchu do objektu. Metodika sjednocuje rozsah měřených veličin, které mají vliv na proces uvolňování prachových částic do ovzduší kolem objektu.

Metodika je určena zejména pro potřeby Ministerstva zemědělství České republiky a zájemcům o měření stájového mikroklimatu v souladu s požadavky na podmínky chovu všech kategorií prasat, jako správný metodický návod na měření koncentrací prachových částic, a dále teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu stájových prostor podle směrnice Rady 2007/43 ES o minimálních pravidlech pro ochranu prasat chovaných na maso. Součástí této metodiky jsou popisy měření jednotlivých parametrů stájového mikroklimatu a popis doporučených měřících přístrojů, kterými je možné měření provádět.

Zásady provádění všech měření jsou v souladu s ustanovením zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, dále s vyhláškou č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech při chovu hospodářských zvířat, ve znění vyhlášky č. 425/2005 Sb., a vyhlášky č. 464/2009 Sb., které realizují směrnici Rady 2007/43/ES.

1 Prachové částice v chovech prasat

Metodika vychází z technických norem ČR, které jsou zároveň evropskými normami: Obě níže uvedené normy se týkají thorakálních frakcí prachu (aerosolu), to je částic, které se dostávají v dýchacím traktu až za hrtan. Metodika zahrnuje požadavky české legislativy, týkající se ochrany ovzduší (Zákon č. 86 ze dne 14. 2. 2002 o ochraně ovzduší). Měřené a vypočítané veličiny korespondují s požadavky Základního dokumentu pro ochranu ovzduší závazného pro členské státy Evropské unie (Směrnice Rady 96/61/EC IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control).

a) ČSN EN 12 341: Kvalita ovzduší – Stanovení frakce PM_{10} aerosolových částic - Referenční metoda a postup při terénní zkoušce ověření požadované těsnosti shody mezi výsledky hodnocené a referenční metody;

b) ČSN EN 14 907: Kvalita ovzduší – Normovaná gravimetrická metoda stanovení frakce $PM_{2,5}$ aerosolových částic. Stanovení prašnosti vychází z gravimetrické metody, doplněné systémy pro sledování „on-line".

1.1 Prašnost

Pojem prašnost se někdy vyjadřuje jako vzdušný aerosol. Je to suspenze tuhých a kapalných částic ve vzduchu. Velikost těchto částic je od 1 nm do 100 μm. Pro jejich měření se používá vyjádření v hmotnostní, nebo početní koncentraci. Pro potřeby této metodiky budeme využívat první variantu.

V ovzduší se vyskytují pevné nebo kapalné částečky označované souhrnně jako suspendované částice (Particle Matter - PM) nebo aerosol. PM jsou tvořeny směsí organických a anorganických látek, které vstupují do atmosféry, buď v důsledku lidské činnosti, nebo vlivem přírodních pochodů. Pro PM je charakteristické velké rozpětí velikosti částic, kterými je tvořen. PM je možno na základě tvaru a složení rozdělit do čtyř základních skupin na popílek, saze, minerální částice a ostatní. PM se dle charakteru a vlastností rozdělují podle velikosti, tvaru, povrchu a hustoty. PM spjaté s chovem drůbeže lze z hlediska jejich vniku a charakteru rozdělit do tří skupin:

a) Emise vznikající přímo ve stájích – tyto emise vznikají v přímé souvislosti s chovem zvířat. Jedná se o amoniak (NH_3), sirovodík (H_2S), metan (CH_4) oxid dusný (N_2O), a prachové částice rozmanitých velikostí. Uvedené škodliviny vznikají vlivem látkového metabolizmu zvířat a mikrobiální činností v podestýlce. Objem emisí závisí na počtu, hmotnosti, úrovní výživy a technice krmení a ošetřování zvířat. Emise prachu mají původ přímo ve stájích. Pro chov zvířat dané kategorie je objem emise relativně stabilní.

b) Prachové částice vstupující jako imise do stájí – prachové částice vstupující do stájí jako imise jsou generovány primárně energetikou a dopravou, sekundárně pak meteorologickými podmínkami. Imise prachových částí závisí na lokálních a meteorologických podmínkách a na podmínkách stálého depozita prachu kolem sledovaného objektu. Koncentrace prachu imise je z tohoto důvodu velmi variabilní a při měření je nutné průběžně hodnoty zaznamenávat.

c) Stájové ovzduší – prachové částice ve stájích tvoří škodlivou příměs stájového vzduchu. Parametry rozhodujícími o škodlivosti pro zdraví hospodářských zvířat jsou složení, velikost a koncentrace částic ve stáji. Zatímco prach ve stájovém ovzduší představuje prokazatelně závažnou zátěž dýchacích cest a spojivek prasat a lidí, po rozptýlení v okolí stájí není obvykle jeho imisní působení příliš závažné. Daleko větší význam mají prachové částice jako nosiče mikroorganismů, bakteriálních endotoxinů a pachových látek, včetně zátěžových plynů.

Hlavním zdrojem prachu ve stájích jsou obvykle suché krmné směsi. Množství prachu, které se z těchto směsí uvolňuje, se odhaduje na 0,1 % z celkového množství krmiv. K uvolňování prachu dochází při manipulaci s těmito krmivy, zejména při plnění zásobníků krmiv, zvláště nejsou-li jejich výdechové hlavice opatřeny žádnými filtračními zařízeními. Přibližně polovina tohoto množství se vlivem vlhkosti usadí hned ve stáji a odchází s exkrementy a smetky ve formě trusu, druhá polovina uniká ve formě úletů do ovzduší. Biologická agresivita prachových částic je dána jeho dráždivými účinky na sliznici, především dýchacích cest. Může však docházet i k poškození jiných tkání, např. spojivek či kůže, a to v závislosti na složení jednotlivých částic prachu a jejich velikosti. Podle ní je pak možné usuzovat na hloubku průniku v dýchacích cestách, podle chemického složení na dráždicí efekt napadených tkání. Hygienický význam prachu je dán jeho vlastnostmi a to zejména velikostí

prachových částic, jejich složením, tvarem, specifičností povrchu, elektrickým nábojem, absorpční schopností povrchu částic, případně chemickou agresivitou.

1.2 Požadavky na mikroklima v chovech prasat

Správně navržený a provozovaný systém tvorby a řízení stájového mikroklimatu musí umožňovat dosažení optimálních hodnot hlavních proměnných pro jednotlivé kategorie prasat, tedy vytvoření teplotně – vlhkostní komfortní zóny. Teplota vzduchu je nedílnou součástí hodnocení fyzikálního prostředí. Významně ovlivňuje fyziologii organismů, chování zvířat, welfare a užitkovost prasat. Vypovídá zejména o stavu tepelné zátěže či subjektivním pocitu tepelné pohody zvířete. Teplota je jedním z faktorů zajišťujících optimum stájového prostředí. Optimální teplotu lze charakterizovat jako určitý stav rovnováhy mezi subjektem a okolím bez zátěže systému termoregulace prasete.

Nejčastějším nedostatkem mikroklimatu ve stájích prasat je vysoká relativní vlhkost. Je proto nutné větrat tak, aby vlhkost stájového vzduchu nepřekročila doporučené hodnoty. Tělo zvířete se ochlazuje pocením, čímž odvádí přebytečné teplo. Pokud je relativní vlhkost vysoká, rychlost odpařování se snižuje. Proudění vzduchu je tudíž významným kvalitativním faktorem ovlivňujícím mikroklima ve stáji. Zahrnuje interakci vlastního proudění vzduchu a subjektivní vnímání teploty zvířetem, což je funkcí množství výměn vzduchu ve stáji spolu s jejími podtlakovými poměry. Rychlost proudění vzduchu v $m.s^{-1}$, je veličinou charakterizující pohyb vzduchu v prostoru. Má svou velikost a směr. Regulaci rychlosti proudění vzduchu se využívá k pozitivnímu účinku proudícího vzduchu na pocitové vnímání teploty v teplém až horkém období roku. V chladném období se jeho negativní vliv projeví při průvanu.

Ve stájovém vzduchu je na 150 druhů škodlivých plynů a rozmanité koncentrace prachových částic. Z nich největší problém pro zvířata představuje amoniak (NH_3), oxid uhličitý (CO_2), sirovodík (H_2S), metan (CH_4), merkaptany a prachové částice.

Systém stájového mikroklima musí zahrnovat všechny složky a prvky tak, aby v každém období roku byl schopen optimalizovat minimálně teplotní a vlhkostní parametry stájového vzduchu, tedy zaručit zvířatům pohodu žití (welfare). Základem jeho funkčnosti je správný návrh ventilačního systému ve vazbě na topný, chladící a řídicí systém.

1.3 Zdroje prachových částic ve stájových chovech prasat

Prašnost ve stájích prasat je ovlivněna především následujícími faktory:

a) charakter podestýlky
b) druh a vlastnosti krmiva
c) prašná podestýlka a způsob podestýlání
d) zlomky srstí u savců (čištění zvířat ve stáji)
e) imise prachových částí vlivem větrání
f) úklid – zametání na sucho
g) vápenný prach (optická dezinfekce – aplikace desinfekčních preparátů v práškové formě)

Zviřování prachových částic je pak podmíněno vlastním provozem, charakterem a použitou technologií ustájení, způsobem dávkování krmiva, pohybem zvířat a intenzitou proudění vzduchu, respektive činností větracích zařízení (například u přetlakových větracích systémů se riziko zviřování zvyšuje). Například ZEMAN (1994) uvádí ve stájích pro prasata obvyklé hodnoty koncentrace 12,4 – 25,9 $mg.m^{-3}$. Koncentrace prachových částic značně kolísá během dne, a tov závislosti na provozu a klidu ve stáji. Hodnoty naměřeného prachu se mohou prudce zvýšit např. při ustájení nových zvířat a těsně po dávkování krmiv. Zeman (1994) dále uvádí tyto hodnoty ve vepřínech: v klidu 5,4 – při krmení granulemi 12,5 – krmení sypkou směsí 22,2 – maximum při úklidu a ometání povrchů 25,9 $mg . m^{-3}$.

Celkové množství prachových částic ve stáji je výsledkem bilance, ve které na jedné straně dochází k produkci prachu z různých zdrojů uvnitř objektu a na druhé straně je komplex mechanismů působících k odstraňování prachu a tím vedoucích k snižování jeho koncentrace ve stájovém vzduchu.

Technika krmení a stav krmiva (suché nebo mokré) má omezený vliv na průměrnou prašnost ve stáji pro výkrm prasat. Značné množství prachu pochází od zvířat samotných. KIC (1996) uvádí, že v obou případech krmení (suchým i mokrým krmivem) vzrostla koncentrace prachu během doby krmení následkem zvýšené aktivity zvířat. Krmná technika může ovlivnit aktivitu zvířat a tím mít nepřímý vliv na koncentraci prachu ve stájí.

Také některé další studie prokázaly, že aktivita ve stáji chovaných prasat má velký vliv na koncentraci prachu ve stájovém vzduchu. Ke zvýšení koncentrace prachu dochází během intenzivních aktivit, jako je krmení, vážení prasat apod. Obecně platí, že koncentrace prachových částic během dne je vyšší než v noci, kdy jsou zvířata více v klidu.

1.4 Minimální standardy pro chov prasat

Standardy stanovuje Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu zvířat v § 3. Tato právní úprava stanovuje prostředí pro chov prasat z hlediska fyzikálních veličin, které mají vliv na stájové mikroklima, dále stanovuje podmínky pro ustájení tak, aby prasata nebyla vystavena stresu, úrazu a měla přístup k dostatečnému množství potravy a vody. Stanovuje také minimální rozměry podlahové plochy v závislosti na jejich živé hmotnosti a způsoby ustájení. Pokyny pro odchovávaná a vykrmovaná prasata ve skupině jsou uvedeny v následující tabulce 1.1 (Vyhláška č. 208/2004 Sb. o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat).

Tabulka 1.1 - Pokyny pro odchovávaná a vykrmovaná prasata ve skupině

Prase o živé hmotnosti (kg)	Podlahová plocha bez překážek (m^2)
do 10 kg	0,15
od 10 kg do 20 kg	0,20
od 20 kg do 30 kg	0,30
od 30 kg do 50 kg	0,40
od 50 kg do 85 kg	0,55
od 85 kg do 110 kg	0,65
vyšší než 110 kg	1,00

1.5 Kategorie prasat, cyklus a hmotnosti

V tabulce 1.2 jsou uvedeny kategorie prasat a jejich předpokládaná hmotnost v živém stavu (Přikryl, 1997).

Tabulka 1.2 – Kategorie prasat

Kategorie	Živá hmotnost (kg)
Prasnice zapouštěné a nízkobřezí	
Selata v dochovu	od živé hmotnosti 5 až 8 kg selat do živé hmotnosti 25 až 35 kg
Prasata ve výkrmu	od 25 až 35 kg do 105 až 120 kg živé hmotnosti
Chovné prasničky	od 25 do 130 kg živé hmotnosti
Chovní kanečci	od 25 do 140 kg živé hmotnosti
Plemenní kanci	pro přirozenou plemenitbu či inseminaci 150 až 350 kg živé hmotnosti
Kanci prubíři	pro zjišťování říjících se prasnic od 140 kg do 300 kg živé hmotnosti

V tabulce 1.3 jsou uvedeny průměrné denní přírůstky a spotřeby krmné směsi pro jednotlivé kategorie prasat (Přikryl, 1997).

Tabulka 1.3 - Průměrné denní přírůstky a spotřeby krmné směsi pro jednotlivé kategorie prasat.

Kategorie	Průměrný denní přírůstek (g)	Spotřeba krmné směsi (kg)
Selata po odstavu	150 - 250	1 – 1,5
Selata v dochovu	380 - 500	1,8 – 2,5
Prasata ve výkrmu	600 - 800	2,8 – 3,8
Chovné prasničky	550 - 650	3,0 – 3,5
Chovní kanečci	700 - 900	2,6 – 3,0

1.6 Produkce odpadních látek v chovu prasat

Hodnota produkce odpadních látek je závislá na kategorii prasat, jejich věku, způsobu distribuce vody a krmiva, na úrovni hodnot veličin stájového mikroklimatu. Jako příklad jsou uvedeny průměrné hodnoty v kategorii prasat ve výkrmu při hmotnosti 100 kg v tabulce 1.4 (Přikryl, 1997).

Tabulka 1.4 – Hodnoty denní produkce odpadních látek v kilogramech v přepočtu na jedno zvíře (prase) o hmotnosti 100 kg

Odpadní látka	Hmotnost produkce 1 kusu prasete za 1 den
Kejda	7,4 $kg.den^{-1}.ks^{-1}$; při sušině 7,1 %;
Moč	4,5 $kg.den^{-1}.ks^{-1}$
Bioplyn	0,2 $m^3.den^{-1}.ks^{-1}$
Vodní páry	23 $mg.ks^{-1}$ při vnitřní teplotě 23°C
CO_2	14 $mg.s^{-1}.ks^{-1}$

1.7 Limitní koncentrace plynných a prachových částic

Limitní koncentrace plynných škodlivin, které nesmí být překračovány, jsou uvedeny v následující tabulce 1.5 (Přikryl, 1997).

Tabulka 1.5 – Limitní koncentrace plynných škodlivin

Plynná škodlivina	Limitní koncentrace ($mg.m^{-3}$)
CO_2	4500 $mg.m^{-3}$
NH_3	18 $mg.m^{-3}$
H_2S	10 $mg.m^{-3}$

Pro ustájení u prasat ve výkrmu nad 30 kg je podle dosud platného dokumentu BREF limit ve výši 1,35 – 3 kg $NH_3.ks^{-1}.rok^{-1}$. Podle dokumentu k finálnímu draftu pro schválení nového dokumentu BREF od TWG je navrhován pro tuto kategorii limit 0,5 - 3 kilogramu amoniaku na kus a rok (tabulka 5.6, str. 88). Spodní hranice platí pro stáje vybavené pračkou vzduchu.

Emisní limit prachových částic pro danou kategorii podle dosud platného dokumentu BREF určen nebyl. Podle dokumentu k finálnímu draftu pro schválení nového dokumentu BREF od TWG je navrhován limit pro všechny kategorie prasat ve výkrmu v rozsahu 0,1 až 0,24 kilogramu prachu na kus a rok. Spodní hodnota je stanovena pro selata v dochovu (Tabulka 5.7, str. 91).

2 Vybrané měřicí přístroje pro měření prašnosti

2.1 Monitor aerosolů DUST TRAK 8520

Výrobce: TSI Incorporated (USA)

Princip : odraz laserového paprsku od částic v měřící buňce a následné elektronické vyhodnocení

Rozsah měření: 0,001 – 100 $mg.m^{-3}$

Členění: PM_{10} – prachové částice (tuhé i kapalné) do průměru 10 µm

$PM_{2,5}$ .... 2,5 µm

PM_{1}... 1,0 µm

Respiratorní .... 4,0 µm

Přesnost měření: 0,1 % čtení, nebo ± 0,001 $mg.m^{-3}$

Průtok vzduchu: 1,4 – 2,4 $l.min^{-1}$

Časová konstanta: 1 – 60 s

Logger: > 31000 měření (= 21 dní v intervalu 1 minuta)

Interval měření: 1 s až 60 minut

Prostředí: 0 – +50°C, činnost loggeru: -20 – +60°C

Hmotnost : 1,5 kg

Napájení: 6 V/300 mA – 4 ACCU články – R20, nebo síťový napáječ

Příslušenství: trysky pro měření $PM_{2,5}$ a PM_{1} (v základním stavu je měřena frakce PM_{10}), cyklon pro měření respiratorního prachu (≤ 4 µm), průtokoměr – pro kalibraci

Režim provozu: ambulantní měření bez ukládání hodnot do paměti

- LOG 1: záznam dat do paměti od fyzického zapnutí do fyzického vypnutí.
- LOG 2: záznam dat do paměti od fyzického zapnutí až do nastavené doby vypnutí.
- LOG 3: záznam dat od nastavené doby až do nastavené doby vypnutí.

Kalibrace přístroje: doporučuje se roční kalibrace (mimo ČR – Švédsko, cena cca 60 tis. Kč).

Obrázek 2.1 - Měřicí přístroj Dust Trak 8520, zdroj: Autoři

2.2 Monitor aerosolů DUST TRAK 8530 II

Výrobce: TSI Incorporated (USA)

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

Rozsah měření: 0,001 – 150 mg.m^{-3}

Rozsah velikosti částic: 0,1 – 15 µm

Členění: PM_{10} – prachové částice (tuhé i kapalné) do průměru .... 10 µm

$PM_{2,5}$ .... 2,5 µm

PM_1 .... 1 µm

Respiratorní .... 4 µm

Přesnost měření: ±0,1% z naměřené hodnoty, resp. 0,001 mg.m^{-3}, podle toho která hodnota je vyšší

Průtok vzduchu: 3,0 l.min^{-1}

Časová konstanta: 1 – 60 s

Záznam údajů: 45 dní při 1 minutových vzorcích

Interval zaznamenávaných údajů: 1 s až 1 hodina

Prostředí: 0 až + 50°C

Provozní vlhkost: 0 až 95 % (nekondezující)

Hmotnost: 2 kg s 1 baterií (2,5 kg se 2 bateriemi)

Napájení: Síťový napáječ nebo 2 baterie Li-ion s výdrží 9 hodin.

Příslušenství: Kalibrační impaktor 2,5 µm

Kalibrační impaktor 10 µm

Průtokoměr pro kalibraci

Cyklon pro měření respiratorního prachu (≤ 4 µm)

Režim provozu: Interval zaznamenávaných údajů lze nastavit od 1 sekundy do 60 minut (jde o časový interval mezi jednotlivými zaznamenanými údaji).

Délku měření lze nastavit od 1 minuty až po limit daný kapacitou paměti. Doba mezi jednotlivými měřeními může být 1 minuta až 30 dní.

Údržba přístroje: - vstupní port (po odšroubování vstupní trysky) po 350 hodinách při 1 $mg.m^{-3}$

- čištění 2,5 µm destičky kalibračního impaktoru před každým použitím (aplikace 2 kapek oleje (je součástí přístrojového vybavení).

- výměna interních filtrů po 350 hodinách při 1 $mg.m^{-3}$.

Kalibrace přístroje: Doporučená lhůta po 1 roce používání v ČR provádí TESTOVACÍ TECHNIKA s.r.o., Hakenova 1423, 2920 01 Poděbrady, cena cca 30 000,-Kč. Vzhled přístroje viz obrázek 2.2.

Obrázek 2.2 - Měřicí přístroj Dust Trak 8530 II, zdroj: Autoři

2.3 Monitor aerosolů MICRODUST PRO

Výrobce: Casella Cel (GB)

Princip: odraz infračerveného paprsku od prachu v měřicí komůrce a následné elektronické vyhodnocení

Rozsah měření: 0,001 – 2500 $mg.m^{-3}$ v 5 rozsazích

Frakce: TSP – celkový prach

PM_{10} – do aerodynamického průměru 10 μm

$PM_{2,5}$ – do aerodynamického průměru 2,5 μm

Respiratorní – do 4 μm

Přesnost měření: 0,1 % při čtení, nebo 0,001 $mg.m^{-3}$

Průtok vzduchu: 2,4 – 2,7 $l.\ min^{-1}$

Časová konstanta: 1 – 60 s

Paměť: 15.700 záznamů

Provozní podmínky: 0 – +50°C, logger -20 až +60°C

Hmotnost přístroje: 1,7 kg (bez příslušenství)

Napájení: 4x článek R 20 (1,5 V), nebo ACCU, síťový napáječ 6V/230 V, mobilní napájecí jednotka.

Příslušenství: kónické hlavice s přípojnou hadicí + zádržné a vymezovací filtry (PM_{10}, $PM_{2,5}$ a respiratorní prach), cyklon (pro měření respiratorního prachu), kalibrátor průtoku vzduchu, kalibrační buňka, profukovaní balónek

Režim měření: - bez záznamu do paměti – ambulantní měření

- se záznamem do paměti – interval měření 1 sekunda až 60 minut

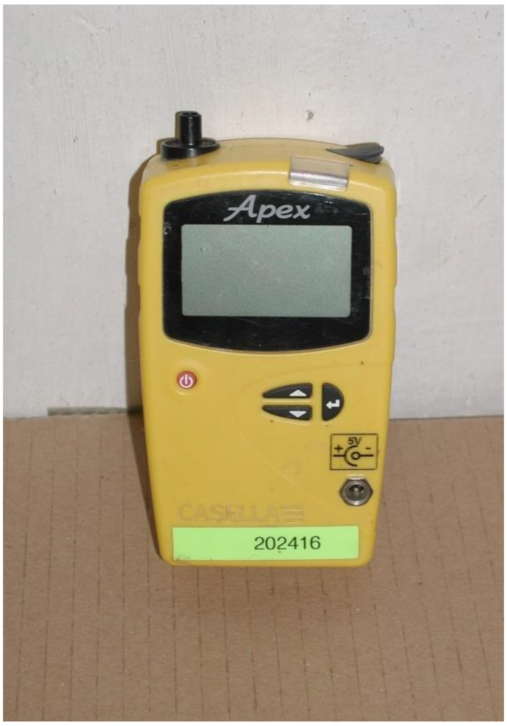
Software : programování měření a záznam dat + přenos dat do PC.

Doporučuje se každoroční kalibrace přístroje.

Obrázek 2.3 - Měřicí přístroj Microdust Pro, zdroj: Autoři

2.4 Vzorkovací vzduchové čerpadlo APEX

Výrobce:	Casella Cel (GB)
Princip:	Vzduchová pumpa nasává definovaný objem vzduchu přes vzorkovací hlavici, kde je uložen sběrný filtr a vymezovací filtr (pro PM_{10}, $PM_{2,5}$ a respirační frakci- 4 µm)
Průtok vzduchu:	nastavitelný 0,8 – 5 $l.min^{-1}$
Přesnost:	± 3 %
Napájení:	4,8 V/2,7 Ah – NIMH - vestavěné do přístroje, dobíjení přes speciální zdroj, nabíjení cca 3 h – plně nabitá. Provoz při průtoku vzduchu 2 $l.min^{-1}$ je cca 16 až 25 h (dle filtru použitého v hlavici)
Záznam dat:	čas startu a vypnutí přístroje, aktuální průtok vzduchu, průměrný průtok vzduchu, celkový objem vzduchu, teplota vzduchu
Hmotnost:	cca 460 g
Příslušenství:	nabíječka ACCU – specifická, pouze pro pumpy APEX průtokoměr – pro kalibraci průtoku vzduchu (0,6 až 5 $l.minuta^{-1}$)
Software:	infra přechod do PC přes rozhraní RS 232. Kompatibilní s Windows 95, 98, 2000, NT-4 a XP.
Výstup:	protokol měření



Obrázek 2.4 - Vzduchové čerpadlo Apex, zdroj: Autoři

2.5 Vzorkovací hlavice APEX

Výrobce: Casella Cel (GB)

Provedení: hlavice CIS (Conical Inhalable Samolet) ve spojení se vzorkovací pumpou APEX, spojení hadicí PE (průměr 5 mm)

Sběrný filtr: průměr 37 mm (fieber glass, membránový)

Vymezovací filtry: polyuretanové filtry

Pro: TSP bez filtru

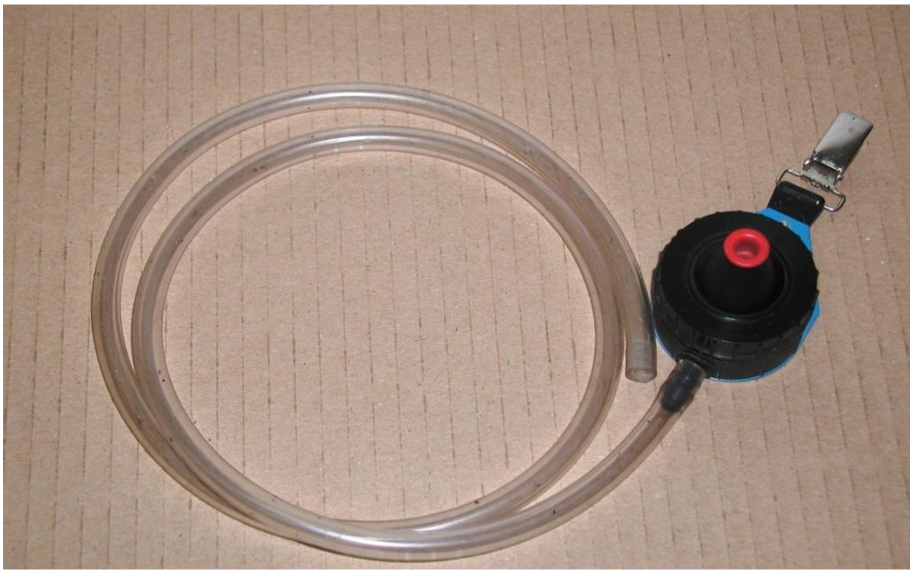
PM_{10} – bílý filtr

$PM_{2,5}$ – černý filtr

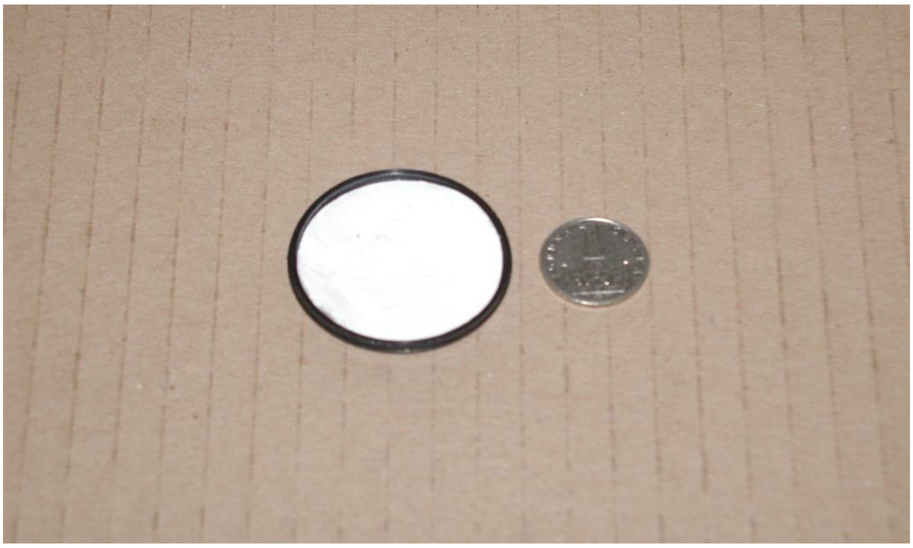
Respiratorní prach – kombinace (bílý + černý)

Hmotnost zachyceného prachu: Gravimetrické stanovení rozdílu hmotnosti mezi držákem sběrného filtru + sběrný filtr po měření a před začátkem měření (musí být váženo na analytických vahách)

Koncentrace prachu: TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$ a respiratorního prachu. Vzhled hadice viz obrázek 2.5, filtr viz obrázek 2.6.



Obrázek 2.5 - Vzorkovací hlavice Apex, zdroj: Autoři



Obrázek 2.6 - Zádržný filtr k hlavici Apex, zdroj: Autoři

2.6 Přístroje pro gravimetrické stanovení prašnosti

Analytická váha OHAUS FP 214 CH – Váživost: 600 g, přesnost: 0,0001 g

Použití: pro gravimetrické stanovení TSP a všech frakcí prachu.

Předvážky: Kern EW 150 – 3M Váživost: 1200 g, přesnost: 0,001 g.

Obrázek 2.7 - Analytické váhy OHAUS, zdroj: Autoři

2.7 Vybrané přístroje pro měření doplňujících fyzikálních veličin

2.7.1 COMMETER D4141

Pro měření teploty vnitřního prostředí je vhodné použít například digitální záznamový termohydrobarometr s externí sodou (viz obrázek 2.8).

Výrobce: Comet systém s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm, ČR.

Digitální záznamový termohydrobarometr s externí sondou je určen pro měření a záznam teploty, relativní vlhkosti vzduchu, atmosférického tlaku a tlakové tendence za uplynulé tři hodiny s možností zobrazení přepočtené hodnoty rosného bodu a přepočtené hodnoty atmosférického tlaku na hladinu moře.

Teplota je měřena odporovými snímači Ni 1000/6180 ppm, přičemž snímač vnější teploty a snímač vlhkosti vzduchu jsou umístěny v připojitelné externí sondě. Snímače atmosférického tlaku vzduchu a vnitřní teploty přístroje jsou uvnitř přístroje.

Naměřené hodnoty jsou zobrazovány na dvouřádkovém LCD displeji a mohou být ukládány v nastavitelném časovém intervalu do vnitřní, energeticky nezávislé paměti, odkud je lze přenést do osobního počítače.

Naměřené hodnoty jsou porovnávány v přístroji se dvěma nastavitelnými hodnotami pro každou veličinu (maximální a minimální) a jejich překročení signalizuje blikáním na displeji a i akusticky (kromě tendence atmosférického tlaku vzduchu).

Měřící rozsah teplot je -30 až +105 °C s přesností ± 0,4 °C a rozlišením 0,1 °C, u relativní vlhkosti 0 až 100 % RV s přesností ±2,5 % RV v rozsahu 5 – 95 % při 23 °C a rozlišením 0,1 % RV.

Obrázek 2.8 - Commeter D4141, zdroj: Autoři

2.7.2 LOGGER S3120

Měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu je možné provádět například i s použitím záznamníku teploty a relativní vlhkosti vzduchu s displejem (viz obrázek 2.9).

Výrobce COMET SYSTÉM s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm, ČR.

Měřící senzory teploty a relativní vlhkosti jsou nedílnou součástí přístroje, naměřené hodnoty včetně vypočtené hodnoty rosného bodu jsou zobrazovány na dvouřádkovém displeji

LCD a jsou ukládány v nastavitelných časových intervalech do vnitřní, energeticky nezávislé paměti. Nastavení a ovládání záznamníku se provádějí prostřednictvím počítače. Zapnutí a vypnutí je možné i pomocí přiloženého magnetu (lze jím i paměť nulovat).

Na displeji je možné i volit zobrazení nastavitelných minimálních a maximálních naměřených hodnot střídavě s okamžitými hodnotami. Překročení nastavených hodnot je signalizováno na displeji. Naměřené hodnoty lze z vnitřní paměti pomocí komunikačního adaptéru přenést do osobního počítače k vyhodnocení.

Měřící rozsah teplot vzduchu je -30 až +70 °C s přesností ± 0,4 °C a rozlišením 0,1 °C, u relativní vlhkosti vzduchu 0 až 100 % RV s přesností ± 2,0 % RV v rozsahu 5 až 95 % RV při 23 °C a rozlišením 0,1 % RV.

Obrázek 2.9 - Logger S3120, zdroj: Autoři

2.7.3 TESTO 445

Měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu (ale i celé řady dalších veličin) je možné provádět i s použitím přístroje (viz obrázek 2.10).

Výrobce Testo s.r.o. Praha, ČR.

Jedná se o kompaktní multifunkční zařízení, které pomocí přípojných sond (anemometrů et c.) může měřit teplotu, tlak, vlhkost a proudění i kvalitu vzduchu. Používá se pro měření klimatických podmínek v místnostech, pro regulaci a kontrolu vzduchotechnických zařízení, pro měření rosného bodu v rozvodech stlačeného vzduchu a kontrolu kvality vzduchu. Nesmí se používat ve výbušném prostředí a pro diagnostická měření v medicíně. Přístroj je schopný provádět i výpočty (entalpie, rosný bod, přepočet atmosférického tlaku vzduchu na hladinu moře et c.) a data přenášet do počítače (i přes infračervené rozhraní), nebo i rovnou tisknout.

Měřící rozsah anemometrů je 0 až 60 $m.s^{-1}$ s rozlišením 0,01 $m.s^{-1}$ při objemovém průtoku vzduchu 0 až 99.990 $m^3.h^{-1}$.

Obrázek 2.10 - Přístroj Testo 435 s vrtulovou sondou, zdroj: Autoři.

3 POSTUP MĚŘENÍ V OBJEKTU S USTÁJENÝMI ZVÍŘATY

Cílem měření je stanovit koncentrace frakcí prachových částic PM_{10}, $PM_{2,5}$. Měření dalších rozměrů částic má specifický charakter.

Při měření se postupuje podle obecně platných zásad s ohledem na reprodukovatelnost a opakovatelnost naměřených dat, přičemž je nutné dodržet následující požadavky:

- v průběhu měření se provádí měření koncentrace prachových částic na výstupu a na vstupu vzdušiny do objektu;
- před měřením mimo objekt se provede měření rychlosti a směru větru;
- zjistí se počet „***k***“ kusů zvířat při měření;
- zjistí se průměrná hmotnost 1 kusu zvířete;
- zjistí se délky výkrmového cyklu;
- zjistí se počet dní „$\boldsymbol{D_z}$“, kdy je hala obsazena prasaty (zpravidla 365 dní);
- specifikuje se technologie ustájení a pořídí se nákres s označením jednotlivých měřících míst (charakter podestýlky, zda se vyklízí v průběhu výkrmu);
- charakterizuje se krmivo (obchodní název, označení) a způsob distribuce;
- zjistí se technické parametry vzduchotechnického zařízení (výkonnost v $m^3.h^{-1}$);
- o provedeném měření se uskuteční záznam v grafické podobě (na ose x doba měření, na ose y koncentrace prachových částic).

Měření je realizováno v rozsahu 24 hodin bez přítomnosti obsluhy obou měřících přístrojů DUSTR TRAK II, vlhkoměru, anemometru, a měřiče atmosférického tlaku. Pro měření jsou použity dva přístroje. Instalace přístrojů vyžaduje vstup do objektu v rozsahu do 1 hodiny při instalaci přístrojů a do 20 minut při odebrání přístrojů. Měřicí přístroje budou v objektu v činnosti po dobu 24 hodin. Přístroje jsou velikosti do 30 x 30 x 25 cm. Umístění jednoho přístroje DUST TRAK II (dále přístroj č. 1) je na vstupu vzduchu do objektu a druhého přístroje DUST TRAK II (dále přístroj č. 2) před ventilátorem, resp. v šachtě zvoleného odsávacího ventilátoru. Pro zajištění kontinuálního měření je potřebné umožnit napájení přístrojů ze sítě v rozsahu 200 až 250 W po dobu přibližně 15 hodin (vzhledem k omezené kapacitě zdrojů na 9 hodin). K přístrojům je nutné přivést pohyblivé prodlužovací vodiče, které je nutné předtím dezinfikovat. Pohyblivé prodlužovací vodiče je nutné vést tak, aby nedošlo k jejich poškození činností ošetřovatelů nebo prasat a také, aby jimi nebyla zraněna.

3.1 Podmínky při měření

- průměrná relativní vlhkost vzduchu v hale za 48 hodin před měřením nepřekročí 80 % při venkovní teplotě nižší než 10 °C;
- optimální venkovní teplota je v rozmezí +10 až +30 °C;

3.2 Pomůcky a měřicí přístroje

2 x Přístroj DUST TRAK II
Vlhkoměr
2 x Teploměr
Anemometr
Prodlužovací kabely pro napájení přístrojů DUST TRAK, pokud bude měření trvat déle než 6 hodin
Stojací žebřík výšky minimálně 2,6 m
Prodlužovací (teleskopická) tyč s nosností minimálně 2 kg
Závěsné síťky pro zavěšení přístrojů DUST TRAK
Připevňovací stahovací pásky nebo vázací drát na připevnění pohyblivých přívodů a síťky s přístrojem
Měřič atmosférického tlaku vzduchu

3.3 Realizace měření

Jako místo měření koncentrace frakce prachu (umístění přístroje č. 1 - vzorkovací hlavy) se volí reprezentativní místo. Nejvhodnější je v prostoru, kde je umístěn odtahový ventilátor (větrací šachta nebo komín), nejlépe v prostřední části měřeného objektu (stáje).

Vzhledem k variabilitě stavebního řešení stájí a vzhledem k variabilitě technologií ustájení jsou místa měření rozdílná a nelze tedy jednoznačně stanovit jejich pozici shodnou pro všechny objekty. Obecně lze doporučit, aby polohy měřících míst byly ve prospěch objektivního získání hodnot koncentrace prachových částic pro zjištění výrobní měrné emise, podmínek hygieny prasat a také ošetřovatelů. Pokud jsou zjišťovány hygienické podmínky chovu prasat, je nutné přístroj umístit uprostřed (sekce, místnosti, mezi boxy), resp. v místech, kde prasata setrvávají. Pokud jsou zjišťovány hygienické podmínky ošetřovatelů, je nutné

umístit přístroj do míst, kde se pohybuje ošetřovatel. Pozice měřících přístrojů je nutné zakreslit do náčrtku, který je součástí zprávy.

Pro měření koncentrace frakcí prachu z důvodu výpočtu emisí je nutné 1. přístroj (vzorkovací hlavu) umístit ve výduchu z objektu (viz obrázek 1). Přístroj se zpravidla umístí těsně před ventilátor, resp. pod uzavírací klapku odvětrávacího komínu, nebo do šachty, která odvádí vzduch ze stáje, resp. ze sekce, v níž jsou kotce, přibližně v ose válcové šachty (komínu). Záleží na způsobu ustájení a odvětrání stáje.

Umístění přístroje č. 1 pro měření koncentrace frakcí prachu ve vzduchu, který přichází do objektu (stáje) je ve štěrbině otevřeného větracího okna (přívodní větrací klapky) vně objektu (viz obrázek 3.1).

Zároveň je realizováno měření doplňujících údajů:

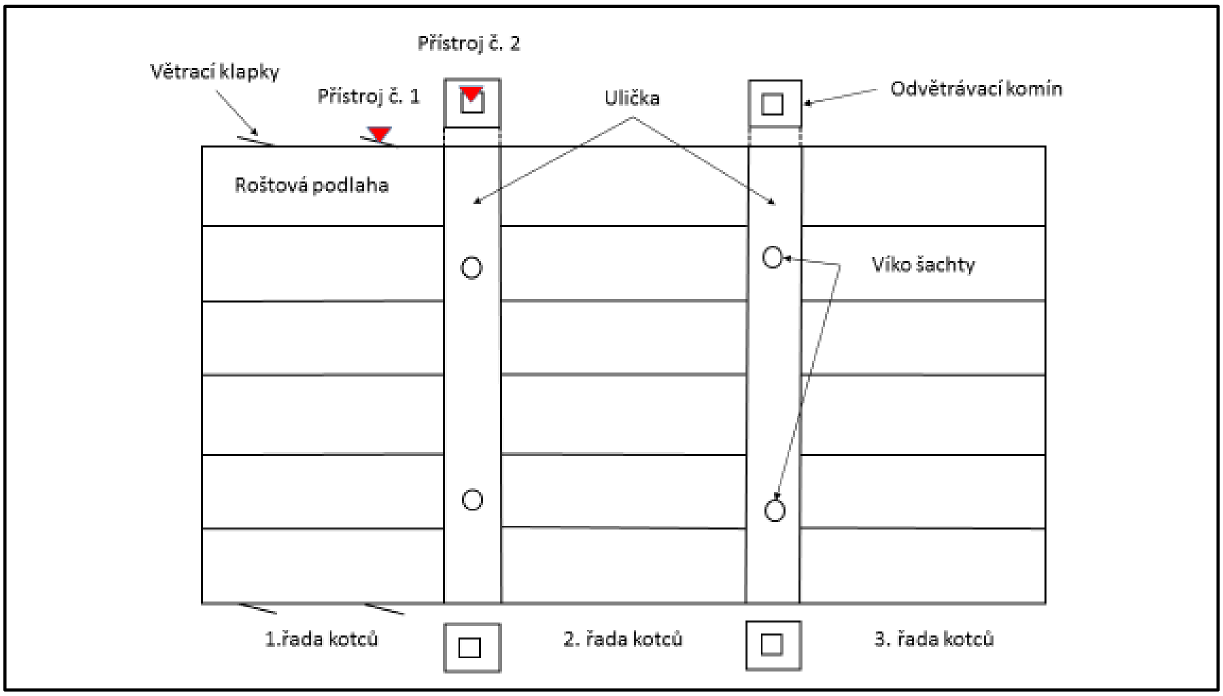
- teplota (vnitřní, venkovní),
- relativní vlhkost vzduchu (vnitřní, venkovní);
- atmosférický tlak vzduchu (hPa).

Pokud nelze zjistit velikost průtoku vzduchu ze stáje z údajů v řídícím středisku stáje, je nutné průtok vzduchu vypočítat. Použije se anemometr s kontinuálním záznamem dat rychlosti proudění vzduchu $\boldsymbol{v}$ ($m.s^{-1}$). Anemometr se umístí v prostoru před ventilátorem (do odvětrávacího potrubí) nebo do prostoru otevřené větrací klapky. Zpravidla jsou otevírány všechny klapky, ale nemusí tomu tak být, resp. některé klapky mohou být zavírány a jiné nikoliv v průběhu měření. Proto je nutné umístit přístroje tak, aby neomezovaly zavírání. Zjistí se průřez štěrbiny $\boldsymbol{S}$ (m^2) v komínové šachtě v prostoru uzavírací klapky, resp. větracích klapek a vypočítá se průtok vzduchu:

$$\boldsymbol{Q = 3600 \,.\, S \,.\, v} \quad (m^3.h^{-1}) \qquad (1)$$

Na základě uložených dat se zjistí skutečná doba, kdy byly klapky uzavřeny, resp. z průběhu rychlosti zaznamenané pomocí anemometru. Na základě tohoto údaje se redukuje celkový průtok. Celkový průtok vzduchu se vypočítá z celkové plochy všech otevřených větracích klapek nebo z celkového počtu větracích šachet s aktivním odsávacím

ventilátorem. Schéma sekce ustájených prasat s podroštovým podtlakovým odvětráváním s regulaci přiváděného vzduchu a pozice měřících přístrojů je na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1 – Příklad umístění měřicích přístrojů Dust Trak 8530 II

Pokud je ventilace provedena podtlakovým odvětráváním ventilátory s regulačními přívěrami v šachtách, které jsou umístěny nad hřeben střechy haly, umístí se přístroj č. 2 před ventilátor, který je v odvětrávacím komíně uprostřed haly.

Emise prachových částic je stanovena ve formě brutto emise a netto emise.

Brutto emise je složena z prachových částic, které vznikly činností zvířat a technologických operací přímo ve stáji a imise prachových částic obsažených přímo v přicházejícím vzduchu do objektu.

3.4 Používání přístroje DUST TRAK 8530 II

Přístroj je vybaven vnitřním zdrojem elektrické energie pro chod přístroje. Pokud je v místě měření síťový zdroj, lze přístroj zapojit do sítě prostřednictvím AC adaptéru a přívodními prodlužovacími kabely. Zapojení přístroje do sítě je nutné, pokud doba kontinuálního měření přesáhne 9 hodin. Zásuvka je na pravé části přístroje.

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

3.4.1 Postup ovládání přístroje během měření

Postup při měření je možno rozdělit do několika navzájem navazujících kroků:

a) Dotykem stylusu nebo koncem prstu se aktivuje políčko „Setup“ a objeví se ovládací políčka svisle vlevo, na modré obrazovce se zobrazí údaje o měřicím přístroji;

b) Dotykem se aktivuje políčko „Zero Cal“ (kalibrace nuly se musí provést před každým použitím), to vyžaduje, aby byl před zahájením kalibrace připojen nulovací filtr (bílý váleček s nápisem FLOW s hadičkou – viz obrázek 2);

c) Dotykem se aktivuje zelené políčko Start. Objeví se nápis „Zero calibration is in process.“ a odpočítávání 60 sekund. Po ukončení kalibrace se objeví „Zero Cal Complete“;

d) Odstraní se nulovací filtr;

e) Dotykem se aktivuje políčko v levém dolním rohu „Main“, nastaví se RunMode: Manual (pokud již není nastaven) políčkem „RunMode“. Nastaví se také datum a další požadované údaje týkající se měření (interval, celková doba měření). Přístroj umožňuje záznam dat 45 dní v minutových intervalech. Interval měření lze nastavit v rozsahu 1 sekunda až 1 hodina;

Délku a interval měření je možno nastavit v pěti krocích:

1) Dotykem aktivovat tlačítko „RunMode“
2) Z řádku nabídky se vybere MANUAL (možnosti jsou Survey a TEST)
3) Nastaví se doba měření: Test Lenght: například 00:23:59 (dobu lze nastavit až po limit daný kapacitou paměti). To se provede tak, že se dotykem vyvolá šablona pro nastavení, kde lze podle šipek měnit čísla u položek Day, Hour a Minute. Po provedení nastavení, se dotykem na políčko „Save“ uloží zvolené nastavení.
4) Nastaví se interval měření (Log Interval = časový interval mezi jednotlivými záznamy údajů) od 0 sekundy do 60 minut a 59 s (60:59) a nastavení se uloží dotykem na políčko „Save“. Při měření po dobu 23:59 lze nastavit nejkratší interval na 2 s.

5) Dotykem na tlačítko „Main“ se vyvolá hlavní obrazovka. Dotykem na políčko „Start“ se spustí měření. Měření lze ukončit stiskem tlačítka „Stop“ nebo je měření ukončeno po uplynutí nastavené doby měření.

f) Nasadí se příslušný impaktor, který obsahuje horní část s vyznačením velikosti prachových částic PM_{xx}, uvnitř je záchytná destička, spodní část je přizpůsobena k těsnému nasazení na měřicí přístroj (pryžový kroužek). Spodní a horní část je spojena závitem. Záchytná destička se vkládá do spodní části „stříbrnou“ stranou nahoru.

Obrázek 3.2 – Přístroj je aktivován zeleným políčkem START a měření je ukončeno červeným tlačítkem STOP.

g) Dotykem se aktivuje zelené políčko „Start“. Přístroj zobrazuje hodnoty prachových částic v $mg.m^{-3}$. V levém dolním rohu je odpočítáván čas, který je nastaven. Měření je ukončeno dotykem na červené políčko „Stop“ (viz obrázek 2);

Pomocí dalších dvou kroků je možno provést statistické vyhodnocení měření:

h) Dotykem na políčko „Stats“ se v pravé části zobrazí hodnoty minimální, maximální a průměrné. Lze zjistit dobu měření, interval měření a počet naměřených hodnot v souboru. Pro vyhodnocení koncentrace prachových částic uvnitř hal lze zapsat průměrné hodnoty koncentrace prachových částic.

i) Dotykem na políčko „Graph“ se zobrazí graf, na jehož ose x je čas v sekundách a ose y jsou hodnoty prachových částic. Z grafu lze zjistit průběh emisí v době měření;

Na závěr zapíšeme naměřené hodnoty a přístroj vypneme:

j) Dotykem na políčko „Data“ lze hodnoty uložit pod názvem souboru (Filename), který byl předtím zvolen. Název souboru musí být zvolen tak, aby přesně identifikoval místo měření.

k) Vypnutí přístroje se provede tlačítkem, kterým byl zapnut, stiskne se políčko „Yes“ a přístroj se po chvíli sám vypne.

3.4.2 Přenesení dat do počítače a zpracování naměřených hodnot do tabulek

Dotykem na tlačítko „Data“ se vyvolají z vnitřní paměti přístroje na display uložené soubory dat z realizovaných měření, včetně posledního měření. Označením (dotykem) souboru na displayi přístroje a dotykem na políčko „Save All“ a potvrzením „Yes“ lze hodnoty v souboru přenést pomocí Data traveleru, který se vkládá z levé strany do USB portu. Lze jedním pokynem uložit všechny soubory najednou. Neplatné soubory lze odstranit dotykem na tlačítko „Delete“, resp. „Delete All“ a potvrzením „OK“.

Data traveler se vloží do USB portu a vloží se do PC. Soubor nebo soubory se automaticky uloží do složky označené číselným kódem, který je složen z prvních 4 čísel, která charakterizují model přístroje (8530) a dalších 6 čísel je výrobní číslo přístroje (toto číslo je na zadní straně přístroje vedle čárového kódu).

Složku je vhodné přejmenovat pro snazší budoucí identifikaci. Otevře se program Excel, vybere se příslušný soubor ze složky. Na stránce se objeví údaje, které se váží k danému měření. Zde se zobrazí identifikační údaje přístroje, datum měření, hodina měření, délka měření, nastavení přístroje a průměrné, maximální a minimální hodnoty koncentrace prachových částic v $mg.m^{-3}$.

Pod identifikačními údaji jsou v levém sloupci uvedeny naměřené hodnoty s vazbou na interval měření. S těmito hodnotami lze dále pracovat pro vytvoření grafu v Microsoft EXCELU.

Graf lze vytvořit pro detailní sledování změn hodnot koncentrace prachových částic při identifikaci příčin změn. Například při zvýšeném pohybu drůbeže nebo při dodávce krmiva, resp. při poruchách ventilace. Postup tvorby grafu je následující:

1) Otevřít na liště tlačítko „DATA“, označit „Importovat externí data“, potom „Importovat data“, otevřít uloženou složku se soubory, která byla přenesena z přístroje Dust Trak II, z ní vybrat konkrétní soubor, z něhož se bude vytvářet graf.

2) Do panelu „Průvodce importem textu 1/3“ označit „Oddělovač“, pokynem „Další“ přejít do panelu „Průvodce importem textu 2/3“, kde označit políčko „Tabulátor“ a také políčko „Čárka“, pokynem „Další“ přejít do panelu „Průvodce importem textu 3/3“, kde označit „Obecný“ a pokynem „Dokončit“ se hodnoty původně zapsané vedle sebe v jednom sloupci dostanou do oddělených sloupců.

3) Pro další práci s hodnotami je nutné nahradit tečku čárkou, což se provede následujícími pokyny. Označit hodnoty ve sloupci. Pokynem „Úpravy“ z lišty vyvolat pole „Nahradit“ a do řádku „Najít“ napsat tečku (.), do řádku „Nahradit“ napsat čárku (,). Stiskem tlačítka „Nahradit vše“ dojde k požadované úpravě.

4) S hodnotami ve sloupcích se pracuje podle postupu při sestrojování grafu.

3.4.3 Vztahy pro výpočet sledovaných veličin

Brutto emise: $\boldsymbol{E_{FB} = k_F . Q\ [mg.h^{-1}]}$ (1)

kde E_{FB} = produkce prachu příslušné frakce

k_F = koncentrace příslušné frakce ve vzduchu [mg.m^{-3}]

Q = celkový průtok vzduchu měřeným objektem za 1 h [m^3.h^{-1}]

Netto emise je složena z částic, které vznikly činností zvířat a technologických operací přímo ve stáji. Jedná se o výstupní koncentraci částic sníženou o imisní zátěž.

Netto emise: $\boldsymbol{E_{FN} = (k_{out} - k_{in}) . Q\ [mg.h^{-1}]}$ (2)

kde E_{FN} = emise frakce z objektu

k_{out} = koncentrace frakce prachu ve výduchu měřeného odsávacího ventilátoru [mg.m^{-3}]

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

Q = průtok vzduchu [m^3.h^{-1}]

Přepočet hodinové produkce na denní produkci:

$$\boldsymbol{Q_D = F_{FN}.24\ [mg.den^{-1}]} \quad (3)$$

kde 24 = 1 den

Přepočet emise na 1 ks za den:

$$\boldsymbol{E_{KS} = Q_D.k^{-1}\ [mg.ks^{-1}.den^{-1}]} \quad (4)$$

kde k = celkový počet kusů zvířat ve stáji (ks)

Výpočet výrobní měrné emise (emisního faktoru) za rok:

$$\boldsymbol{E_{VM} = 10^{-6}.E_{KS}.D_Z\ [kg.ks^{-1}.rok^{-1}]} \quad (5)$$

kde D_Z = počet dní zástavu zvířat v objektu během kalendářního roku (den.rok^{-1}).

Výsledná hodnota koncentrace určité frakce prachu k_F se vypočte jako geometrický průměr pro n naměřených hodnot k_{F1}-k_{Fn} v objektu.

$$k_F = \sqrt[n]{k_{F1}.k_{F2}.....k_{Fn}}\left[mg.m^{-3}\right] \quad (6)$$

kde: $k_{F1} - k_{Fn}$ = koncentrace prachu v jednotlivých místech měření.

4 Záznam údajů o chovu prasat

4.1 Identifikace měření

Název a adresa firmy :

Datum měření :

Označení stáje :

4.2 Údaje o zvířatech

Kategorie chovu

Věk zvířat: dní

Podestýlka: charakter

Počet v boxu: ks

Počet zvířat ve stáji: ks

4.3 Popis stáje a stavební řešení

Rozměry stáje, plocha, charakter střechy, stěn.

4.3.1 Technologie ustájení

a) Podestýlka;

b) **Doba výkrmového cyklu***, doba pro odstranění podestýlky, mytí, uložení nové podestýlky, dezinfekce, desinsekce;

c) **Počet dní, kdy jsou prasata ve stáji za rok**;

d) Denní spotřeba krmné směsi kg na počet kusů;

e) Teplota vzduchu při vytápění stáje °C;

h) Relativní vlhkost vzduchu % podle věku zvířat a teploty v hale.

(* - tučně uvedené parametry jsou nutné pro výpočet sledovaných hodnot)

4.4 Technologie krmení a popis krmné směsi

4.4.1 Spotřeba krmné směsi

a) Spotřeba krmiva v kg na 1 kus od prvních dnů;

b) Denní spotřeba krmné směsi v kg na 1000 kusů zvířat;

c) Maximální denní spotřeba krmné směsi pro v tunách;

d) Spotřeba krmiva na 1 kg přírůstku v kg;

e) **Počet turnusů za rok**;

f) Celková průměrná spotřeba krmiva za rok v tunách.

4.5 Technologie podestýlky

Celková spotřeba podestýlky v tunách za turnus.

4.6 Technologie napájení

Provedení napáječek, používané filtrační zařízení, způsob měření vody, regulace tlaku a modifikace složení vody pro případné dávkování medikamentů. Spotřeba vody: l/počet zvířat ks.

4.7 Ventilace

Způsob větrání, ovládání ventilátorů, řešení situace v případě přerušení dodávky energie, počet přívodních klapek, počet ventilátorů, výkonnost v $m^3.hod^{-1}$, umístění ventilátorů. **Záznam výkonnosti ventilace v době měření v m^3. hod^{-1}**. Pokud tato informace není k dispozici, je nutné postupovat v souladu s kapitolou 3.3 této metodiky.

4.8 BAT techniky a náklady na jejich zavedení

Vlastním pozorováním nebo dotazem zjistit, jaké techniky BAT jsou využity.

5 Snižování emisí prachových částic a možnosti eliminace jejich šíření

Nadměrné vypouštění prachových částic má za následek zvyšování koncentrace škodlivých látek v ovzduší, jejich koncentrace, které není příroda schopna absorbovat. Postupné hromadění má za následek vliv na životní prostředí nejen v dané lokalitě, ale i za hranice státu a kontinentů. Živočišná výroba, zejména průmyslová výroba masa (velkochovy drůbeže a prasat) je zdrojem mnohých kontaminantů, jako jsou plyny, zápachy, mikroorganismy a prachové částice. Částice prachu se primárně skládají z krmiv a částí zvířat (chlupy, peří, pokožka, výkaly).

K významným faktorům ovlivňujících hodnoty koncentrace prachových částic emitovaných do okolí farmy, patří provedení, množství a rozložení otvorů pro instalaci větracích jednotek, tepelně-technické vlastnosti staveb stájí, konstrukce a provedení kotců pro ustájení, včetně složení a stavu podestýlky a způsobů podestýlání, doprava a dávkování suchých krmných směsí a zařízení pro napájení prasat. Kolem objektů s chovem prasat se vytváří depozitum prachových částic, které pocházejí ze stájí. Množství částic je variabilní, protože záleží na rychlosti a směru proudění vzduchu, na vlhkosti ovzduší, na četnosti atmosférických srážek, na schopnosti usazování prachových částic a možnosti jejich splavování do kanalizace. Podstatnou roli hraje také resuspenze uložených prachových částic v okolí staveb pro ustájení prasat. Vzhledem k velké rozmanitosti a počtu faktorů ovlivňujících velikost hodnot emisí prachových částic z chovu prasat, je nutné ke sběru dat přistoupit komplexně. Variabilita působících faktorů je významná. Komplexním sběrem dat se usnadní výběr preventivních opatření v chovech prasat při snižování znečištění omezením vzniku emisí volbou vhodných technologií krmení, ustájení a nakládání s odpadovými produkty z ustájení prasat. Na základě rozboru dat je možné stanovit optimální podmínky provozu zařízení na základě nejlepších dostupných technik (**B**est **A**vailable **T**echniques – **BAT**).

Integrovaná prevence a kontrola znečištění **(Integrated Pollution Prevention and Control - IPPC)** je soubor opatření zaměřených na prevenci znečišťování, na snižování emisí do ovzduší, vody a půdy, na omezení vzniku odpadu a na zhodnocení a odstranění odpadu s cílem dosáhnout celkovou úroveň ochrany životního prostředí. Směrnice Rady IPPC č. 96/61/ES o integrované prevenci a kontrole znečištění je všeobecně pokládaná za jeden z nejmodernějších způsobů evropské environmentální legislativy.

Na prvním místě je to integrovaný přístup k povolování průmyslových činností, které mohou mít dopad na životní prostředí. Směrnice požaduje, aby povolení k činnosti obdržely pouze subjekty, jejichž provozy mají ochranu zajištěnu komplexně. To znamená, že jsou posuzovány emise do ovzduší, vody, půdy, tvorba odpadu a také spotřeba surovin a energie.

Druhý důležitý koncept, který IPPC zavádí, je koncept nejlepší dostupné techniky. Nejlepší dostupná technika je definovaná jako nejefektivnější a nejpokrokovější stav rozvoje činností a způsob jejich provozu. Směrnice požaduje, aby kompetentní úřady stanovily pro průmyslové provozy limitní hodnoty pro daný typ znečištění. Limitní hodnoty vycházejí z nejlepších dostupných technik pro daný typ činnosti.

5.1 Opatření pro snížení prašnosti v objektech chovu prasat

Lokalita objektů průmyslové produkce vepřového masa na rovině (s nepatrným převýšením okolního terénu) umožní ventilaci vzduchu v okolí objektu z různých stran dle směru a rychlosti proudění vzduchu. V kotlině je ventilace vzduchu kolem objektu za určitých situací (převládající směr větru) velmi ztížena. V důsledku toho se značná část emisí usazuje v blízkém okolí objektu a vytváří trvalý dynamický depozitní systém, který emisemi zásobuje vzduch vstupující do objektu.

Krajinné útvary mohou redukovat emise prachu, hluku a zápachu z objektů chovu zvířat za hranicí farmy. Stromy a keře působí jako biofiltr pro zápachové směsi, které jsou přenášeny jemnými prachovými částicemi.

Jako podstatné se také jeví výběr vhodných materiálu využívaných v chovu. Pro tento účel mohou být použity následující postupy:

- Konstrukce podlahy a používání podestýlky, které minimalizují tvorbu prachu;
- Používání ventilačních systémů s nízkou rychlostí proudění vzduchu na úrovni podlahy;
- Provádění pravidelné údržby zařízení, užívané pro kontrolu vnitřní distribuce klimatu, krmiva a vody;
- Používání systémů s vodním mlžením nebo systémů s elektrostatickým prostorovým nábojem. Použitelnost může být omezena tepelnou pohodou během mlžení, zejména v citlivých etapách života zvířete;

- Použití systému čištění vzduchu, jako například biopračky vzduchu, biofiltry Použitelnost u stávajících stájí je možné pouze tam, kde se používá nucený ventilační systém;
- Dvoustupňové nebo třístupňové systémy čištění vzduchu. Použitelnost u stávajících stájí je možné pouze tam, kde se používá nucený ventilační systém.

Poděkování

Předložená metodika vznikla díky využití přístrojového vybavení BAT centra JU, které bylo pořízeno z dotace OP Životní prostředí CZ.1.02/5.1.00/09.06271.

Autoři děkují Ministerstvu zemědělství ČR za podporu projektů **QJ1530058** - *Vytvoření systému hodnocení biosecurity, welfare a zdraví hospodářských zvířat pro produkci zdravotně nezávadných surovin a potravin živočišného původu* a **QJ1210144 -** *Vývoj nového informačního systému a aplikované technologicko-organizační inovace řídících systémů v chovu dojeného skotu pro posílení konkurenceschopnosti chovatelů a zvýšení kvality živočišných produktů a welfare zvířat,* v jejichž rámci vznikla část této metodiky.

Literatura

BOĎO, Š., GÁLIK, R., MIHINA, Š.: Vplyv technológie chovu na produkciu emisí amoniaku a skleníkových plynov, Nitra 2013, ISBN 978-80-552-1068-1;

ČERMÁK B., ŠOCH M. (1997): Ekologické zásady chovu hospodářských zvířat. Studijní informace ÚZPI, *Živočišná výroba 1997/3*, s. 43.

DOLEJŠ J., MAŠATA O., NÁVAROVÁ H., TOUFAR O., ADAMEC T., (2004): Emise prachových částic z o objektů živočišné výroby. In: Proceedings-m international workshop „Climatic change-weather extreme-organisms and ecosystems", 23. - 26. 8. 2004, Viničky, Slovenská republika.

DOLEJŠ J., et al. (2012): Analýza závislosti produkce netto-emise frakcí prachu na technologii ustájení hospodářských zvířat v systémech integrované prevence (IPPC), studie pro MZe ČR.

EUROPEAN COMISION, JOIN RESEARCH CENTRE (2003): Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC). Referenční dokument BAT (BREF). Intenzívní chov drůbeže a prasat. Překlad originálu 2. návrhu z července 2001. Praha, 2001, dostupné z: www.ippc.cz/obsah/viewtopic.php?t=39 , staženo 17. 9. 2014;

FINAL MEETING OF THE TECHNICAL WORKING GROUP (TWG) FOR THE REVIEW OF THE BAT REFERENCE DOCUMENT FOR THE INTENSIVE REARING OF POULTRY OR PIGS, Seville, 17 – 21 November 2014, European Commissionjoint research centre, Institute for Prospective Technological studies pp. 89 - 90;

GUINGANG N. (2009): Best Available Techniques in French pig production, In 60th annual meeting of EEAP (ed.), Barcelona, 2009, Session 51 *Management of pig health, environment and social implications.* nadine.guingand@ifip.asso.fr1 , staženo 1. 7. 2014;

HŮNOVÁ I., ŠANTOCH J.,(2000): Právní předpisy Evropské unie a jejich důsledky pro monitorování prašného aerosolu (PM_{10}) pro Českou republiku. Ochrana ovzduší, 6, pp. 1 – 3;

KIC, P.: Úprava vzduchu ve stájových objektech. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1996. 42 s.

KRZYZANOVSKI M., VAN LEEUWE R.F.X., YOUINES M.,(1998): Update of WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter in Europe. In: Hůlová, I., Šantroch,J. edit (2000): Právní předpisy Evropské unie a jejich důsledky pro monitorování prašného aerosolu PM_{10} pro ČR. Ochrana ovzduší, 6, pp. 1-3.

PŘIKRYL, M. et al.: Technologická zařízení staveb živočišné výroby. Tempo Press II, Praha, 1997, 276 s. ISBN 80-901052-0-3.

Vyhláška č. 208/2004, o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat

van LEEUWEN: Update and revision of WHO Air Quality Guidelines for Europe, AIR QUALITY MANAGMENT: AT URBAN, REGIONAL AND GLOBAL SCALES, 10th Regional IUAPPA Conference, 23-26 září 1997, Istanbul, Turecko, 1997, strana 22-25.

ZEMAN, J.: Zoohygiena. 1. vyd. Brno: Ediční středisko VFU Brno, 1994. 205 s.