



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH **FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ**

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Bakalářská práce

**Porovnání metodik měření emisí z chovů prasat podle
dokumentu BREF a protokolu VERA – rešerše**

Autor práce: Tadeáš Horčíčka

Vedoucí práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáváním metodik měření emisí v chovu prasat. Hlavním cílem práce je najít rozdíly technik měření koncentrace produkovaných emisí dle dokumentu BREF a protokolu VERA.

Je zde zkoumán vliv zátěžových plynů ze zemědělství na životní prostředí, především znečištění ovzduší a půdy chovem prasat. Zkoumáme zde primárně produkci amoniaku, která je nejvyšší právě ze zemědělství. Jedná se o neuvěřitelných 90 % z celosvětové produkce NH_3 . Omezení emisí amoniaku a skleníkových plynů je v současnosti hlavním tématem pro zlepšení vztahů mezi zemědělstvím a životním prostředím.

V práci jsou rozebrána vybraná technická řešení pro snižování emisí z chovu zvířat, jako jsou sušení trusu, zakrývání skladovacích ploch organických hnojiv, systémy pro úpravu stájového vzduchu, biofiltrační systém a chemická pračka vzduchu a tak dále.

Klíčová slova: amoniak; chov prasat; dokument BREF; protokol VERA;

Abstract

This bachelor thesis is about comparing methodologies for measuring emissions in pig breeding. The main aim of the work is to find differences in the techniques for measuring the concentration of emissions produced according to the BREF document and the VERA protocol.

The influence of stress gases from agriculture on the environment, in particular air and soil pollution by pig farming, are examined here. Here we examine primarily the production of ammonia, which is the highest of agriculture. This is an incredible 90% of the world's NH_3 . Limiting ammonia and greenhouse gas emissions is currently a major theme for improving relations between agriculture and the environment.

The work dismantles selected technical solutions for reducing emissions from animal husbandry, such as drying of faeces, covering of organic fertiliser storage areas, stable air treatment systems, biofiltration system and chemical air washer, and so on.

Keywords: ammonia; pig breeding; document BREF; protocol VERA

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Antonínovi Dolanovi, PhD. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Úmluva o dálkovém znečištění ovzduší přesahující hranice států	9
1.2 Životní prostředí	9
1.2.1 Problémy životního prostředí při intenzivním chovu	9
1.2.2 Emise vztahující se k dusíku	10
1.2.3 Výskyt v životním prostředí	11
1.2.4 Ostatní plyny	12
1.2.5 Zápach	12
1.2.6 Prach.....	12
1.3 Chov prasat.....	13
1.4 Požadavky na mikroklima v chovech prasat	14
1.4.1 Řízení mikroklimatických podmínek v chovu prasat.....	14
1.4.2 Vytápění chovu prasat.....	15
1.4.3 Ventilace chovu prasat	15
1.5 Parametry měření reprezentující zkušební podmínky	16
1.6 Obecné aspekty.....	19
1.6.1 Zdraví a dobré životní podmínky zvířat.....	19
1.6.2 Zpracování dat, výpočet a vyhodnocení emisí	19
1.7 Testovací protokol VERA	21
1.7.1 Definice VERA	21
1.7.2 Definice „systémů čištění vzduchu“	22
1.7.3 Využití výsledků	22
1.7.4 Návrh testu	23
1.7.5 Strategie odběru	23
1.7.6 Strategie měření	26

1.7.7	Měření amoniaku	29
1.7.8	Měření zápachu	30
1.7.9	Měření prachu	31
1.8	Protokol o zkoušce a vyhodnocení	32
1.8.1	Předmluva k protokolu	32
1.8.2	Úvod protokolu	32
1.8.3	Materiály a metody protokolu	32
1.8.4	Závěr protokolu	34
2	Cíl práce	35
3	Metodika	36
4	Vlastní práce	37
4.1	Metodika BREF	37
4.2	Odběr vzorků podle metodiky BREF	37
4.3	Způsob měření ukazatelů stájového mikroklimatu	38
4.3.1	Měření koncentrace NH ₃	39
4.3.2	Emise ze zařízení pro uskladnění hnoje	40
4.3.3	Emise z uskladnění kejdy	41
4.3.4	Měření koncentrace CO ₂	41
4.3.5	Měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu	42
4.3.6	Měření průtoku vzduchu	42
4.3.7	Měření osvětlení	44
4.4	Závěry o BAT	44
4.5	Měření koncentrace zápachu podle protokolu VERA	44
4.6	Vybraná technická řešení pro omezování emisí z chovů zvířat	45
4.6.1	Technologie využívající sušení trusu	45
4.6.2	Zakrývání skladovacích ploch organických hnojiv	46
4.6.3	Systemy pro úpravu stájového vzduchu	46

4.6.4	Biofiltrační systém	46
4.6.5	Chemická pračka vzduchu	46
4.6.6	Biologická pračka vzduchu	47
4.6.7	Úprava stájové technologie	47
4.6.8	Využití krajinných prvků	47
4.7	Rozdíly měření u protokolu VERA a dokumentu BREF	47
5	Diskuse	50
	Závěr	51
	Seznam použité literatury	52
	Internetové zdroje	53
	Seznam tabulek	56

Úvod

Jako téma své bakalářské práce jsem si vybral porovnání metodik měření emisí z chovu prasat dle dokumentu BREF a protokolu VERA.

VERA je mezinárodní společnost, zabývající se ověřováním a testováním environmentálních technologií v zemědělském sektoru. Byla založena v roce 2008 ve spolupráci nizozemských, německých a dánských úřadů životního prostředí a zemědělství. V současné době jsou spolupracujícím partnerem Flandry a hostujícím členem také Švýcarsko. Německo se na začátku roku 2021 rozhodlo ukončit svou účast.

V dokumentu BREF o nejlepších dostupných technikách je problematika emisí probírána méně obsáhlejším způsobem. Tento referenční dokument (BREF) se týká činností uvedených ve Směrnici 2010/75/EU, konkrétně oddíl „Intenzivní chov drůbeže nebo prasat“.

V práci jsou vyhodnoceny rozdíly a shody v měření amoniaku dle obou zmiňovaných technik.

1 Literární přehled

1.1 Úmluva o dálkovém znečištění ovzduší přesahující hranice států

Důležitým bodem v ochraně životního prostředí bylo přijetí Úmluvy o dálkovém znečištění ovzduší přesahující hranice států v roce 1979 na půdě Evropské hospodářské komise OSN v Ženevě, která platí od roku 1983. Důležitou zásadou smluvních stran je jejich rozhodnutí ochránit člověka a jeho životní prostředí a následná snaha o omezování, postupné snižování a předcházení znečišťování ovzduší (Jelínek et al., 2011).

BREFy jsou nezávaznými dokumenty, které jsou pro příslušné orgány nápomocné k posouzení technologií chovů a nejsou právně závazné ani vymáhatelné, nicméně povolovatel k nim musí přihlížet (Jelínek a Dědina, 2003).

1.2 Životní prostředí

1.2.1 Problémy životního prostředí při intenzivním chovu

Emise plynů ze zemědělské činnosti zásadně ovlivňují životní prostředí. Zemědělství je nejen velmi velkým producentem toxického amoniaku, ale v důsledku provozu zemědělské činnosti je velmi výrazná produkce celé řady dalších plynů, zvláště pak metan, CH₄, CO₂, CO, N₂O, NO_x, H₂S a další odérové plyny. Výrazným producentem těchto plynů je chov hospodářských zvířat a s ním spojená manipulace, skladování a aplikace organických odpadů, chlévského hnoje, kejdy nebo trusu (Jelínek, 2007a).

Jedním z důležitých úkolů po modernizaci chovu prasat je bilance snižování či úplné eliminace dopadů na životní prostředí z tohoto chovu a současně zvyšování požadavků na pohodu zvířat a udržení ziskového podnikání.

V některých případech mohou zemědělské aktivity intenzivního chovu prasat přispívat k mnoha environmentálním úkazům:

- okyselování (NH₃, SO₂, NO₃),
- eutrofikace (N, P),
- oslabování ozónové vrstvy (CH₃Br),
- zvyšování skleníkového efektu (CO₂, CH₄, N₂O),
- vysychání (používání spodních vod),
- místní narušení (zápach, hluk),
- šíření těžkých kovů.

Rozsáhlejší znalosti různých zdrojů, které jsou zodpovědné za tyto environmentální úkazy zvýšilo pozornost, jež je věnována mnoha aspektům životního prostředí, spojených s intenzivním chovem drůbeže a prasat. Primární aspekt intenzivního chovu hospodářských zvířat z hlediska životního prostředí je, že zvířata metabolizují krmivo a vylučují téměř veškeré živiny do hnoje. Kvalita a složení hnoje, způsob skladování hnoje a manipulace s ním jsou hlavními determinanty úrovní emisí, které pocházejí z intenzivního chovu hospodářských zvířat. Z hlediska životního prostředí je velmi významná účinnost přeměny krmiva na rychlost růstu zvířat. V cyklu chovu a období růstu či během různých stádií života se požadavky prasat mění. Je nutné přesvědčit se, jestli jsou jejich nutriční požadavky vždy splněny, neboť by bylo nákladné zkrmovat živiny na úrovních, které přesahují konkrétní požadavky. Současně s tím, mohou být sledovány emise dusíku do životního prostředí vznikající taktéž z důvodu této nevyváženosti. Ačkoliv proces spotřeby dusíku, jeho využití a ztráty při chovu jatečných prasat je dostatečně známý (Havelka et al., 2020).

Jestliže provozovatel chovu hospodářských zvířat předává statková hnojiva další osobě pro jejich aplikaci na zemědělskou půdu, zahrnují se do celkové produkce amoniaku také tyto emise. Provozovatel chovu hospodářských zvířat, který statková hnojiva předává pro jejich aplikaci na zemědělské pozemky další osobě (např. na základě smlouvy) a může prokazatelně doložit způsob jejich aplikace, je oprávněn započítat snížení emisí ve skutečné výši podle použité technologie na základě emisního faktoru „zapravení do půdy“. Pokud nemá materiály k tomu, aby mohl prokazatelně způsob jejich aplikace doložit, je oprávněn započítat snížení emisí ve výši 40 % z tohoto dílčího emisního faktoru (Mzp.cz, 2012).

Zvýšené koncentrace amoniaku mají významný vliv na zdravotní stav lidí i zvířat. Vyprodukovaný amoniak může způsobovat záněty kůže, dýchacích cest, plic a očí, dýchací potíže, bolesti hlavy, nespavost, alergie či zvracení. Dlouhodobější pobyt v prostředí, kde je vyšší koncentrace amoniaku vede k chronickým dýchacím potížím, zelenému zákalu či poškození rohovky (Bartoš et al., 2017).

1.2.2 Emise vztahující se k dusíku

Amoniak (NH_3) má velmi štiplavý a čpavý zápach. Z hnoje stoupá pomalu do objektů, ze kterých je odstraňován ventilačním systémem. Faktory jako jsou teplota, ventilační výkon, množství zvířat, vlhkost vzduchu, kvalita podestýlky a složení ovlivňují množství amoniaku. Například v prasečí kejďě představuje podíl dusíku z močoviny více než 95 % celkového dusíku v prasečí moči. Výsledkem činnosti mikrobiální

ureázy, může být tato močovina rychle přeměněna na těkavý amoniak (Stupka et al., 2009).

Vysoké úrovně amoniaku současně ovlivňují pracovní podmínky farmářů a v mnoha členských státech stanovují vyhlášky o pracovním prostředí horní limity na přijatelné koncentrace na pracovišti. Tvorba plyných látek při ustájení zvířat taktéž ovlivňuje kvalitu vnitřního vzduchu a může mít vliv na zdraví zvířat a vytvářet nezdravé pracovní podmínky pro farmáře. Množství plyných látek v objektech je omezeno na jejich maximální koncentrace. Například úroveň amoniaku v ustájovacích systémech pro prasata je omezena na 10 ppm a je pokládána za maximální přijatelnou hodnotu koncentrace (Havlíček, 2007).

Nejvyšší produkce amoniaku v zemědělství je v chov skotu s podílem 57 %, dále následuje chov prasat s podílem 13 %. Emise amoniaku v intenzivním chovu prasat jsou složeny ze 47 % z ustájení, 25 % se podílí skladování exkrementů a z 28 % hnojení (Botermans et al., 2010).

Objevují se názory, které říkají, že nízkoemisní techniky pro aplikaci exkrementů na povrch půdy přeceňují význam emisí amoniaku, a naopak emise jiných dusíkatých sloučenin jsou podceňované. Pro toto tvrzení ale neexistují žádné důkazné materiály (Huijsmans et al., 2016).

Na denní koncentraci amoniaku v ustájení má vliv chování zvířat. Zvýšený pohyb zvířat způsobuje větší uvolňování amoniaku do prostoru stáje z ležících výkalů a moče na podlaze. Zvířata ovlivňuje např. pravidelné ošetření nebo krmení. Pohybovou aktivitu je dobré pozorovat např. 0,5 – 1 hodiny před aplikací krmné dávky. Od zmiňované aplikace začíná asi tři hodinová zvýšená defekace a urinace, poté nastává útlum spojený s uleháním zvířat na lože, po kterém se snižují koncentrace amoniaku. Nepravidelné jevy jako vyskladňování na porážku, veterinární zákroky atd. taktéž zvyšují koncentraci amoniaku. (Dolejš et al., 2005).

1.2.3 Výskyt v životním prostředí

Amoniak je nedílnou součástí přírodního koloběhu dusíku. Vzniká v důsledku rozkladu organických materiálů, zejména bílkovin. Ve vodě či v aerobních půdách se přeměňuje na kyselinu dusičnou, která je společně s rozpuštěným amoniakem hlavní formou sloučenin, ze kterých rostliny odebírají dusík, který je důležitý pro jejich růst. Ryby vylučují amoniak přímo do svého okolního prostředí. Savci, žraloci a obojživelníci produkují přebytečný dusík ve formě kyseliny močové (sloučenina amoniaku a oxidu uhličitého), jež je pro organismus méně toxická a lépe

skladovatelná. Ptáci a plazi vylučují dusík ve formě močoviny. V důsledku mikrobiálních reakcí se močovina relativně snadno rozpadá a uvolňuje amoniak (Arnika.org, 2010).

1.2.4 Ostatní plyny

Mnohem méně se ví o emisích ostatních plynů. Nicméně je prováděn výzkum, který se zabývá zejména metanem a oxidem dusným. Zvýšené hodnoty oxidu dusného mohou být očekávány v důsledku ošetřování provzdušněného tekutého hnoje a u tuhého hnoje. Kyslíčnick uhlíčitý může být vdechován, jestliže je v určitém poměru k produkci tepla zvířetem a může se hromadit v ustájeních brojlerů, nejsou-li tyto prostory přiměřeně větrány. (Havlíček, 2007).

1.2.5 Zápach

Zápach má místní význam a je problémem, který je spojen s rozšiřováním chovu hospodářských zvířat a s rozvojem venkovských obytných sídel, která je rozšířena do tradičních zemědělských oblastí. Očekává se, že se současný výzkum bude věnovat problematice zápachu zvýšenou pozornost, jakožto jednomu z problémů týkajícího se životního prostředí. Zápach může být produkován stacionárními zdroji, jako jsou sklady, nicméně může být také důležitou emisí během rozmetání hnoje na půdu v závislosti na použitém postupu rozmetání. Dopad zápachu se zvětšuje současně s velikostí produkční jednotky. V oblastech, kde je vysoká hustota chovu, může mít při schopnost přenosu chorob do jiných produkčních jednotek. Zápachové emise se pravděpodobně vztahují k emisím amoniaku, ale zdá se, že tento vztah není jednoznačně podložený. Předpokládá se, že obtížný zápach vzniká taktéž odpařováním mastných kyselin z hnoje (Havlíček, 2007).

1.2.6 Prach

Prach není výrazným problémem životního prostředí v okolí farem, nicméně může způsobit nějaké problémy tam, kde je často suché a větrné počasí. Uvnitř ustájovacích prostorů je prach znám v některých situacích jako znečišťující faktor, který může ovlivnit dýchání zvířat a lidí. Například jsou to emise vdechovaného prachu (malé prachové částice) ze systémů s hlubokou podestýlkou (polovina podestýlka, polovina roštová podlaha), pro něž bylo odhadnuto 2,3 a 0,14 mg.h⁻¹ na 1 slepici na základě měření v komerčních objektech. Systémy s podestýlkou produkují podstatně vyšší koncentrace vdechovaného prachu (1,25 a 0,07 mg.m⁻³) (Havlíček, 2007).

1.3 Chov prasat

Odlišnost prasat od jiných druhů hospodářských zvířat je v mnoha charakteristikách.

Z hlediska konvenčního zemědělství jsou hlavními charakteristikami:

- vysoká plodnost (více jak 2 vrhy selat za rok, a to s ohledem na specifika daného zemědělského podniku, resp. faremní organizace chovu prasat) a krátká doba gravidity 115 dní (tj. 3 měsíce, 3 týdny, 3 dny),
- vysoký počet selat ve vrhu (až 14 selat, což závisí na plemeni a mnoha dalších faktorech-stáří plemenice, plodnosti, výživě, ustájení apod.),
- ranost intenzivně chovaných plemen prasat-brzké zařazení jak kanečků, tak i prasniček do reprodukce (kanečci od 8 měsíce, prasničky v závislosti na hmotnosti, nejčastěji mezi 6 až 7 měsícem), divoká prasata jsou oproti domácím pozdější
- brzké ukončení závislosti selat na mléce a rychlý návyk a přechod na krmné směsi,
- dosažení porážkové hmotnosti mezi 5 až 7 měsícem, s ohledem na konečnou porážkovou hmotnost a konečným využití jatečně opracovaného těla (5 měsíc-šunkové typy, 6 měsíc-dosažení standardní porážkové hmotnosti, tj. mezi 107-115 kg, 7 měsíc a později lidový výkrm prasat s cílem dosažení vyššího podílu tukové tkáně),
- vysoká jatečná výtěžnost dosahuje až 80 %, která je variabilní mezi plemeny a jejich liniemi,
- z pohledu výživy jsou prasata často krmena krmnou směsí, ve které je obsah živin a podíl jednotlivých komponentů je závislý na věkové kategorii, fázi produkce a reprodukce, kdy tyto označujeme např. ČOS (časný odstav selat), A₁, A₂ (směs pro předvýkrm a výkrm), CPD (cereální dieta prasat), KPK (kompletní krmná směs pro prasnice kojící), KPB (kompletní krmná směs pro prasnice březí), OKAŠ (odchov kanečku ve šlechtitelském chovu) apod.

(Zootechnika.cz, 2012).

1.4 Požadavky na mikroklima v chovech prasat

1.4.1 Řízení mikroklimatických podmínek v chovu prasat

Vnitřní prostředí v systémech ustájení prasat musí být dostatečně kontrolováno, aby bylo zajištěno:

- odvětrávání škodlivých plynů (CO₂, CH₄, NH₃), přívod kyslíku nezbytný pro dýchání zvířat;
- udržování dané vlhkosti a teploty, která je přizpůsobena fyziologické fázi chovu zvířat, aby byla zajištěna dobrá produkce, dobrý zdravotní stav a předcházelo se poruchám chování.

Vnitřní klima v systémech ustájení prasat je velmi důležité, protože amoniak ve spojení s prachem bývají častou příčinou respiračních chorob prasat, včetně atrofické rýmy a enzootické pneumonie. V důsledku toho, že zaměstnanci mohou být také vystaveni zdravotním problémům s dýcháním, je velmi důležité, aby bylo ustájení prasat dostatečně větrané. Minimální (kvalitativní) požadavky na odvětrávání jsou stanoveny ve směrnici 2008/120/ES, včetně kontroly klimatu prasat. Hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu, hladiny prachu, cirkulace vzduchu a koncentrace plynů musí být pod škodlivými hodnotami (viz Tabulka 1.1) (Jelínek et al., 2013).

Tabulka 1.1: Obecné hodnoty mikroklimatu v chovech prasat (Jelínek, 2013)

Faktor vnitřního prostředí	Úroveň/Výskyt
CO	Pod měřitelnou hodnotou
H ₂ S	Pod měřitelnou hodnotou
Relativní vlhkost	Prasata do 25 kg: 60-80 % Prasata nad 25 kg: 50-60 %
NH ₃	Minimálně 10 ppm
Proudění vzduchu	Porodní kotce a odstávčata: <0,15 m ^s Prasnice k připuštění a březí: <0,20 m.s ⁻¹
CO ₂	Maximálně 0,20 % obj.

1.4.2 Vytápění chovu prasat

Potřeba regulace teploty v ustájení prasat závisí na klimatických podmínkách, konstrukci budovy a stadiu produkce zvířat. Obecně platí, že v chladnějších klimatických podmínkách nebo klimatických podmínkách s nízkými teplotami jsou budovy izolovány a vybaveny nucenou ventilací. V teplejších oblastech (středomořské šířky) mají vysoké teploty větší vliv na pohodu a produktivitu dospělých prasat než nízké teploty. Obvykle není nutné instalovat topné systémy; tělesné teplo zvířete obvykle postačuje k udržení tepelné pohody v ustájovacím objektu. V této souvislosti jsou systémy regulace klimatu navrženy především pro zajištění dobré cirkulace vzduchu (Havelka et al., 2020).

1.4.3 Ventilace chovu prasat

Stájové objekty musí být větrané a podle nařízení musí být také:

- dodáván zvířatům čerstvý vzduch;
- odváděno přebytečné teplo, aby se teplota udržela v optimálním rozmezí specifickém pro zvíře, které závisí na věku a růstu;
- odstraněny plynné látky a prach;
- předcházeno poškození budov vlivem vlhkosti. Mezi ventilačními systémy si můžeme vybrat od manuálně ovládaných přirozeně ventilovaných systémů až po plně automatizované mechanicky ventilované systémy.

Tyto požadavky platí pro chovy podle kategorií prasat:

- zapaštěné prasnice
- březí prasnice
- kojící prasnice se selaty
- odstavená selata 25–30 kg živé hmotnosti

předvýkrm a výkrm prasat od 25–30 kg do 90–160 kg (Havelka et al., 2020).

1.5 Parametry měření reprezentující zkušební podmínky

Tabulka 1.2 ukazuje parametry měření, které představují zkušební podmínky včetně parametrů, které mohou ovlivnit úroveň emisí primárních látek znečišťujících životní prostředí podle společnosti VERA. Kromě toho tabulka obsahuje další – sekundární – látky znečišťující životní prostředí. Některé parametry jsou pro prokázání zkušebních podmínek povinné, jiné volitelné. V Tabulka 1.2 jsou povinné a volitelné parametry označeny „M“ nebo „O“ (Vera-verification.eu, 2018).

Tabulka 1.2: Parametry měření pro reprezentaci testovacích podmínek (Vera-verification.eu, 2018)

Parametr M: povinné O: volitelné	Podmínky odběru vzorků (kde, jak a jak často)	Metody měření
Teplota (M)	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuální měření • Místo odběru: vstup a výstup vzduchu 	<p>Termočlánky.</p> <p>Odpovídající rozsah měření, citlivost a detekční limit.</p> <p>Zvažte nežádoucí účinky na měřicí zařízení, např. znečištěním, větrem nebo přímým slunečním zářením.</p>
Vlhkost (M) Relativní vlhkost [%]	<ul style="list-style-type: none"> • Bodové měření během dny měření zápachu. • Místo odběru: vstup a výstup vzduchu. 	<p>Snímač kapacity.</p> <p>Zvažte nežádoucí účinky na měřicí zařízení prostřednictvím např. nečistot, větru, vody, přímého slunečního záření nebo mrazu</p>
Tlaková ztráta (M) [Pa]	<p>Přes samotný čistič vzduchu a přes celý ventilační systém včetně čističe vzduchu.</p> <p>Nepřetržitá měření.</p>	<p>Manometr, elektronický mikromanometr (rozdíl tlaku přes membránu).</p>
Spotřeba elektřiny (M) [kWh]	<p>Průběžné měření spotřeby elektřiny větráním obecně a čerpadly v systému čištění vzduchu.</p>	<p>Obě měření každý druhý týden.</p>
Spotřeba vody (M) [l], [m ³] Vztaženo k času	<p>Kumulativní měření.</p>	<p>Dokumentace.</p>

Spotřeba chemikálií (např. kyseliny) (M) [mg nebo kg] hmotnost [l nebo m ³] objem	Kumulativní měření.	Dokumentace.
Vypouštěná kapalina z čističe vzduchu Množství (M) pH (M) Konduktivita (M) NH ₄ (M) NO ₂ -/NO ₃ - (M) Chemické látky (přidávané do čističe vzduchu) (M)	Ihned po odběru vzorků musí být skladovány při teplotách <5°C.	Metody viz bibliografie
Vyprazdňování jímek nebo kanálů hnoje (M)	Data registrace.	Dokumentace.
Čištění chlévů a chování při hnojení (M)	Popis postupu čištění. Registrace chování při hnojení v každém kotci ve dnech s odběrem vzorků zápachu.	Dokumentace.
Parametry krmení (M)	Během období testování by obsah bílkovin ve stravě měl být ve specifických rozmezích pro různá prasata kategorie a drůbež.	Dokumentace.
Hluk (O)	Venkovní 1-2 m od vývodu ventilace.	
NH ₃ (O)	Na úrovni zvířete (výška nosu zvířete)	
CO ₂ (O) [mg.m ³]	Viz výše „amoniak“ a „obecná doporučení“.	

CH ₄ (O) [mg.m ³]	Viz výše „amoniak“ a „obecná doporučení“.	
H ₂ S (O) [mg.m ³]	Kombinujte se vzorkováním zápachu.	např. GC-SCD.

1.6 Obecné aspekty

1.6.1 Zdraví a dobré životní podmínky zvířat

Čistička vzduchu je přímo napojena na ventilační systém, tudíž má dopad na klima v ustájovací jednotce a na zdraví a pohodu zvířat. Obecně platí, že systém ustájení, klima v ustájovací jednotce a pohoda zvířat musí být v souladu s národními předpisy. Vzhledem k tomu, že systém čištění vzduchu může ovlivnit pohodu zvířat a v extrémních případech může způsobit smrt zvířat, by měly být společnosti, které systémy instalují, schopny prokázat, že jsou odborníky na ventilaci a řízení klimatu v ustájovacích jednotkách pro zvířata. Systémy musí být navrženy, provozovány a kontrolovány tak, aby nebylo negativně ovlivněno zdraví a dobré životní podmínky zvířat (Vera-verification.eu, 2018).

1.6.2 Zpracování dat, výpočet a vyhodnocení emisí

Pro každý parametr měření jsou specifikovány potřebné jednotky vyjadřující výsledky, aby byla zajištěna co nejvyšší srovnatelnost výsledků a dostatečný informační základ pro přepočítávání, reprodukování, převádění a vztahování hodnoty.

Vzhledem k tomu, že různé země mají různé požadavky na výkon systému čištění vzduchu musí být vyhodnoceny výsledky pro amoniak, zápach a prach jako střední hodnota (včetně standardní odchylky pro amoniak) a má být zajištěna účinnost odstraňování. Při výpočtu středních hodnot a účinnosti odstraňování je třeba vzít v úvahu následující podmínky:

Výpočet denních průměrů (PM a zápach)

Prach

Pro prach se v prvním kroku vypočítá účinnost odstraňování pro každý den měření dle vztahu 1.1:

$$100 * \frac{(\text{stř.hodn.koncent PM v surovém plynu} - \text{stř.hod.koncent. PM v čistém plynu}) / (\text{stř.hodnota PM v surovém plynu})}{\text{stř.hodnota PM v surovém plynu}} \quad (1.1)$$

Zápach

Koncentrace zápalchu pro každý den odběru vzorků musí být nejprve vztažena k objemovému průtoku vzduchu 1.2:

$$100 * \frac{\text{denní } \emptyset \text{ pach.zátěže v surovém plynu} - \text{denní } \emptyset \text{ pach.zátěže v čistém plynu}}{\text{denní } \emptyset \text{ pachové zátěže v surovém plynu}} \quad (1.2)$$

Výpočet účinnosti odstraňování za zkušební dobu (amoniak, PM a zápach)

Amoniak

Účinnost odstraňování amoniaku za testovací období lze vypočítat na základě hmotnostní bilance s použitím měření koncentrací amoniaku (např. mg.m^{-3}) a průtoku vzduchu (např. $\text{m}^3.\text{hodina}^{-1}$) během testu období (tj. zima a léto).

$$\text{Zatížení NH}_3 \text{ surového plynu (kg)} = C_{\text{sur. plynu}} (\text{kg.m}^{-3}) * Q (\text{m}^3.\text{h}^{-1})$$

$$C_{\text{sur. plynu}} (\text{kg.m}^{-3}) = \text{stř. hodnota NH}_3 \text{ v sur. plynu za každé čas. období}$$

$$Q_{\text{sur. plynu}} (\text{m}^3.\text{h}^{-1}) = \text{stř. průtok vzduchu za každé časové období}$$

Účinnost odstranění za časové období dle vztahu 1.3:

$$\frac{CUM \text{ LOAD NH}_3 \text{ sur. plynu (kg)} - CUM \text{ LOAD NH}_3 \text{ čist. plynu (kg)}}{CUM \text{ LOAD NH}_3 \text{ sur. plynu}} \quad (1.3)$$

PM a zápach

Na základě denních průměrů pro prach a zápach. Střední hodnoty se vypočítávají samostatně pro každé testovací místo (A a B) a pro každé testovací období (léto a zima). Je třeba uvést příslušnou směrodatnou odchylku pro amoniak.

Účinnost odstranění pro testovací místo x v %, dle vztahu 1.4:

$$\frac{\text{zimní účinnost odstraňování} + \text{letní účinnost odstraňování}}{2} \quad (1.4)$$

Výpočet ověřené účinnosti odstraňování v %, dle vztahu 1.5:

$$\frac{\text{stř. hodnota účinnosti odstr. místa A} + \text{stř. hodnota účinnosti odstr. místa B}}{2} \quad (1.5)$$

Je velmi důležité, aby byly průtoky odpadního vzduchu, zejména v létě, během měření registrovány, aby bylo možné ověřit odpovídající zatížení plochy filtru.

V ověřovacím prohlášení musí být účinnost odstranění uvedena v % při maximálním plošném zatížení filtru v [$\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{h}^{-1}$]. Ověřené maximální zatížení plochy filtru se může lišit v závislosti na parametru (tj. čpavek, prach a/nebo zápach). Výhoda tohoto popisu je, že v závislosti na požadavcích kladených na systém čištění vzduchu, výrobce a schválení orgány mohou přesně zkontrolovat odpovídající filtrační systém s ohledem na celkovou plochu filtru (Vera-verification.eu, 2018).

1.7 Testovací protokol VERA

1.7.1 Definice VERA

Aby bylo možné čelit environmentálním výzvám v živočišné výrobě, jsou vyvíjeny nové technologie, které jsou navrženy tak, aby zvýšily eko efektivitu živočišné výroby snížením vstupů emisí znečišťujících látek a spotřeby energie. Dalším cílem je také minimalizace problémů s likvidací odpadu. Environmentální technologie v zemědělství mohou být zaváděny v různých fázích výrobního řetězce, např. techniky používané v ustájení zvířat nebo techniky pro skladování či zpracování hnoje.

Avšak zemědělci a úřady mají pouze omezené informace o výkonnosti těchto technologií, což brání k rozšíření v zemědělském sektoru. V důsledku tohoto faktu, dánské ministerstvo životního prostředí, nizozemské ministerstvo infrastruktury a životního prostředí, německé ministerstvo výživy a zemědělství a německá spolková agentura pro životní prostředí ve spolupráci s mezinárodními technickými odborníky zahájily vývoj společných zkušebních protokolů pro testování a ověřování těchto ekologických technologií pro zemědělskou výrobu.

Testovací protokoly VERA (Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production) jsou navrženy tak, aby zkoumaly environmentální výkonnost a provozní stabilitu technologie, dále poskytovaly spolehlivé informace o výkonnosti technologií farmářům, úřadům a dalším stranám. Protokol VERA má za úkol vyplnit informační mezeru centrálních zainteresovaných stran tím, že nabízí nezávislé ověření environmentální výkonnosti a provozní stability. První verze protokolu byla dokončena v roce 2010.

Cílem tohoto protokolu je specifikovat zkušební postupy pro environmentální účinnost technologií čištění vzduchu v zemědělství, což zahrnuje definice, specifické požadavky a podmínky pro zkoušení, metody měření a odběru vzorků, zpracování a interpretaci výsledků měření.

V protokolu je systém čištění vzduchu definován jako jednotka připojená k ventilačnímu systému ustájovací jednotky pro hospodářská zvířata, ve které se výstupní vzduch upravuje za účelem snížení emisí ze znečišťujících látek. V poslední době byly představeny čističe vzduchu, které odstraňují čpavek, zápach i prach, což značně ušetří čas a náklady na odstranění těchto znečišťujících jednotek.

Výchozím bodem při návrhu tohoto testovacího protokolu bylo vytvoření optimální rovnováhy mezi spolehlivými informacemi, které splňují požadavky různých uživatelů, a náklady z hlediska času a rozpočtu na provedení testovací procedury. Doporučuje se, aby životnost a náklady na údržbu čističek vzduchu byly hodnoceny tři až pět let (Vera-verification.eu, 2018).

1.7.2 Definice „systémů čištění vzduchu“

V tomto protokolu jsou technologie pro čištění vzduchu definovány, jako čištění vzduchu z ustájení zvířat od specifikovaných kontaminantů, jako je zápach, amoniak a prach. Čističe vzduchu fungují na různých principech odstraňování (fyzikální, biologické nebo chemické). V současnosti se pro odstraňování látek ze vzduchu ve zvířecích stájích používají biofiltry, biotrypkové filtry, a vícestupňové systémy čištění vzduchu (Vera-verification.eu, 2018).

1.7.3 Využití výsledků

Po dokončení testování lze provést ověření ekologické účinnosti na základě výsledků testu v souladu s tímto protokolem a Všeobecnými směrnici VERA.

Žadatel je odpovědný za poskytnutí přesného a úplného popisu systému před zahájením testování dle protokolu VERA.

Podrobný popis systému čištění vzduchu bude zejména zahrnovat:

- rozsah použití s ohledem na kategorii zvířat a systém ustájení,
- podrobnou funkci systému a očekávaný výkon s ohledem na znečišťující látky (zápach, prach a čpavek),
- ilustrace nebo schémata systému (pohled shora, řez, podrobnosti v případě potřeby,
- dimenzování systému (objem balení, plocha, množství vzduchu na m²),
- seznam základního provedení a provozní parametry, které jsou specifické pro testování systému čištění vzduchu, popřípadě jsou rozhodující pro správnou funkci.

Testovací protokol lze použít během fáze vývoje nové technologie (předběžné testování) i pro testování finální technologie s cílem ověření. Důrazně se doporučuje provést předběžné testování nové technologie před zahájením závěrečného testu a zahájit úplný test nové technologie pouze tehdy, když se ukáže, že je technologie stabilní a dobře fungující. Během předběžného testování technologie mohou být části protokolu použity k objasnění a optimalizaci výkonu (Vera-verification.eu, 2018).

1.7.4 Návrh testu

Test se zpravidla provádí na dvou farmách (A a B). Testovací farmy musí být srovnatelné velikostí, režimem krmení a rychlostí ventilace. Pokud je to možné, doporučuje se, provést testy na farmách umístěných ve dvou různých zemích.

1.7.5 Strategie odběru

Konkrétní parametry odběru a měření jsou uvedeny níže. Cílem je získat informace o technickém výkonu čističe vzduchu. Návrh testu musí zahrnovat monitorování systému po dobu jednoho roku (Vera-verification.eu, 2018).

Strategie odběru vzorků během testu systému čištění vzduchu viz Tabulka 1.3.

Tabulka 1.3: Strategie odběru vzorků během testu systému čištění vzduchu (Verification.eu, 2018)

Vzorkování/Parametry	Požadavek	
	Testovací místo A	Testovací místo B
Vzorkovací období	<p>≥ 8 po sobě jdoucích týdnů, letní podmínky.</p> <p>≥ 8 po sobě jdoucích týdnů, zimní podmínky.</p> <p>Pro testy na brojlerech: 2 šarže, s měřením po dobu 4 týdnů na konci každé šarže. Cílem je otestovat minimální a maximální podmínky.</p>	Stejně jako A
	<p>≥ 8 po sobě jdoucích týdnů, letní podmínky.</p> <p>Letní podmínky: Míra ventilace v boudě pro zvířata musí být $>80\%$ maximální dimenzované rychlosti ventilace na zvíře po dobu alespoň 3 hodin denně po dobu 50 % všech dnů měření v rámci 8týdenního testování. Během odběru vzorků pro měření zápachu musí být míra ventilace vyšší než 80 %.</p> <p>Zimní podmínky: Rychlost ventilace ve stáji pro zvířata musí být nízká a pod 30 % maximální rychlosti ventilace na zvíře po dobu alespoň 3 hodin denně po dobu 50 % všech dnů měření během 8týdenního testovacího období. Při odběru vzorků pro měření zápachu musí být rychlost ventilace nižší než 30 %.</p> <p>Pro částečné čištění vzduchu a pro chov drůbeže musí být v plánu zkoušek definovány individuální podmínky odběru vzorků pro tento konkrétní případ. Musí se však provádět letní i zimní měření. Mezi letním a zimním měřením je vyžadován minimálně dvouměsíční interval.</p>	

Odběrová místa	Současné vzorkování vstupního a výstupního vzduchu.	Stejně jako A
Minimální dny odběru vzorků		
Zápach	<ul style="list-style-type: none"> • 2x8 dnů měření. • Charakterizace zápachu (volitelné) 	4 dny v zimě a 6 dní v létě.
Prach	<ul style="list-style-type: none"> • Celkový prach a PM₁₀: 2 dny v každém 8týdenním období. • PM_{2,5} volitelné. 	Žádná měření prachu.
Amoniak	<ul style="list-style-type: none"> • 2x8 měřících dnů 24hodinového nepřetržitého měření. • Dvoutýdenní nepřetržité vzorkování NH₃ v každém ze dvou 8týdenních období pro stanovení N-bilance. 	4 dny v zimním období a 6 dní v letním období. Rovnoměrně rozložené na období osmi týdnů.
Rovnováha dusíku	<p>Pro provozní stabilitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analýza vody jednou týdně (v každém období). <p>Pro bilanci dusíku:</p> <ul style="list-style-type: none"> • > 2 týdny (pro biofiltry > 4 týdny) během každého z 8týdenních období s online plynem (NH₃, NO_x, N₂O) a objemovým měření průtoku a také rozbory vody. 	Žádné měření.
Operační parametry	<p>Pro provozní stabilitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rozbory vody jednou týdně (v každém období). 	Stejně jako A

	<p>Během měření zápachu a čpavku:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objemový průtok vzduchu (nepřetržitě). • Teplota a relativní vlhkost (před a za čističkou vzduchu) alespoň jednou týdně. • pH vypouštěné vody. 	
Kapalina z čističky vzduchu	<p>Pro provozní stabilitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rozbory vody jednou týdně (v každém období). <p>Při měření zápachu a čpavku: Během 2týdenního nepřetržitého měření NH_3 bude vypuštěná voda skladována v nádrži. Z čističky vzduchu a ze skladu se odeberou vzorky kapalin z prvního dne, z prostředního dne a z posledního dne dvoutýdenního období.</p>	Vzorky recirkulační kapaliny čističe vzduchu se odebírají ve všech dnech s měřením zápachu a amoniaku.

1.7.6 Strategie měření

Kalibrace, ověřování a validace

Kalibrace měřicích přístrojů je zásadní a je součástí definice konfigurace. Týká se to kalibračních postupů, které se provádějí pouze celoročně, i těch, které je třeba provést před každým použitím. Kalibrace musí také brát v úvahu možnou křížovou interferenci od jiných plynů ve zkušebně, jakož i teplotu, relativní vlhkost atd. Jakékoli kalibrační a ověřovací postupy a odhady nejistoty měření pro příslušné parametry musí splňovat požadavky normy ISO 17025 a být dokumentovány a hlášeny. Pro všechny parametry

musí být rozsah měření a detekční limit příslušné metody měření adekvátní a musí být zdokumentovány v protokolu o zkoušce.

Níže v Tabulka 1.4 jsou uvedeny minimální požadované parametry QA (zajištění kvality měření), které musí být zdokumentovány zkušebního ústavu a jsou k dispozici na vyžádání:

Tabulka 1.4: Požadavky na zajištění kvality pro měření NH₃ (Vera-verification.eu, 2018)

QA parametr	Požadavky
Detekční limit	Minimální detekovatelná koncentrace amoniaku. Definováno jako koncentrace, při které je pravděpodobnost falešně pozitivního výsledku 1 % a pravděpodobnost falešného negativního výsledku je 50 %. Typicky se to stanoví jako trojnásobek standardní odchylky alespoň 7 slepých měření, existují však i jiné postupy.
Limit kvantifikace (LOQ)	Minimální koncentrace, při které může být koncentrace hlášena s přijatelnou přesností, která se obvykle určuje jako 10násobek standardní odchylky alespoň 7 slepých měření, ale existují i jiné postupy. Žádné výsledky pod LOQ nelze zahrnout do výpočtu odstranění účinnosti, ale může být nastavena na hodnotu LOQ. Doporučuje se, aby LOQ pro odstranění amoniaku ve vzduchu čisticích prostředků byl alespoň <1 ppm a nejlépe <0,5 ppm.
Nejistota měření	Rozšířená nejistota celkové metody včetně nejistot kalibrační funkce a dalších souvisejících nejistot (např. ředění). U amoniaku nepřesáhne nejistota měření 15 %.

Rozsah měření	Rozsah koncentrací, při kterém platí kalibrační funkce (viz níže) a nejistota metody. Rozsah měření nemůže sahát pod LOQ a je třeba poznamenat, že nejistota při LOQ je typicky ~25 %.
Přesnost metody (opakovatelnost)	Vypočteno na základě série měření při stabilních koncentracích jako relativní směrodatná odchylka v %.

Přesnost metody může být stanovena pro každý typ měření (všimněte si však, že je k dispozici mnoho různých podmínek v závislosti na kategorii zvířat, uspořádání ustájení, krmení, ...) a není nutně součástí každého testu. V tomto protokolu jsou použity dvě metody:

1. Srovnání s uznávanou referenční metodou podle EN14793
 - pro amoniak by referenční metodou byla metoda impinger podle VDI 3496 a NEN 2826,
 - pro měření plynů je důležité, aby vzorkovací systémy byly, pokud možno totožné,
 - podle EN 14793 je korelační koeficient $r \geq 0,97$ ($R^2 \geq 0,94$) a sklon by se neměl výrazně lišit od 1, jak je uvedeno v normě.
2. Porovnání se syntetickým plynem obsahující certifikovanou koncentraci amoniaku v kombinaci s testy, které dokumentují, že metoda je bez interferencí od známých složek, jako jsou vodní pára, oxid uhličitý, metan a těkavé organické sloučeniny. Pro emise z hospodářských zvířat jsou relevantními VOC (těkavé organické sloučeniny) hlavně těkavé karboxylové kyseliny, těkavé alkoholy a ketony. Kritéria přijatelnosti pro tuto metodu jsou definována následovně:

Regrese srovnání s certifikovaným standardem by měla mít korelační koeficient $r \geq 0,97$ a sklon by se neměl lišit od 1 o více než nejistotu certifikovaného referenčního plynu. (max. 10 %). Součet všech interferencí by měl být 0,99.

Primární parametry měření se zaměřují na primární znečišťující látky životního prostředí z mechanického ventilačního systému ustájecí jednotky. V tomto protokolu jsou to amoniak, zápach a prach. Pokud je známo, že typ testovaného čističe vzduchu nesnižuje konkrétní parametr nebo na něj má pouze okrajový vliv, může se

žadatel rozhodnout, že účinnost čištění určí jako nulovou, aniž by provedl měření (Vera-verification.eu, 2018).

1.7.7 Měření amoniaku

Minimální počet a rozložení dnů odběru vzorků:

Místo testu A:

- 24 hodin nepřetržitého odběru vzorků jednou týdně během každého ze dvou osmitýdenních období.
- V každém z nich se provede dvoutýdenní nepřetržitý odběr vzorků NH_3 pomocí metod kontinuálního měření ze dvou osmitýdenních období v časech s nejvyšším zatížením. Kontinuální měření NH_3 se použijí pro stanovení N-bilance.

Testovací místo B:

- Totožné s místem A, ale měření pouze ve čtyřech dnech během osmitýdenního zimního období a šest dnů během osmitýdenního letního období.
- Měření dny rovnoměrně rozložené do osmitýdenního období.

Parametry, které se mají měřit během každého z měřicích dnů:

- objemový průtok vzduchu (nepřetržitě),
- teplota a relativní vlhkost (před a po čističi vzduchu) a
- pH vypouštěné vody (alespoň jednou týdně).

Vzorky recirkulační kapaliny čističe vzduchu musí být odebírány ve všechny dny měření. Během měření musí být míra obsazenosti zvířat mezi 90 a 100 %.

Metoda měření

- Pro váhu N jsou vyžadovány online měřicí systémy.
- Metoda měření musí být stejná pro vstupní a výstupní vzduch.
- Trubice pro detekci plynu nelze použít a lze je použít pouze pro orientační měření.

N zůstatek

Pro provozní stabilitu:

- Rozbory vody jednou týdně s pH elektrickou vodivostí, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ a $\text{NO}_3\text{-N}$ (v období osmi týdnů).
- Testování bilance dusíku je povoleno pouze v případě provozní stability, postačuje systém čištění vzduchu.

Pro bilanci dusíku: období alespoň dvou týdnů (pro biofiltry: alespoň čtyři týdny) v rámci každého z osmitýdenních období s online měřením plynu (NH_3 , NO_x , N_2O) a objemového průtoku (plyn a kapalina).

Rozbory vody (zkušební místo A): Během dvoutýdenního nepřetržitého měření NH_3 bude vypouštěná voda skladována v nádrži. Z čističky vzduchu a ze skladu se odeberou kapalné vzorky z prvního dne, z prostředního dne a z posledního dne dvoutýdenního období. Měření NO_x a N_2O není nutné pro regulátory kyselosti. (Vera-verification.eu, 2018)

1.7.8 Měření zápachu

Minimální počet a rozložení dnů odběru vzorků:

Místo testu A:

Týdně se dvěma sadami vzorků denně během osmitýdenního letního a zimního období.

Místo testu B:

Dvě sady vzorků denně po dobu čtyř dnů během osmitýdenního zimního období a šesti dnů během osmitýdenního letního období. Dny odběru vzorků rovnoměrně rozložené do osmitýdenního období s alespoň jedním odběrem vzorků během prvního týdne a jeden odběr během posledního týdne.

- Odběr vzorků mezi 9 a 13 hodinou.
- Vzorky surového a čistého plynu musí být odebírány současně.
- Místo odběru: průřez výstupů vzduchu, nejlépe směsný vzorek.
- Doba vzorkování: minimálně 30 minut.
- Zařízení pro odběr vzorků: podle EN 13725.
- Podle EN 13725 musí laboratoř zdokumentovat, jak je zabráněno riziku kondenzace ve vzorkovacích vacích.

Parametry, které se mají měřit během dnů měření:

- Objemový průtok vzduchu (současně a kontinuálně s frekvencí měření <5 min).
- Teplota
- Vlhkost (před a za čističkou vzduchu) > 90 % v čistém plynu, aby byla prokázána správná funkce systému.
- pH vypouštěné vody (alespoň jednou týdně).

Charakteristika zápachu

Pouze pro odběr vzorků na testovacím místě A.

- Analýza z hlediska druhu zápachu (např. prasečí pach nebo zemitý)
- Pro definování specifického zápachu prasat nebo drůbeže je stanoven tým testovacích lidí, kvalifikovaných podle EN 13725. Tým musí být vyškolen na pachy typické pro proces.

Metoda měření

- Olfaktometrií podle EN 13725:

Kvalita vzduchu – Stanovení koncentrace zápachu dynamickou olfaktometrií.

(Vera-verification.eu, 2018)

1.7.9 Měření prachu

Podmínky odběru vzorků:

- Vyžaduje se pouze na zkušebním místě A.
- Měření PM₁₀ a větší je povinné, PM_{2,5} je nepovinné.

Minimální počet a rozložení dnů odběru vzorků pro celkový prach a PM₁₀:

- Dva dny v každém z osmítýdenních období. Dny odběru vzorků by měly být v různých týdnech.
- Nejméně dvě sady vzorků v každém dni odběru, buď po sobě, nebo paralelně.
- Vzorky surového a čistého plynu musí být odebírány současně.
- Odběr musí být izokinetický nebo rychlost vzduchu musí být nižší než 2 m.s⁻¹.
- Místo odběru: na základě rychlosti vzduchu a homogenity.
- Doba odběru musí být upravena tak, aby poskytovala detekovatelnou hmotnost částic: orientačně mezi 30 minutami a 24 hodinami. U krátkých měření se odběr vzorků provádí mezi 9 a 16 hodinou.

Metoda měření

Musí být uvedena přesná frakce částic, která byla odebrána, tj. buď odkazem na frakci (PM₁₀, TSP, TD a ID), uvedením 50 % její mezní hodnoty průměru nebo uvedením její mezní hodnoty.

Normy pro měření (podrobnosti viz bibliografie), např.:

- EN 12341 a EN 13284-1 (pro PM₁₀ a PM_{2,5}).
- ISO 7708 a EN481 (pro vdechovatelný prach, PM₁₀₀).
- Metoda NIOSH 0500 (pro celkový prach).
- 40 CFR 50, příloha B (pro TSP, PM₃₅).

Při měření prachu je třeba vzít v úvahu následující – pokud je cílem měření získat absolutní koncentrace PM nebo absolutní hodnotu emisí PM, měly by metody měření produkovat koncentrace blízké skutečné koncentraci. Metody měření lze použít až poté, co byly provedeny a zveřejněny testy ekvivalence s příslušnými referenčními vzorkovači a byla přijata opatření (například recalibrace). V každém případě se doporučuje, aby byly hodnoty koncentrace na místě odběru v zásadě odebrány duplicitně (Vera-verification.eu, 2018).

1.8 Protokol o zkoušce a vyhodnocení

Tato část popisuje požadavky na protokol o zkoušce včetně formalit pro popis systému a zkoušky, zpracování dat a statistickou analýz. Výsledky zkoušek musí být obecně hlášeny na základě EN 15259. Protokol o zkoušce musí být napsán v angličtině a v případě potřeby v místním jazyce. Výsledná zpráva musí obsahovat kapitoly s níže uvedenými podnadpisy (Vera-verification.eu, 2018).

1.8.1 Předmluva k protokolu

Předmluva by měla obsahovat:

- popis tří stran zapojených do testu – žadatele, zkušební orgánu a zemědělce/zemědělců – a jejich příslušných rolí v průběhu testovacího období,
- specifikace zkušebního období včetně dat,
- datum a podpis osoby (osob) odpovědné za test,
- název a adresa zkušební orgánu (Vera-verification.eu, 2018).

1.8.2 Úvod protokolu

Úvod může obsahovat popis toho, jak testovaný systém/technologie může splňovat podmínky životního prostředí snížením emisních látek znečišťujících životní prostředí, čímž se sníží celkový dopad na životní prostředí. Kromě toho musí úvod obsahovat popis žadatele/výrobce zapojeného do zkoušky a poskytnout obecný popis jejich aplikačního technologického systému. Pokud žadatel/výrobce provedl předchozí zkoušky, musí být popsány a musí být poskytnuty odkazy (Vera-verification.eu, 2018).

1.8.3 Materiály a metody protokolu

Část materiálů a metod musí obsahovat popis:

- farmy zapojené do testu,
- systém čištění vzduchu, včetně požadavků na správnou funkci,

- metoda měření, včetně nejistoty měření,
- jednotku, ve které se test provádí.

Popis musí obsahovat

- kategorie zvířat,
- počet sekcí, které jsou připojeny k systému čištění vzduchu,
- rozměry sekcí a kotců,
- počet kotců na sekci,
- počet zvířat na sekci.

Po popisu jednotky bude následovat popis čističe vzduchu, jeho kritéria dimenzování a princip ovládání. Protokol o zkoušce musí také obsahovat fotografie a případné výkresy systému čištění vzduchu. Následně musí být vyhotoven návrh zkoušky, dimenzování zkoušky a metody měření, včetně specifikace použitých měřících přístrojů, měřících bodů a frekvence měření. Zpráva o zkoušce také obsahuje popis metody statistického zpracování dat.

Popis výsledků začíná specifikací naměřených primárních parametrů (zápach, koncentrace amoniaku a prachu). Jednotlivé údaje se nejprve zobrazí v grafech a následně se zpracovaná data uvedou v tabulkách s mediány, průměry a percentily (Vera-verification.eu, 2018).

K prokázání zápachu by měly být uvedeny údaje pro každý den měření s příslušnými odpovídajícími údaji. Údaje popisující podmínky měření uvedené v následující Tabulka 1.5 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.:**

Tabulka 1.5: Podmínky měření (Vera-verification.eu, 2018)

Měření zápachu	
Datum	Datum jednotlivého dne měření
Zvíře	Počet zvířat v den měření
Váha zvířete	Průměrná hmotnost zvířat v den měření
Okolní a okrajové podmínky	
Venkovní teplota	Průměr ve °C během doby odběru vzorků
Venkovní vlhkost	Průměr v % během doby vzorkování
Teplota surového a čistého plynu	Průměr ve °C během doby odběru vzorků

Vlhkost surového a čistého plynu	Průměr v % během doby vzorkování
Ø objemový průtok odpadního vzduchu	Průměr v m ³ h ⁻¹ během doby odběru vzorků
Ø zatížení povrchu filtru	Průměr v m ³ m ⁻² h ⁻¹ během doby odběru vzorků
Koncentrace zápachu	
Koncentrace surového plynu	Geometrický průměr jednotlivých vzorků
Koncentrace čistého plynu	Geometrický průměr jednotlivých vzorků

Po předložení dat se provede diskuse o výsledcích. Průměr a odchylka parametrů měření a všech doplňkových parametrů měření musí být uvedeny v tabulkách. V případě potřeby, se uvede hmotnostní bilance dusíku. Dále musí být uvedeno hodnocení provozní stability systému. Toto hodnocení bude založeno na pozorováních provedených během celého zkuškového období a bude zahrnovat všechny zaznamenané údaje popisující stabilitu systému čištění vzduchu. Následně je nutné vypočítat dobu provozuschopnosti technologie během zkušební doby a také správná účinnost této technologie. Zpráva o zkoušce musí obsahovat vyhodnocení potenciálních rizik, které souvisejí s používáním systému včetně potenciálního dopadu na zdraví a pohodu zvířat, bezpečnost a ochranu zdraví při práci a celkové prostředí (Vera-verification.eu, 2018).

1.8.4 Závěr protokolu

Závěr popisuje a diskutuje výsledky testů. Tato kapitola musí obsahovat pouze ty aspekty, které mohou být zdůvodněny v kapitole o výsledcích ve zkušebním protokolu (Vera-verification.eu, 2018).

2 Cíl práce

Cílem práce je vyhledání a porovnání metodik měření emisí zátěžových plynů z chovů hospodářských zvířata odpovědět na otázky:

1. Jaké jsou hlavní rozdíly u metodiky Vera a dle dokumentu BREF?
2. V kterých bodech se metodiky shodují?

Dílčí cíle práce:

1. Zjistit podrobný popis metodik měření.
2. Přehledně ukazatele zpracovat.
3. Odpovědět na otázky z cíle této práce.
4. Výsledky zhodnotit a uvést závěry pro praxi.

3 Metodika

V úvodní části bakalářské práce bude vypracován podrobný literární přehled, který bude obsahovat přehledný popis odborných informací z příslušných knižních a webových zdrojů či odborných publikací, jež budou obsahovat obecné fakty a dostatečné množství informací k danému tématu – měření emisí z chovu prasat. Originál dokumentu BREF je na stránce https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC107189_IRPP_Bref_2017_published.pdf?fbclid=IwAR2yKkD4QZfDijHpPOm8J2JObmJ3_D97t8zeIuipCiLjwBd7vF3gbNjVpZs z roku 2017 a do českého jazyka byl přeložen v roce 2020 pracovníky Katedry zemědělské, dopravní a manipulační techniky Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích pod vedením p. Havelky. Dokument VERA je dostupný na stránce https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Testprotocol_AirCleaner_V2_2018.pdf a překlad do českého jazyka provedl autor této práce.

Další část se bude zabývat porovnáním rozdílů metodik měření dle dokumentu BREF a protokolu VERA. Následně zde budou zachycené odlišnosti dostupných zdrojů týkajících se dané problematiky. Práce si klade za cíl zhodnotit problematiku znečišťování ovzduší v zemědělství, konkrétně emise amoniaku do ovzduší produkované z chovu prasat.

V závěrečné kapitole budou zhodnoceny výsledky rešerše a uvedeny vhodné závěry pro praxi.

4 Vlastní práce

4.1 Metodika BREF

V průmyslu a zemědělství je využíváno velké množství technologií, jejichž environmentální dopady není vůbec jednoduché zhodnotit. Z tohoto důvodu byly pro jednotlivá průmyslová odvětví, která spadají pod IPPC vypracovány referenční dokumenty, tzv. BREF (Best Available Techniques REFERENCE Document). Tyto dokumenty mají provozovatelům příslušným zařízením i správním orgánům usnadnit proces vydání integrovaného povolení. Jednotlivé dokumenty BREF jsou výsledkem výměny informací, která je na úrovni Evropské unie podle čl. 13 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, a popisuje primárně použité techniky, nynější úroveň emisí a spotřeby, postupy pro posouzení nejlepších dostupných technik a nově vznikající techniky. Referenční dokument o BAT (Best Available Technique) - BREF „Intenzivní chov drůbeže nebo prasat,“ který obsahuje problematiku emisí amoniaku a zápachu z chovů hospodářských zvířat, byl publikován komisí č. 2017/302 dne 15. února 2017 (Bartoš et al., 2017).

4.2 Odběr vzorků podle metodiky BREF

Vzorky z místa farmy se odebírají nejméně 6 dní v průběhu 1 roku. Díky tomuto postupu jsou rovnoměrně rozloženy a dobře vyváženy v systému odběru vzorků sezónní výkyvy, kterými jsou ovlivňovány koncentrace NH_3 a rychlost ventilace po celý rok. Rozdělení 6 dnů odběru vzorků v roce je závislé na emisním modelu kategorie zvířat, pro kterou je spuštěn monitoring.

U kategorií zvířat, které mají stabilní vzorec emisí (např. nosnice) by se dny odběru vzorků měly náhodně vybírat každé dva měsíce.

U kategorií zvířat, které mají lineární nárůst emisí během produkčního cyklu (např. prasata na výkrm) je dalším požadavkem, aby měření byla rovnoměrně rozdělena v růstovém období. Aby toho bylo dosaženo, polovina měření by měla být provedena v první polovině výkrmového cyklu a zbývající ve druhé polovině výkrmového cyklu. Kromě toho, by dny odběru vzorků, které jsou získávány ve druhé polovině výkrmového cyklu měly být rovnoměrně rozloženy v rámci roku (stejný počet měření za sezónu).

V případech, ve kterých lze očekávat, že pravidelné postupy řízení ovlivní úroveň emisí, by měl být brán zřetel na to, aby byly tyto postupy začleněny do systému odběru

vzorků takovým způsobem, aby byly vzorky správně rozděleny mezi zmiňované postupy řízení.

Odběr vzorků šestkrát na jednom místě farmy je definován jako dostatečný pro řešení rozptylu umístění v hospodářství a současně zajišťuje, že pozorování jsou dostatečně časově rozdělena, aby byla na sobě nezávislá. Veškerá měření budou založena na 24hodinovém období vzorkování. To znamená, že vzorce, které stanovují denní odchylky nepřispívají k celkové odchylce měření. Aby měření emisí amoniaku byla reprezentativní pro emise systémů ustájení, jsou důležité obvyklé postupy řízení a žádná výjimečná BREF pro intenzivní chov drůbeže nebo prasat (Havelka et al., 2020).

4.3 Způsob měření ukazatelů stájového mikroklimatu

Tímto tématem se zabýval VÚZT v.v.i. Praha Ruzyně, pod vedením p. Jelínka a pro tato měření vypracoval i metodiku.

Díky zjištění vědecké váhy měření (reprodukovatelnost a opakovatelnost) ukazatelů mikroklimatu v chovech prasat je stanoveno několik zásadních požadavků, které je nutné dodržet:

- měření proběhne samostatně pro každou halu chovu
- není nutná akreditace měření, ale používané přístroje musí být pravidelně ověřeny a cejchovány podle pokynů výrobce nebo dodavatele
- v průběhu měření je ventilace ponechána v běžném režimu, který odpovídá venkovním podmínkám a době výkrmu dané kategorie prasat
- přijatelná venkovní teplota je v rozmezí +10 až +30 °C
- o provedeném měření je vytvořen záznam.

Současná legislativa v oblasti ochrany ovzduší říká, že je požadováno kontinuální měření po dobu minimálně 24 hodin. K tomuto měření se využívá metod založených na elektrochemických čidlech (zejména pro orientační měření), nebo metody pro detailnější měření využívající fotoakustickou spektroskopii (Jelínek et al., 2013).

Při nedostatečném přívodu čerstvého vzduchu dochází ve stáji k hromadění škodlivých plynů. Mluví se zde o výparech (H_2O), oxid uhličitý (CO_2), amoniak (NH_3) a sirovodík (H_2S). CO_2 spolu s ostatními vlhkými látkami (zdivo, podestýlka, krmivo) tvoří složitý chemický komplex amonných solí, které se vlivem kolísající teploty rozkládají a následně opět vážou. Měřením byla potvrzena dynamická rovnováha mezi amoniakem a oxidem uhličitým. Ačkoliv je NH_3 podstatně lehčí než vzduch, nelze

jednoznačně říci, že je hromaděn ve vyšších vrstvách ovzduší ve stáji. Největší koncentrace bývají získávány v místech blízkých jeho zdrojům (podestýlka, podlahy, močůvkové žlábkové).

S jednotlivými druhy a kategoriemi zvířat a metodami odklizu výkalů je ve většině případů spojen charakteristický zápach (Chloupek a Suchý, 2008).

4.3.1 Měření koncentrace NH₃

Bezprostředně před zahájením měření koncentrace NH₃ se ve všech měřících místech provede měření okamžité relativní vlhkosti vzduchu, které je uskutečněno pouze krátkodobě. Měření koncentrace NH₃ se neuskutečňuje, jestliže je naměřená okamžitá relativní vlhkost vzduchu v daném místě větší jak 90 % (důsledkem vlivu vysoké relativní vlhkosti vzduchu na senzory měřících přístrojů). Pokud výrobce nebo dodavatel měřící zařízení uvádí dobu náběhu, uskuteční se měření až po uplynutí této doby. Doba měření koncentrace plynů je alespoň 10 minut pro denní průběh 24 hodin. Měření je opakováno, jestliže jsou rozdíly v koncentraci na jednotlivých měřících místech větší než 50 % naměřených hodnot.

Emise amoniaku jsou produkovány ve všech fázích nakládání s hnojem. Amoniakální forma dusíku, která je obsažena v exkrementech hospodářských zvířat, je hlavním zdrojem NH₃. Amoniak je uvolňován z hnoje a šířen se napříč celou zemědělskou budovou, případně je odveden ventilačním systémem. Hladina uvolněného amoniaku je ovlivněna několika faktory, jedná se především o ukazatele jako je teplota, míra ventilace, vlhkost, hustota naskladnění, kvalita podestýlky a složení krmiva (dusíkaté látky). Faktory, které ovlivňují rychlost šíření amoniaku v budovách chovu jsou popsány v Tabulka 4.1. Uvádí se, že v kejďe prasat představuje močovinná forma dusíku více než 95 % celkového dusíku (Havelka et al., 2020).

Tabulka 4.1: Přehled procesů a faktorů podílejících se na uvolňování amoniaku z ustájení zvířat (Havelka et al., 2020)

Proces	Složky dusíku a jejich výskyt	Ovlivňující faktory
Produkce výkalů	Kyselina močová/močovina (70 %) + nestrávené bílkoviny (30 %)	Zvířata a krmivo
Rozklad	amoniak/amonné ionty ve hnoji	Podmínky při rozkladu hnoje, např. T, pH, AW, proudění vzduchu u země, aktivita ureázy
Těkavost	amoniak v ovzduší	Podmínky procesu, místní klima, emisní plocha a doba kontaktu hnoje/kejdy se vzduchem
Odkliz	amoniak v chovné hale	Ventilace: T, RH, průtok vzduchu
Emise	Amoniak v přírodě	Čištění vzduchu
Poznámka: T = teplota, pH = kyselost, AW = aktivita vody, RH = relativní vlhkost		

Nejčastěji používanou metodou, kterou se monitoruje NH_3 je odhad emisí amoniaku na základě bilance dusíku. Tato technika spočívá v množství dusík, který je specifický pro hospodářství a je vylučovaný definovanou kategorií hospodářských zvířat a používáním celkového toku dusíku (nebo TAN) a faktorů účinnosti (EF) v každé fázi nakládání s hnojem, tj. podílu ročního toku celkového N nebo TAN, který je emitován do vzduchu (Jelínek et al., 2013).

4.3.2 Emise ze zařízení pro uskladnění hnoje

Ztráty amoniaku z farem a po aplikaci hnoje na pole jsou většinou nejdůležitějšími zdroji emisí. Nicméně ztráty, které jsou skladované kejdy a tuhého hnoje mohou taktéž významně přispět k celkové emisi amoniaku. Ze skladování tuhého hnoje a kejdy jsou produkovány plynné emise amoniaku, metanu, oxidu dusného a pachových sloučenin. Kapalínu, která je uvolňována z tuhého hnoje (např. hromady na polích) lze taktéž považovat za emise (vyluhování dusičnanů). Emisní faktory amoniaku jsou stanovena od zanedbatelných po velmi vysoké a mohou představovat více než počáteční TAN v hnoji, protože u emisí amoniaku je možné, že pocházejí z mineralizovaného

organického dusíku. Tato změna emise NH_3 je způsobována účinkem zpracování hnoje, tj. doby skladování, provzdušňování a teploty. Ztráta amoniakálního dusíku při skladbě kejdy z chovu prasat v otevřených nádržích a lagunách může být 6 % až 30 % z celkového obsahu dusíku v uskladněné kejdě, za předpokladu, že je zde emisní plocha po celý rok.

4.3.3 Emise z uskladnění kejdy

Při skladování kejdy se z povrchové vrstvy nejprve emituje část NH_3 , ale poté ochuzená povrchová vrstva blokuje další emise. Vytváření plovoucí krusty může být závislé na obsahu sušiny v kejdě a na klimatických podmínkách: silné deště namočí krustu, která následně bude mít tendenci být stahována dolů naředenou kejdou na povrchu, naopak teplé a slunečné klimatické podmínky umožňují rychlou tvorbu krusty. Neporušená krusta je velice účinnou bariérou proti ztrátám NH_3 .

Monitorování amoniaku pomáhá identifikovat účinnost opatření prováděných ve vztahu k systému ustájení, skladování a/nebo aplikaci do půdy.

Informace o vlivu na životní prostředí a provozní údaje:

- Jsou odhadovány ztráty amoniaku mezi okamžikem vylučování dusíku a okamžikem odstranění hnoje ze systému ustájení a/nebo jeho aplikace. Tyto ztráty jsou závislé na systému ustájení a technikách skladování hnoje dle rovnice 4.1:

$$N_{\text{hněj}} = N_{\text{strava}} - N_{\text{uchovaný}} - N_{\text{plynné ztráty z budova a skladu hnoje}} \quad (4.1)$$

kde:

N_{strava} - množství N obsažené v požitých stravě (kg N/ks/rok) = $\text{PK}_i \cdot \text{CP}_i$

$N_{\text{uchovaný}}$ - množství N uchovaného zvířetem (živá hmotnost \times obsah N) a související produkty (tj. selata od prasnic, vejce od nosnic)

$N_{\text{vyloučené}} = N_{\text{strava}} - N_{\text{uchovaný}}$

4.3.4 Měření koncentrace CO_2

Měření koncentrace CO_2 je uskutečněno ve stejných místech jako u amoniaku NH_3 . Výsledná hodnota se získá jako geometrický průměr pro n naměřených hodnot v jedné hale.

Bezprostředně před zahájením měření koncentrace CO_2 je ve všech měřících místech provedeno krátkodobé měření okamžité relativní vlhkosti vzduchu. Měření koncentrace CO_2 není prováděno, pokud je naměřená okamžitá relativní

vlhkost vzduchu v daném místě vyšší než 90 % (v důsledku vlivu vysoké relativní vlhkosti vzduchu na senzory měřících přístrojů).

Zahájení měření je prováděno po uplynutí doby náběhu senzorů, pokud ji výrobce nebo dodavatel měřícího zařízení uvádí. Doba, kdy se měří koncentrace plynů je minimálně 10 minut pro denní průběh 24 hodin. Měření se opakuje, jestliže jsou rozdíly v koncentraci na jednotlivých měřících místech větší než 50 % naměřených hodnot (Jelínek et al., 2013).

4.3.5 Měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu

Teplota vnitřního prostředí haly nesmí být měřena, jestliže venkovní teplota vzduchu ve stínu přesáhne 30°C. Měření teploty se provádí přístrojem s minimálním rozlišením 0,5 °C a ve stejných místech, v nichž jsou umístěna čidla a sběrné sondy pro měření koncentrací plynů. Doplňkové měření vnější teploty vzduchu je prováděno ve stínu ve výšce jeden metr nad zemí a minimálně jeden metr od stěny haly tak, aby byl vyloučen vliv sálání tepla stěnami objektu.

Relativní vlhkost vzduchu uvnitř haly nelze měřit tehdy, když venkovní teplota klesne pod 10°C. Měření je uskutečněno ve stejných místech, jako jsou umístěna čidla a sběrné sondy pro měření koncentrací plynů.

Jestliže je naměřená hodnota relativní vlhkosti vzduchu vyšší než 70 %, je provedeno opakované měření ve stejných měřících místech nejdříve po 24 hodinách. Pokud bude i při opakovaném měření zjištěna relativní vlhkost vzduchu vyšší než 70 %, provede se měření po 48 hodinách (Jelínek et al., 2013).

4.3.6 Měření průtoku vzduchu

Stanovení potřebné míry ventilace je požadavkem měření difúzních emisí. Hodnocení rychlosti proudění vzduchu je závislé na typu ventilace (nucené nebo přirozené). Anemometry je možné použít v chovných halách s nízkotlakou ventilací k nepřetržitému měření průtoku odváděného vzduchu ve ventilační šachtě. Okolní podmínky, které jsou specifické uvnitř chovu zvířat (prach, vysoká vlhkost, amoniak) mohou zvýšit kalibrační posun senzorů (např. citlivost horkých drátěných anemometrů na prach). V chovných jednotkách s částečným čištěním vzduchu se také měří míra ventilace pro ustájení. Metody, kterými se stanovuje míra ventilace se mohou mezi budovami s přirozenou a mechanickou ventilací výrazně lišit. Většinou jsou chyby naměřených hodnot míry ventilace v budovách s přirozenou ventilací vyšší, což může mít za důsledek vyšší chyby naměřených emisí. V budovách,

kde je mechanická ventilace, jsou chyby spojené s měřením míry ventilace pravděpodobně nejdůležitějším zdrojem chyb při měření emisí. Mezi hlavní rozdíly mezi měřeními emisí z budov s přirozenou či mechanickou ventilací patří velikost náhodných chyb a význam zkreslení. V budovách s mechanickou ventilací je identifikováno potenciální zkreslení, nicméně lze mu zabránit, zatímco náhodná chyba může být snížena na přijatelnou úroveň (tj. 10–20 %). V budovách s přirozenou ventilací je však velmi obtížné identifikovat a korigovat zkreslení a náhodná chyba je pravděpodobně podstatně vyšší než v budovách s mechanickou ventilací. V budovách s přirozenou ventilací není možné, aby byly míry ventilace měřeny na ventilátorech, a proto musí být odhadnuty pomocí techniky stopovacích plynů, která je jedinou metodou pro provádění kvantitativních měření ventilace. Tento přístup však nelze použít, jestliže jsou budovy s přirozenou ventilací moc otevřené, aby umožnily správné promíchání stopovacího plynu.

Distribuci vzduchu je možné přesně nastavit prostřednictvím ventilačních klapek, polohou ventilátoru (ventilátorů) a průměrem otvoru pro přívod vzduchu. Naopak přirozená ventilace závisí na přirozených výkyvech venkovní teploty vzduchu a na proudění větru (tlakové rozdíly) a je zajištěna otvory ve střeše a/nebo po stranách budovy. Definovaného průtoku vzduchu je možné dosáhnout pouze v ustájených s nucenou ventilací. Kromě toho je možné dosáhnout rovnoměrnějšího proudění vzduchu v kotci. Toto je důležité při uvažování nad aplikací u systémů ustájení, protože interakce mezi krytým (podlahovým) systémem a ventilačním systémem ovlivňuje proudění vzduchu a teplotní gradienty v ustajovacím objektu. Například částečně roštové podlahy je možné kombinovat lépe s nucenou ventilací než s přirozenou ventilací. Naopak u plně roštových podlah lze přirozenou ventilaci použít stejně jako nucenou. Bez ohledu na chovnou fázi a ventilační systém je nutné, aby bylo zabráněno průvanu v blízkosti zvířat. U nových farem je běžné, aby byla použita integrovaná zařízení, která odpovídají požadavkům na vytápění a ventilaci (Havelka et al., 2020).

Rozmístění odběrných míst má nemalý vliv na objektivitu naměřených hodnot. Ve většině nových či modernizovaných stájí pro chov prasat a drůbeže se používá nucené větrání. Při měření koncentrace amoniaku je zvoleno odběrné místo co nejbližší výstupním ventilátorům nebo štěrbinám v závislosti na tom, jedná-li se o větrání podtlakové či přetlakové, kde již je koncentrace amoniaku ve stáji nejvyšší, ale ne přímo v proudu odsávaného vzduchu, dle metodiky (Jelínek, 2007b).

4.3.7 Měření osvětlení

Míra osvětlení je měřena běžným luxmetrem. Získává se v úrovni zvířat v místech shodných s odběrnými místy plynů a provádí se v každém místě dvakrát.

V osmi měřeních z deseti není možné, aby hodnota intenzity osvětlení klesla pod 75 l_x v porodně, u dochovu selat a výkrmu 40 l_x a u prasnic a kanců 100 l_x (Jelínek et al., 2013).

4.4 Závěry o BAT

Povolující úřady (KÚ) musí v souvislosti s tzv. závěry o BAT provádět přezkoumání integrovaných povolení v rámci čtyřletého období podle harmonogramu vydaného hlavním gestorem – MŽP. Intenzivní chov drůbeže nebo prasat dle přílohy č. 1 zákona o integrované prevenci a omezeným odborným a administrativním kapacitám povolujících úřadů je nutné započítat do 4leté lhůty i dobu, která je potřebná k vedení řízení podle zákona o integrované prevenci, aby bylo řízení uzavřeno a závazné podmínky byly platné ještě v rámci uvedené 4leté lhůty. Přístup státních orgánů vychází ze zákona o IPPC, který je v kompetenci MŽP, což také zpracovává metodický pokyn pro KÚ. Metodickým pokynem vydává MŽP jen doporučení pro KÚ, jak s BREFem a Závěry o BAT nakládat. Tudiž je na každém provozovateli, jaké podmínky si v přezkumném řízení vyjedná (Eagri.cz, 2017).

4.5 Měření koncentrace zápachu podle protokolu VERA

Koncentrace zápachu měřená pomocí olfaktometrie byla primární metodou vyčíslení zápachů. Intenzita, charakter a hedonický tón (míra vjemu) jsou stejně důležitými kritérii pro vnímání veřejností, jakož i frekvence a trvání zápachu. Vztah mezi koncentrací zápachu a intenzitou zápachu je důležitý pro stanovení účinku zápachu na veřejnost a pro stanovení účinných strategií jeho snižování. Zápach je ovládán snížením množství pachových látek v daném objemu vzduchu (koncentrace), ale snížení míry obtěžování zápachem souvisí se silou zápachu (intenzitou).

Mezi koncentrací zápachu a intenzitou zápachu existuje nelineární vztah; více sloučenin znesnadňuje definovat účinky zápachu na veřejnost. Kvůli výzvám a nákladům na senzorická měření bylo vynaloženo určité úsilí porovnat koncentraci zápachu s koncentrací amoniaku nebo prachu, ale ne všechny případy byly úspěšné (např. u brojlerů).

Emise zápachu lze měřit dynamickou olfaktometrií v souladu s evropskou normou CEN (EN 13725:2003) v délce vzorkování obvykle půl hodiny (navíc se v daném čase

sleduje skutečný průtok vzduchu). Koncentrace zápachu cod se udává v evropských pachových jednotkách na metr krychlový vzduchu ($ou_e \cdot m^{-3}$). Jedna pachová jednotka (ou_e) je definována jako ekvivalent odezvy vyvolané jednou evropskou referenční pachovou jednotkou, nejčastěji 123 μg n-butanolu odpařeného na m^3 neutrálního plynu. Hodnoty bodového měření jsou uvedeny v $ou_e^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-1}$. Emisní faktory jsou stanoveny pro zvířata, která mohou být chována v halách nebo alternativně spojená se zdrojovou oblastí ($ou_e^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-1}$), (Vera-verification.eu, 2018).

4.6 Vybraná technická řešení pro omezování emisí z chovů zvířat

Chovy prasat a prasnic se řadí mezi tradiční součásti českého zemědělství. Přestože tento sektor v minulých letech zažil nepříznivý vývoj, a i v současné době ho nadále provází, lze očekávat opětovný nárůst produkce selat i výkrmových prasat. Chovy prasat a prasnic jsou téměř neodlučitelně spojeny s produkcí emisí amoniaku a zejména pachových látek do ovzduší. Emise pachových látek, které se šíří do vzdálenosti stovek metrů od svého zdroje – chovu prasat, jsou často příčinou stížností obyvatel, kteří bydlí v jeho sousedství. Pračky vzduchu používají v cirkulačním okruhu vody zejména kyselinu sírovou, která se naváže na amoniak, čímž se vytvoří síran amonný. Účinnost odstranění amoniaku se pohybuje v rozmezí 70 až 95 %, v závislosti na pH vody. Dusík se ze systému odstraňuje kontrolovaným vypouštěním cirkulační vody, obsahující právě roztok síranu amonného (Budňáková a Dědina, 2012).

Chovatelé hospodářských zvířat mají nyní k dispozici řadu možností, jak mohou snížit celkové emise amoniaku a zápachu do okolí chovu.

Aplikace níže uvedených systémů velmi napomáhá ke zvýšení úrovně ochrany životního prostředí.

Využívání praček vzduchu je nejlepší dostupná technika pro stáje chovu prasat a prasnic a jejich vliv na emise amoniaku, pachu a prachu (Bartoš et al., 2017).

4.6.1 Technologie využívající sušení trusu

Technologie sušení trusu se používá primárně v intenzivních chovech drůbeže. Trus se odklízí pásovými dopravníky a posléze je sušen teplým vzduchem za účelem dosažení co nejnižší vlhkosti. Usušený trus je skladován zejména v uzavřeném prostoru. Tento způsob vede k zastavení procesů vedoucích k tvorbě amoniaku, což výsledně snížení emisí tohoto plynu o 50–90 %. V chovech nosnic či brojlerů na podestýlce je možné tuto technologii aplikovat pomocí perforované vytápěné podlahy. Tento systém je

zcela jistě méně účinný, ale z pohledu welfare se jeví jako výhodnější. Technologie zaručuje snížení emisí amoniaku o cca 60–70 % (Bartoš et al., 2017).

4.6.2 Zakrývání skladovacích ploch organických hnojiv

Uvolňování zápachu z úložiště kejdy je možné eliminovat pomocí zakrytí jeho hladiny vhodným materiálem. Nejúčinnějším úložištěm jsou ty s neprodyšnými materiály, například polyetylenová plachta. Další možností je využít také dostupné přírodní materiály, jako je sláma, kukuřičné zbytky nebo rašelina, jež vytvoří na hladině izolační vrstvu. Účinnost této technologie je poměrně vysoká, například krycí vrstva ze slámy má schopnost redukovat emise zápachu až o 40–50 % (Bartoš et al., 2017).

4.6.3 Systémy pro úpravu stájového vzduchu

Systémy pro koncovou úpravu vzduchu, který proudí z chovných hal mohou být řešeny jako samostatné objekty (biofiltrační systémy), do kterých je svedeno centrální odvětrávání. Tato technologie je vhodná zejména pro chovy s bočním odvodem vzduchu. Využívání této technologie v chovech prasat, kde má každá sekce zajištěné odvětrávání stropními větracími šachtami, by byla technicky i finančně velmi náročná. Vhodnější technologií se tudíž jeví využití tzv. praček vzduchu, které se mohou umístit přímo do ventilačního systému (Bartoš, et al., 2017).

4.6.4 Biofiltrační systém

Snížení emisí zápachu je možno docílit také instalací biologického filtru, pomocí kterého jsou ze vzduchu odstraňovány pachové látky. Systém je složen z plastových filtračních bloků a podlahových desek, na nichž je rozprostřen biologický substrát. Využit je možno měkké dřevo, rašelinu, kompost, stromovou kůru a další podobné materiály. Substrát, který obsahuje mikroorganismy pohlcuje tuhé látky a přeměňuje amoniak na dusičnan. Zvýšení biologické aktivity mikroorganismů je využíván vzduch před vstupem a na výstupu z biofiltru zvlhčován vodou pomocí trysek. Tímto systémem je možné zachytit asi 45 % prachových částic o velikosti 5-10 μm a 80 % částic větších než 10 μm . Vnímání zápachu je možné takto snížit až o 40–70 %. Zmíněná technologie má však významnou nevýhodu, jako jsou větší prostorové nároky (Bartoš et al., 2017).

4.6.5 Chemická pračka vzduchu

Princip chemické pračky vzduchu je založen na chemické reakci amoniaku s kyselinou sírovou, která je naředěna ve vodě, jež je rozprašována pomocí trysek do vzduchu. Zmiňovanou chemickou reakcí vznikne neutrální síran amonný, který je společně

s prachovými částicemi zachycen v centrální recyklační jednotce. Chemické pračky vzduchu lépe čistí vzduch, který má vyšší teplotu a jsou schopny snížit emise amoniaku až o 90 %. Zároveň dochází k odstranění přibližně 95 % prachových částic (Bartoš et al., 2017).

4.6.6 Biologická pračka vzduchu

Funkce biologické pračky vzduchu je založena na průchodu čištěného vzduchu přes voštinové filtrační jádro, ve kterém je umístěn biologický materiál. Zmiňovaná technologie dokáže odfiltrovat až 90 % prachových částic a amoniaku. Výhodou biologických praček vzduchu jsou malé rozměry zařízení, které nemusí využívat chemické látky. Biologické pračky vzduchu se používají zejména k eliminaci silně zapáchajících látek, které jsou v odpadním vzduchu obsaženy v nízkých koncentracích (Bartoš et al., 2017).

4.6.7 Úprava stájové technologie

Úpravy stájové technologie je výhodné především v chovech prasat. Inovace spočívá ve využívání celoroštových či částečně roštových podlah z odlišných materiálů, jako je kov, beton, plast či silon, s příslušnými pomocnými systémy pro manipulaci a uchování kejdy. V současné době je využíváno především systémů podroštových van a kanálů s různou účinností omezování produkce amoniaku (Bartoš et al., 2017).

4.6.8 Využití krajinných prvků

Krajinné útvary velmi účinně snižují šíření emisí do okolí chovu. Stromy a keře jsou vhodné jako přírodní biofiltr pro eliminaci pachových látek, které jsou přenášeny prachovými částicemi. Stromy eliminované látky nejen zachycují, ale současně je rozptylují – například živý plot tvořený třemi řadami stromů různého druhu a velikosti může snížit emise pachových látek téměř o 50 %. Bariéra ze stromů je také esteticky přijatelná, snižuje hluk, filtruje znečišťující látky z půdy a chrání tím spodní vodu. Důležité je, aby byly stromy vysazeny ve směru převládajícího proudění vzduchu (Bartoš et al., 2017).

4.7 Rozdíly měření u protokolu VERA a dokumentu BREF

Dokument BREF vychází z podmínek měření emisí amoniaku dle určitého národního nebo mezinárodního protokolu, v tomto případě se jedná o protokol VERA.

Hlavní rozdíly v měření produkce amoniaku z chovu prasat dle dokumentu BREF a protokolu VERA jsou zejména v délce a četnosti získávání dat.

Protokol VERA provádí rozsáhlé měření v místě A, a následně v místě B. Data pro každé z těchto míst mohou být získávána v jiné zemi, protože nákladovost tvorby protokolu je značně vysoká. Farmy, na kterých se měření provádí by měly mít podobné parametry (rozloha, režim krmení, ventilace). Dle podmínek dokumentu BREF stačí provést měření pouze na jednom místě.

Dalším rozdílem je, že dokument BREF zaznamenává velmi významnou část produkce amoniaku ze skladování hnoje. Některé zdroje říkají, že koncentrace vylučovaného NH_3 může být snížena použitím slámy v podestýlce. Důležitá není technika rozmetání, ale technika zapravení. Vzhledem k tomu, že ke ztrátám amoniaku dochází rychle, je dosaženo vyššího snížení emisí, když dojde k zapravení okamžitě po aplikaci. Emise amoniaku ve vzduchu z vyprodukovaného hnoje jsou 34 % a z hnoje aplikovaného do půdy je 32 %. Bylo také zjištěno, že během prvních 30 dnů skladování jsou emise amoniaku vyšší než 80 % z celkových emisí. Dokument BREF monitoruje emise amoniaku na základě bilance dusíku, což spočívá v množství amoniakálního dusíku, který je vylučovaný při chovu prasat a používáním celkového toku dusíku a faktorů účinnosti v každé fázi nakládání s hnojem.

Naopak místo odběru vzorků ve stájích je totožné, v obou případech se data získávají na vstupu a výstupu vzduchu. Společné jsou také faktory, ze kterých je ovlivněna míra koncentrace NH_3 . Těmito faktory se rozumí teplota, míra ventilace, vlhkost, hustota naskladnění či kvalita podestýlky a složení krmiva. Dokument BREF se ztotožňuje s využitím měřicího přístroje INNOVA 1412 Photoacoustic Multi-gas Monitor firmy LumaSense Technologies A/S, Ballerup. Principem měření je fotoakustická infračervená detekční metoda. Z toho vyplývá, že tento přístroj může v podstatě měřit koncentrace všech plynů, které jsou schopné absorbovat infračervené záření.

Protokol VERA dále stanovuje dlouhodobé měření jednou týdně po dobu 24 hodin v závislosti na stáří a hmotnosti prasat, dokument BREF upřednostňuje odebrání vzorků při celém období růstu, s tím, že polovina měření bude získána v první půlce této doby a druhá polovina měření bude rovnoměrně rozložena po celý rok ve druhé půlce doby růstu. Provádí se krátkodobé měření po dobu 6 dní za rok, minimální délka měření je 10 minut v rámci 24hodinového měření.

V dokumentu BREF nalezneme pouze obecnou charakteristiku měření emisí prachu a zápachu. Emise prachu pocházejí primárně z podestýlky, činnosti zvířat a z krmiva, při aplikaci a skladování hnojiva se tyto emise nevyskytují.

Důležitými faktory ovlivňující emise prachu jsou ventilace, aktivita zvířat, typ a množství podestýlky, typ a konzistence krmiva a vlhkost ve stáji. Emise zápachu jsou vždy lokálním problémem, proto existují předpisy, které určují minimální vzdálenosti od obytné části. Při aplikaci kejdy rozmetadlem je vysoké riziko šíření zápachu, ale po zapravení do půdy se koncentrace zápachu značně snižuje. Nejvyšší emise zápachu vznikají z hlubokého uskladnění a dlouhé doby držení trusu v kanálu. Zpracování hnoje před aplikací na pole snižuje emise zápachu během skladování nebo jeho aplikace. Protokol VERA řeší i samotné měření těchto dvou ukazatelů. Měření koncentrace zápachu je prováděno dynamickou olfaktometrií na farmě A a B. Na každé z vybraných farem se délka měření liší, na farmě A je to 2x8 dnů a na farmě B 4 dny v zimě a 6 dní v létě. Při měření zápachu je třeba měřit teplotu, vlhkost, pH a objemový průtok vzduchu. Měření prachových částic je prováděno na farmě A 2 dny v každém 8týdenním období a na farmě B není prováděno vůbec. Měření se provádí podle příslušných norem a je třeba ho provádět na jednom místě duplicitně. Dokument BREF metodiku měření těchto dvou ukazatelů neřeší.

5 Diskuse

Odpovědi na otázky z cíle práce:

Jaké jsou hlavní rozdíly u metodiky Vera a dle dokumentu BREF?

Při porovnávání metodik měření dle dokumentu BREF a dokumentu VERA bylo zjištěno, že se v několika bodech neshodují.

V protokolu VERA je problematika řešena detailněji než dle dokumentu BREF. Jsou zde potřeba dvě odběrná místa (místo A a místo B), na kterých se provádí šetření. Tudíž jsou hodnoty porovnávány mezi sebou a výsledky jsou pro zadavatele testu směrodatnější. Dalším rozdílem je, že v protokolu VERA nalezneme také metodiku pro měření zápachu a prachu z chovu hospodářských zvířat. Dokument BREF popisuje pouze danou problematiku výskytu těchto dvou emisí. Z dokumentu BREF je patrné, že se zabývá výskytem emisí amoniaku ve skladovaném hnoji, kdežto protokol VERA řeší problematiku výskytu amoniaku ve vzduchu.

V kterých bodech se metodiky shodují?

Protokol VERA a dokument BREF mají shodná místa odběru vzorků. Jedná se o měření emisí na vstupu a na výstupu prostoru, ve kterém jsou zvířata ustájena. V protokolu VERA jsou ale někdy vzorky odebírány duplicitně, pro lepší přesnost testu.

Oba dokumenty se shodly také v tom, že nejdůležitějšími faktory ovlivňující míru koncentrace emisí jsou ventilace, aktivita zvířat, typ a množství podestýlky, typ a konzistence krmiva a vlhkost ve stáji.

V obou případech mohou být vzorky při měření amoniaku odebírány po dobu 24 hodin, ale v dokumentu BREF je minimální délka odběru pouze 10 minut, což nebývá moc často využíváno, kvůli nízké přesnosti výsledků měření.

Závěr

V mé bakalářské práci na téma „Porovnání metodik měření emisí z chovů prasat podle dokumentu BREF a protokolu VERA“ jsem popsal problematiku vlivu emisí na životní prostředí a obecné aspekty související se zdravím zvířat. Dále jsem dle vybraných podkladů blíže popsal terminologii chovu prasat a emise se vyskytující v něm. V další kapitole jsem se zabýval tématem požadavků na mikroklima – což je ventilace a vytápění.

Následně jsem definoval protokol VERA a systém měření emisí dle podmínek protokolu a strategii jejich odběru. V závěru kapitoly o protokolu VERA jsem se zabýval teorií vyhodnocení zkoušky. Ve kapitole vlastní práce jsem přiblížil danou problematiku dle dokumentu BREF zabýval se vybranými technickými řešeními pro omezování emisí z chovů zvířat.

Na závěr jsem popsal rozdíly v měření emisí dle protokolu VERA a dokumentu BREF z čehož vyplynulo, že dokument BREF řeší danou problematiku pouze okrajově. Primárně je problém vlivu emisí z chovu prasat na životní prostředí probírán firmou VERA, která stanovuje postupy pro státy, které se tímto protokolem řídí.

Z mého pohledu je téma emisí amoniaku, prachu a zápachu produkovaných do vzduchu a půdy v dnešní době velmi závažným problémem, tudíž je tento referenční dokument a probíraný protokol nejdůležitějším aspektem k regulaci a omezení znečišťování klimatu.

Zemědělská výroba, která je řazena k největším producentům emisí skleníkových a zátěžových plynů není jediná, která ohrožuje život na naší planetě. Dobývání surovin, průmyslová výroba či výroba energie spalováním nekvalitních fosilních paliv, především uhlí a ropy ohrožuje naši planetu daleko více.

Seznam použité literatury

Dolejš, J. et al. (2005). *Faktory ovlivňující stanovení emise amoniaku*. In: Rožnovský J., Litschmann T. (ed.): Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. Česká bioklimatologická společnost, Brno. ISBN 80-86-690-31-08. Dostupné také z: <http://www.cbks.cz/sbornik05b/DolejsToufarAdamec4.pdf>

Havlíček, Z. (2007). *Nové trendy v ochraně životního prostředí v podmínkách chovu hospodářských zvířat*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, BRNO. ISBN 978-80-7375-120-3.

Stupka, R. et al. (2009). *Základy chovu prasat*. Powerprint, Praha. ISBN 978-80-904011-2-9.

Budňáková, M. a Dědina, M. (2012). *Zemědělská politika a současná a připravovaná opatření související s ochranou ovzduší*. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/038.pdf?fbclid=IwAR362MN1e2T2LVBNOo8xghz81NTFSN7xtp9RXx9pmR73YmYHCESclKgLS-M>

Internetové zdroje

Arnika.org (2010). *Amoniak (čpavek)*. [online] [cit. 26. 02. 2022]. Dostupné z: <https://arnika.org/amoniak-cpavek>

Bartoš, P. et al. (2017). Emise amoniaku a zápachu z intenzivních chovů drůbeže a prasat ve vztahu k Závěrům o BAT. [online], eagri.cz [cit. 15. 03. 2022]. Dostupné z: [Emise amoniaku a zápachu z intenzivních chovů drůbeže a prasat k Závěrům o BAT \(eagri.cz\)](#)

Botermans, J., (2010). Measures to reduce ammonia emissions in pig production - Review. [online], pub.epsilon.slu.se [cit. 14. 03. 2022] Dostupné z: http://pub.epsilon.slu.se/4687/1/LTJ-rapport_2010-12.pdf

Eagri.cz (2017). *Zpráva o stavu zařízení k 30. 6. 2017*. [online] [cit. 13. 03. 2022]. Dostupné z: [IPPC Zprava o stavu zarizeni k 30. 6. 2017.pdf \(eagri.cz\)](#)

Huijsmans, J. F. M. et al. (2016). Ammonia emissions from cattle slurries applied to grassland: should application techniques be reconsidered? [online], onlinelibrary.wiley.com [cit. 15. 03. 2022] Dostupné z: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sum.12201?deniedAccess%20CustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>

Havelka, Z. et al. (2020). Nejlepší dostupné techniky v intenzivních chovech drůbeže a prasat. [online], eagri.cz [cit. 05. 03. 2022]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/665950/Nejlepsi_dostupne_techiky_v_intenzivnich_chovech_drubeze_a_prasat_preklad.pdf

Chloupek, J. a Suchý, P. (2008). Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata. [online] cit.vfu.cz [cit. 13. 03. 2022]. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/mikroklima/www/6%20Chemicke%20faktory.htm?fbclid=IwAR0mCbI5u31-RecIQ_Vqp-INF1iCMpYwQPsp9RshqG_zS2dVgBNCOY_9ik4

Jelínek, A. et al. (2013). Metodika měření emisí amoniaku (NH₃) a oxidu uhličitého (CO₂) v chovech prasat ve vztahu k integrované prevenci a omezení znečištění (dále jen IPPC) [online] Eagri.cz. [cit. 01. 03. 2022]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/325102/amoniak_oxidu_uhlicity_IPPC_prasata_2013.pdf?fbclid=IwAR2pLa2ljPaaupxETIWWC8NF6cvOVhNftHUg032qCGOBh3Jr4sgV53qTlSo

Jelínek, A. (2007a). Omezení emisí amoniaku a metanu procesem rychlokompostování [online] Biom.cz. [cit. 26. 02. 2022]. Dostupné z: https://biom.cz/cz/odborne-clanky/omezeni-emisi-amonaku-a-metanu-procesem-rychlokompostovani?fbclid=IwAR2pHsbk9_alZh1-mseInidf8v_--68UsZr7h2aSOCwqsPDIv6xIjiRmxd8

Jelínek A. (2007b) „Zpráva pro jednání technické pracovní skupiny (TPS) v Seville o nových snižujících technologiích ověřených v ČR pro intenzivní chovy hospodářských zvířat“ [online] Eagri.cz. [cit. 21. 03. 2022]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/file/32404/StudieBATproSevilla.pdf>

Mzp.cz, (2012). *Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší*. [online] [cit. 12. 03. 2022]. Dostupné z: [Ministerstvo životního prostředí \(mzp.cz\)](https://mzp.cz)

Vera-verification.eu, (2018). *VERA TEST PROTOCOL for Air Cleaning Technologies*. [online] [cit. 01. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Testprotocol_AirCleaner_V2_2018.pdf

Zootechnika.cz (2012). *Legislativní požadavky na ustájení a technologie v chovu prasat*. [online] [cit. 21. 02. 2022]. Dostupné z: <https://www.zootechnika.cz/clanky/chov-prasat/chov-prasat-obecne/legislativni-pozadavky-na-ustajeni-a-technologie-v-chovu-prasat.html?fbclid=IwAR3-pS5gWCXvstnTRZ2fq-lAyg8YvrWCow020D5Jg5YPghLQ3DHreceBJ7c>

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Obecné hodnoty mikroklimatu v chovech prasat (Jelínek, 2013).....	15
Tabulka 1.2: Parametry měření pro reprezentaci testovacích podmínek (Vera- verification.eu, 2018)	17
Tabulka 1.3: Strategie odběru vzorků během testu systému čištění vzduchu (Vera- verification.eu, 2018)	24
Tabulka 1.4: Požadavky na zajištění kvality pro měření NH ₃ (Vera-verification.eu, 2018)	27
Tabulka 1.5: Podmínky měření (Vera-verification.eu, 2018).....	33
Tabulka 4.1: Přehled procesů a faktorů podílejících se na uvolňování amoniaku z ustájení zvířat (Havelka et al., 2020)	40