

VYBRANÉ VÝSLEDKY A PUBLIKACE

ČEŠPIVA, M., ZABLOUDILOVÁ, P., FABIÁNOVÁ, M., ŠIMON, J., PECEN, J., JELÍNEK, A. *Ověřená technologie nízkoeenergetické výměny vzduchu ve stájích typové řady K96 v období se zvýšeným rizikem tepelného stresu. Uživatelské technologie: Zemědělsko obchodní družstvo Starosedlský Hrádek, Starosedlský Hrádek 6, 262 72 Březnice, Ověřená technologie, 2015*

ČEŠPIVA, M., ZABLOUDILOVÁ, P. Odklíz kejdy a produkce amoniaku. *Zemědělec*, 2015, roč. 23, č. 20, s. 22-23. ISSN 1211-3816

ČEŠPIVA, M., ZABLOUDILOVÁ, P. Reduction of ammonia emissions from livestock housing by biotechnological agents. In: *Malinowska, Larisa and Vitalijs Osadcuks. 14th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT*. May 20-22, 2015 Jelgava. Jelgava: Latvia University of Agriculture 2015. Proceedings, vol. 14, p. 606-611. ISSN 1691-5976.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY, v. v. i. *Komara pro odběr plynů*. Původci: ČEŠPIVA, M., ZABLOUDILOVÁ, P., KOVAŘÍČEK, P. LOC 10-05. Česká republika. Průmyslový vzor CZ 36271. Zapsán 17.12.2014. Dostupné z: <http:isdv.upv.cz/portalsportalportlets.vzs.frm>

ČEŠPIVA, M., JELÍNEK, A., ZABLOUDILOVÁ, P., PECEN, J. *Měření koncentrací amoniaku v chovech skotu*. Uplatněná certifikovaná metodika. Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 2013. ISBN 978-80-86884-76-9.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE INSTITUT TROPŮ A SUBTROPŮ, PRAHA 6. *Čidlo pro měření koncentrace plynů s externí sondou*. Původci: ČEŠPIVA, Miroslav, Josef PECEN. LOC(8)CI. 10-05. Průmyslový vzor CZ 35329. Uděleno 06.06.2012. Dostupné z: <http:isdv.upv.cz/portalsportalportlets.vza.detail>

ČEŠPIVA, M., ZABLOUDILOVÁ, P., JELÍNEK, A. *Bilance CO₂ a průtok vzduchu ve stájích. Náš chov*, 2011, roč. 71, č. 11, s. 31-32. ISSN 0027-8068

ČEŠPIVA, M., BURG, P. *Monitoring of burden gases emission levels after farmyard manure application in grapevine and vegetable growing*. *Research in Agricultural Engineering*, 2007, vol. 53, no. 4, p. 134-142

(Ostatní výsledky a publikace jsou v příloze k žádosti o obhajobu disertační práce.)

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA TROPICKÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ

Katedra udržitelných technologií



OPTIMALIZACE PARAMETRŮ MIKROKLIMATU STÁJÍ PRO CHOV DOJNIC PŘI SOUČASNÉ REDUKCI ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI VYBRANÝCH TECHNOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ

Ing. Miroslav Češpiva

Praha 2016

použít fotovoltaické panely. Návrh byl publikován jako ověřená technologie.

Navrhl jsem systém pro kontinuální monitorování teploty a relativní vlhkosti vzduchu ve stájích s průběžným výpočtem teplotně vlhkostního indexu. Zooteknikům by měl umožnit včas podniknout preventivní opatření na zlepšení stájového mikroklimatu a provést další kroky pro eliminaci tepelné zátěže dojníc.

Měření jsem prováděl v reálných podmínkách v zemědělských provozech. Zásadním problémem provozních měření je omezená možnost zajištění podmínek pro opakovatelnost měření. Velký vliv má kromě současného ovlivňování výsledků měření různými fyzikálními vlivy i například rotace stáda, přechod na jiný typ krmiva a podobně.

Na konci roku 2015 se na klimatologické konferenci v Paříži zúčastněné státy dohodly na radikálním snížení emisí skleníkových plynů do ovzduší. S jistotou lze očekávat tlaky na omezování emisí metanu a dalších skleníkových plynů ze zemědělské výroby včetně chovu skotu. Požadavky na zavedení opatření pro snížení emisí skleníkových plynů budou znamenat ještě vyšší náklady na produkci a chovatelé budou nuceni hledat další cesty ke snížení nákladů na výrobu mléka.

Navržené úpravy ovládní osvětlení, systém pro kontinuální vyhodnocování THI a navržený systém ventilace pro stáj K105 by mohly s relativně nízkými náklady přispět ke snížení nákladů a ke zlepšení mikroklimatu ve sledovaných stájích.

Tato práce vznikla během doktorského studia na Fakultě tropického zemědělství České zemědělské univerzity v Praze.

Vypracoval: Ing. Miroslav Čěpiva

Vedoucí práce: Doc. Ing. Josef Pecen, CSc.

Oponenti: Prof. Ing. Ján Jech, PhD, Dr.hc.
Doc. Ing. Oldřich Doležal, Dr.Sc.
Ing. Jan Dolejš, CSc.

5 ZÁVĚR

Provedená měření potvrdila hypotézu, že stavební řešení a technologické vybavení stáji má zásadní vliv na parametry stájového mikroklimatu.

Stavební řešení stáji se projevilo na dynamice nárůstu a poklesu vnitřní teploty a teplotně vlhkostního indexu. Při dlouhodobějším působení vysokých teplot se v zastaralé stáji typu K105 nepříznivě projevila tepelná setrvačnost stavby na hodnotu THI.

Různý způsob odkluzu kejdy ve sledovaných stájích se spolu s teplotou a rozdílnými způsoby ventilace projevil na koncentracích sledovaných plynů ve stájovém prostředí i na jejich emisích do ovzduší. Koncentrace amoniaku byla v letním období nejvyšší ve stáji B s roštovými podlahami, kde se na zvýšené tvorbě amoniaku podílela kejda v podroštových prostorech. Naopak v této stáji byly koncentrace amoniaku v zimním období nejnižší.

Produkce metanu je v porovnání s koncentracemi amoniaku vyrovnanější. Výrazně vyšší koncentrace metanu se projevila pouze v letním období ve stáji s vyhrnováním slámaté podestýlky čelním nakladačem.

Byl prokázán vliv stavebního řešení na prostupnost denního světla do stáje v různých ročních obdobích včetně pozitivního vlivu světělých odrazivých ploch v interiéru stáje.

Nejvyšší spotřebu elektrické energie ze sledovaných technologií jsem zjistil u přídavných ventilátorů ve stáji B. Roční spotřeba elektrické energie dosáhla 135,1 MWh. S ohledem na nebezpečí propadu denních nádojů vlivem tepelného stresu jsou však vynaložené prostředky na napájení ventilátorů výrazně nižší, než ztráty z produkce mléka v letním období.

Na základě vyhodnocení naměřených údajů jsem navrhl a zrealizoval úpravu ovládní osvětlení ve stáji A. Kromě snížení nákladů na elektrickou energii se tato úprava projevila ve zlepšení světelného režimu pro dojnice.

Navrhl jsem a odzkoušel systém pro přídavnou ventilaci ve stáji C s nízkopříkonovými ventilátory, pro jejichž napájení by bylo vhodné

ANNOTATION

This thesis is focused on the measurement and evaluation of microclimate parameters in barns for dairy farming and the determination of the energy consumptions of selected technologies in these barns. The aim of this work was to design and eventually to implement adjustments in order to improve the parameters of cowshed microclimate and reducing the energy consumption of selected technologies in depends on results of the measurements. Three structurally different cowsheds with different slurry clearing technologies were selected for monitoring. I focused on the measurement of temperature and relative humidity in relation to temperature-humidity index and its impact on heat stress on dairy cows. I measured airflow in the cowsheds and I determinate concentrations and emissions of ammonia and methane in the cowsheds in different seasons. I monitored light intensity in the cowsheds and I determined the dependence of building solutions on the use of outdoor light to illuminate the interior of the barns. The energy consumption of the lighting system depending on the season and the consumption of additional fans on the air temperature were studied.

On the bases of results of the experimental part I designed and implemented lighting system, controlled by light intensity in a cowshed and energy-saving ventilation in the cowshed - type K105. I suggested a system of continuously monitoring of climatic parameters in the cowshed with immediate calculation of temperature-humidity index.

Measurements have shown the dependence of gases concentrations on the way of slurry clearing technologies. The building solutions of cowsheds and type of ventilation proved a significant influence on the temperature-humidity index during the summer.

Keywords: barn microclimate, temperature-humidity index, heat stress, ammonia, methane, light intensity, energy consumption

1 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Záměrem práce je navrhnout na základě uskutečněných měření optimalizace vybraných technologií chovu tak, aby došlo ke zlepšení stájového prostředí a ke snížení energetické náročnosti chovu bez negativního dopadu na užitkovost a to při současném zohlednění vlivu na životní prostředí.

Základem celé práce a dalším cílem je měřit vybrané parametry stájového prostředí a energetické náročnosti vytípaných technologií, které se používají v chovu dojníc, resp. skotu.

Na základě dostupných literárních údajů jsem vytipoval parametry stájového prostředí a technologie, u kterých lze předpokládat, že se v rozhodující míře podílí na welfare zvířat a jejich užitkovosti. Jedná se zejména o teplotu, relativní vlhkost a průtok vzduchu ve stáji, o úroveň osvětlení, způsobu odklizu kejdy a koncentrace zátěžových plynů. Spotřebu energetické energie budu hodnotit u systémů osvětlení ve stájích, při odklizu kejdy a příkonů axiálních ventilátorů, nainstalovaných ve stájích A a B.

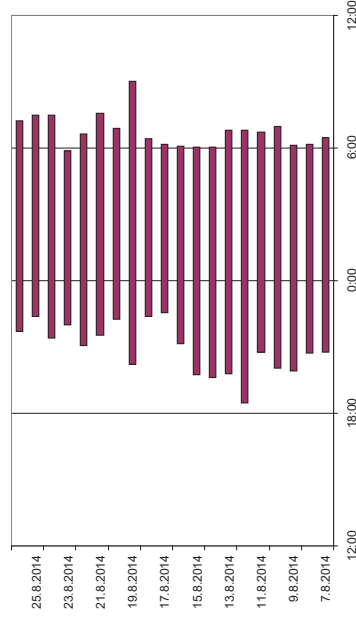
V rámci řešení práce bych měl potvrdit nebo vyvrátit následující hypotézy:

- Stavební řešení stáji a použitý způsob ventilace má vliv na průběhy teplot a relativních vlhkostí vzduchu ve stájích, což ovlivní hodnoty teplotně – vlhkostního indexu (THI).
- Konstrukce stáji má vliv na využití denního světla pro osvětlení interiéru stáji.
- Technologie odklizu kejdy a teplota vzduchu ve stáji má vliv na koncentrace a emise zátěžových plynů.
- Vhodné úpravy vybraných technických a technologických systémů povedou ke zlepšení stájového prostředí a ke snížení energetické náročnosti. Vyhodnocení vlivu úprav na sledované parametry bude možné ověřit měření vybraných fyzikálních veličin a parametrů.

celou noc rozsvíceno plně osvětlení, což je z hlediska fyziologických procesů zvířat škodlivé. Navrhl jsem připojení zářivek do 3 skupin, aby byla stáj osvětlena rovnoměrněji i při orientačním osvětlení.

Vytvoření skupin umožní eventuální automatické třístupňové ovládání intenzity osvětlení, které by mohlo být ovládáno na základě měření vnitřní a venkovní intenzity osvětlení.

Na základě výsledků z měření byl systém osvětlení doplněn o spínací jednotku, která zapíná a vypíná osvětlení podle intenzity vnitřního osvětlení. Přepínání mezi plným osvětlením a orientačním osvětlením řídí časový spínač, který je nastaven podle doby nočního dojení. Úpravy se uskutečnily v průběhu roku 2014. Na obrázku 8 je záznam doby zapnutí osvětlení po instalaci systému pro automatické řízení osvětlení podle snímače intenzity osvětlení ve stáji. Proti původnímu stavu je patrné výrazné zkrácení času, kdy je osvětlení zapínáno a vypínáno automaticky podle čidla intenzity osvětlení ve stáji.



Obr. 8: Grafické vyjádření doby zapnutí osvětlení ve stáji A po úpravě

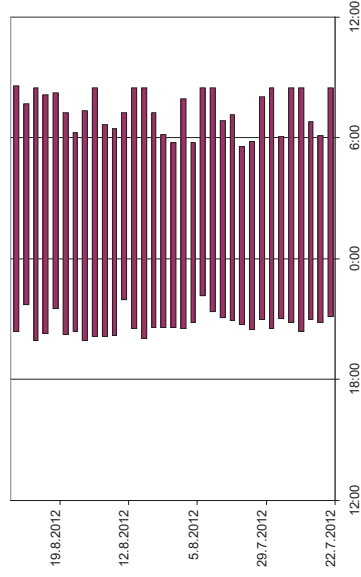
Proti původnímu stavu se v letním období zkrátila průměrná doba zapnutí osvětlení ve stáji o 2,8 hodiny a o 1,6 hodiny v zimním období. To představuje průměrnou denní úsporu 10,2 kWh. Tento jednoduchý a levný systém řízení osvětlení je možné bez problému instalovat v libovolné stáji osazené lineárními zářivkami.

účinku tepelného stresu. Program umožňuje uživateli zobrazovat historii vývoje měřených veličin pro analýzu jejich trendu.

Komunikace snímačů s počítačem po síťovém rozhraní Ethernet umožňuje využít všechny výhody tohoto rozhraní a umožňuje připojit k počítači i vzdálenější stáje na farmě například pomocí technologie Wi-Fi. Nabízí se také možnost distribuce naměřených parametrů pomocí datového přenosu na mobilní telefony s touto aplikací.

4.3 Zlepšení parametrů osvětlení ve stáji A

Na obrázku 7 je grafické vyjádření doby zapnutí osvětlení ve stáji A z období srpna 2012. Červená úsečky v grafu znázorňují dobu zapnutí světlidel. Osvětlení bylo zapínáno i vypínáno obsluhou manuálně. Je patrné, že osvětlení bylo ponecháváno v činnosti po celou noc a bylo většinou vypínáno až kolem 9:00, kdy již intenzita venkovního osvětlení byla poměrně vysoká (v tomto období se rozednívá cca v 5:30). Tento čas vypnutí se shodoval s odchodem ranní směny ze stáje.



Obr. 7: Grafické vyjádření doby zapnutí osvětlení ve stáji A před úpravou

Navíc zářivky byly ve stáji nevhodně zapojeny do skupin pro plně a orientační svícení. V některých místech ve stáji noční orientační osvětlení nezajišťovalo ani minimální požadovanou intenzitu osvětlení, nutnou pro bezpečnou činnost ošetřovatelů. Proto bylo po

1 MATERIÁL A METODIKA

Pro provozní měření jsem vybral 3 rekonstruované typy stájí, které jsou pro chov dojníc v České republice velice často využívány. Stáje jsou v podobných klimatických podmínkách a vzdálenost mezi nimi činí cca 30 km. Stáje mají rozdílné technologie odklizu kejdy a mají různé stavební řešení, aby bylo možné zjišťovat závislost sledovaných parametrů na vlastnostech stájí. Základní parametry stájí jsou přehledně shrnuty v tabulce 1.

Tab.1: Základní parametry stájí

	Jednotka	stáj A	stáj B	stáj C
typ	-	K174	VKK	K105
rozměry (d x š x v)	m	100 x 25 x 5	90 x 30 x 5	84 x 10 x 4
orientace podélné osy stavby	-	IZ - SV	S - J	SZ - JV
počet dojníc	ks	230	360	125
průměrná hmotnost dojníc	kg	700	650	670
roční užitkovost	kg / ks	7600	9800	6200
podestýlka	-	separovaný digestát	separovaný digestát	obilná sláma
odkliz kejdy / chlívské mrvy	-	lanová lopata	roštová podlaha	vyhrnování čelním nakladačem

2.1 Měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu ve stájích

Ve všech sledovaných stájích nainstalovali záznamníky teploty a relativní vlhkosti vzduchu S3120, které umístím nad boxovými loži co nejbližší středu stáje. Umístění záznamníků jsem navrhl tak, aby byly co nejnižší nad dojnícemi, ale zároveň mimo dosah zvířat, aby nemohlo dojít k jejich poškození. Stejně záznamníky nainstalovali i ve

venkovním prostředí ve výšce 2 m nad zemí pro záznam klimatických parametrů vně stáje. Při instalaci všech záznamníků budu dbát na to, aby v okolí záznamníků nebyly žádné překážky bránící volnému pohybu vzduchu, nedopadalo na ně přímé sluneční záření a údaje nebyly ovlivněny sálajícími předměty v okolí snímače. Naměřené hodnoty budou sloužit pro stanovení vlivu teploty a relativní vlhkosti vzduchu na užitkovost zvířat a na produkci zátěžových plynů uvnitř stáje. Pro jednotlivé stáje stanovím závislosti vnitřní teploty na parametrech venkovního prostředí. Budu zjišťovat vztahy mezi spotřebou elektrické energie přídavných ventilátorů a sledovanými teplotami uvnitř i vně stáje.

Z naměřených teplot a relativních vlhkostí vzduchu ve stájích vypočtu v letním období (denní teploty převyšující 25 °C) teplotně vlhkostní indexy (THI).

Pro všechny 3 sledované stáje stanovím průměrné hodnoty THI pro tato období a dále průměrné hodnoty pro pět po sobě následujících nejteplejších dnů v roce. Budu zjišťovat vliv ustájení a konstrukce stáje na teplotně vlhkostní index uvnitř stáje.

2.2 Měření intenzity osvětlení

Pro měření intenzity osvětlení ve stájích použiji luxmetry se záznamem dat UT382 firmy UNI-T. Snímače luxmetrů budou naměřeny do zorného pole dojníc, které leží v boxech a tráví zde zpravidla více než 12 hodin denně. Stejně luxmetry nainstalují i vně stáje a to tak, aby na snímač nedopadalo přímé sluneční záření.

Cílem měření bude stanovit intenzitu osvětlení danou světlem, které přichází ze stáje do zorného pole ležící dojnice a stimuluje její hormonální činnost. To je rozdíl proti běžně prováděným měřením intenzity osvětlení dopadajícího světla na vodorovnou plochu.

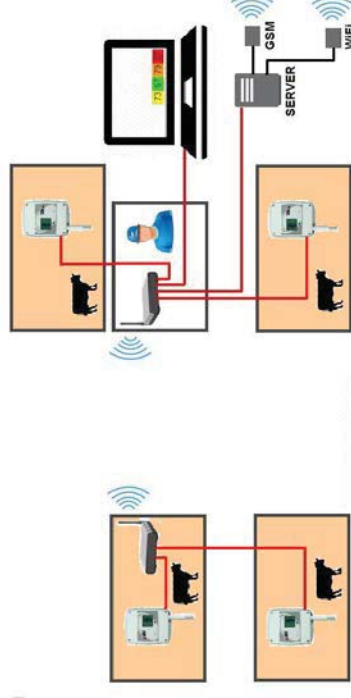
Na základě porovnání hodnot intenzity osvětlení vně a uvnitř stáje v době od rozednění do soumraku stanovím pro každou stáj světelný útlum jako poměr intenzity osvětlení venku a uvnitř stáje. Tato hodnota bude sloužit pro porovnání světelných vlastností jednotlivých stáje. Naměřené intenzity osvětlení porovnáím

Celý systém přídavné ventilace byl zpracován formou ověřené technologie v rámci projektu NAZV QJ1210375.

4.2 Systém pro monitorování teplotně vlhkostního indexu ve stáji

Ošetřovatelé většinou přijímají opatření pro zmírnění tepelného stresu až při viditelných příznacích na zvířatech (zvýšená frekvence dýchání, polehávání v hnojných chodbách kvůli ochlazování povrchu těla, slinění, zvýšení nedožerků a další).

Navrhl jsem proto systém pro monitoring teploty a relativní vlhkosti vzduchu ve stáji s okamžitým výpočtem teplotně vlhkostního indexu (THI) a jeho zobrazením na počítači například v kanceláři zootechnika. Blokové schéma monitorovacího systému je na obrázku 6.



Obr. 6: Blokové schéma monitorovacího systému THI

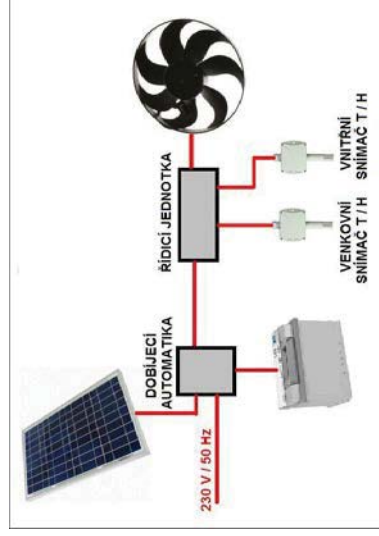
Základem systému je snímač teploty a relativní vlhkosti T3610 s výstupem Ethernet. Snímače až ze 4 stáji jsou propojeny síťovým rozhraním Ethernet s počítačem zootechnika. Na tomto počítači běží na pozadí aplikace, která na základě údajů o teplotě a relativní vlhkosti ve stáji, vypočítává aktuální hodnotu teplotně vlhkostního indexu (THI). Číselná hodnota THI se zobrazuje v podobě ikony na panelu nástrojů v barevném políčku. Barva políčka se mění podle hodnoty THI od zelené přes žlutou, oranžovou až po červenou. Zootechnik tak má možnost sledovat vývoj THI a včas realizovat opatření, která povedou ke snížení THI nebo ke snížení negativního

proudu vzduchu. Pohled na nainstalovaný ventilátor v průběhu testu je na obrázku 4.



Obr. 4: Přídavný axiální ventilátor

Kouřovou zkouškou potvrdil, že dostatečné výměny vzduchu bude dosaženo osmi ventilátory umístěnými ve 2 řadách symetricky k podélné ose stáje. Chod ventilátorů je řízen snímači teploty a relativní vlhkosti vzduchu, které jsou umístěny uvnitř i vně stáje. 12 V motor umožňuje snadné napájení ventilátoru fotovoltaickým panelem o výkonu 150 W. V případě nedostatečného výkonu panelu je ventilátor napájen ze síťového napětí 230 V. Blokové schéma řízení ventilátorů je na obrázku 5.



Obr. 5: Blokové schéma řízení ventilátorů

s minimálními doporučenými hodnotami intenzity osvětlení a s doporučenou délkou světelného dne pro dojnice v různých ročních obdobích. Budu porovnávat intenzitu osvětlení s elektrickou spotřebou různých světelných zdrojů, použitých ve sledovaných stájích.

2.3 Měření koncentrací zátěžových plynů

V různých ročních obdobích budu měřit koncentrace NH_3 , CO_2 , CH_4 a vodní páry. Pro kontinuální měření koncentrací plynů použiji plynový analyzátor INNOVA 1312, který pracuje na fotoakustickém principu. Analyzátor je schopen měřit současně koncentrace až 5 různých plynů a vodní páry. Koncentrace vodní páry je nutné měřit vždy z důvodů automatické kompenzace výsledků měření. Komplexní analýza jednoho vzorku vzdušiny trvá přibližně 80 sekund. Použitím unikátní metody fotoakustické spektroskopie analyzátor vyniká proti ostatním přístrojům vysokou citlivostí, velkým dynamickým rozsahem a stabilitou parametrů. Je schopný měřit koncentrace téměř všech plynů, které absorbují infračervené záření.

Analyzátor bude doplněn přepínačem odběrových míst INNOVA 1309, který umožní současně měření až z 12 odběrových míst jedním analyzátozem. Odběrové sondy budou s přepínačem propojeny teflonovými hadičkami. Sondy budou umístěny v prostorech boxů v zóně zvířat, a pokud to bude technicky možné, budou rovnoměrně rozmístěny po co největší ploše stáje.

Měření budou probíhat po dobu minimálně 24 hodin, aby měření obsáhlo vliv technologie i fyziologických projevů zvířat na koncentrace sledovaných plynů (pobyt v boxech, krmení, odchod a návrat do dojírny, vyhrnování kejdy).

Budu hledat závislosti naměřených koncentrací zátěžových plynů na způsobu odkluzu kejdy, teplotě vzduchu uvnitř stáje a na dalších sledovaných parametrech.

2.4 Stanovení průtoku vzduchu a emisí zátěžových plynů

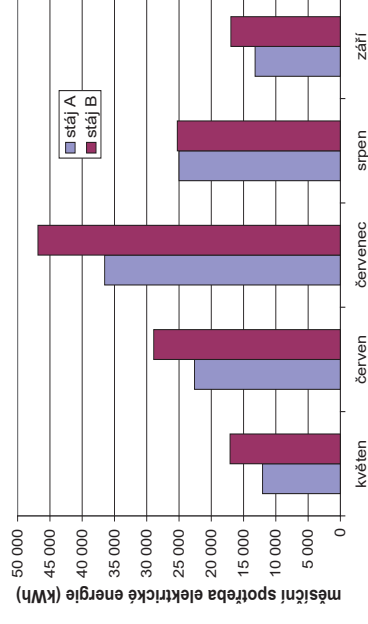
Pro stanovení produkce amoniaku a metanu z jednotlivých stájí pro letní a zimní období vypočtu měrnou výrobní emisii plynu. Tato hodnota udává, kolik gramů plynu v průměru vyprodukuje 1 dojnice za 1 den.

Pro každou stáj uskutečnim tři 24 hodinová měření v letním období a tři 24 hodinová měření v zimním období. V souladu s metodikou ČIŽP pro stanovení emisí plynu vypočtu z naměřených hodnot koncentrací půlhodinové průměry koncentrací. Pro 24 hodinové měření tak získám 48 hodnot půlhodinových průměrů, které použiji pro další výpočty. Hmotnostní toky plynů M pro každou půlhodinu stanovím z půlhodinových průměrů naměřených koncentrací plynů a hodnot průtoků vzduchu ve stáji podle vztahu. Pro stanovení průtoku vzduchu v zvolím metodu bilance CO₂. Pro různé průměrné hmotnosti dojníc v jednotlivých stájích na základě údajů o produkci CO₂ stanovím interpolací množství CO₂, vyprodukovaná dojnici za jednotku času. Ze všech 48 hodnot hmotnostních toků za jedno 24 hodinové měření vypočtu měrnou výrobní emisii. Výslednou měrnou výrobní emisii stanovím jako průměrnou hodnotu ze všech 3 měření pro každý plyn a každé teplotní období.

2.5 Měření elektrických příkonů vybraných technologií

Budu sledovat energetickou náročnost různých variant osvětlení, odklizu exkrementů a v letním období přidavné nucené ventilace eventuálně ochlazování. Pro tyto účely nainstaluji u technologií s kolísajícím příkonem elektroměry s impulsním výstupem se záznamníky impulzů S7021 firmy COMET SYSTEM s.r.o.. U technologií, kde se spotřeba nemění, uskutečním jednorázová měření elektrického příkonu a nainstaluji záznamníky doby zapnutí jednotlivých spotřebičů. Budou použity rovněž záznamníky S7021, které budou přepnuty do binárního módu.

Pro měření příkonu motoru shrnovací lopaty použiji klešťový ampérmetr a střídavý voltmetr. Protože asynchronní motor je z hlediska 3 fázové sítě soustavou symetrickou zátěží, stačí měřit



Obr. 3: Měsíční spotřeba elektrické energie ventilátorů ve stájích A a B

4. NÁVRH OPTIMALIZACÍ DLE VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ

Na základě vyhodnocení naměřených údajů z provozních měření a sledování jsem navrhl několik úprav, jejichž cílem bylo snížení energetické náročnosti chovu dojníc nebo zlepšení stájového mikroklimatu.

4.1 Nízkopříkonový systém nucené ventilace ve stáji C

Teplotně vlhkostního index (THI) byl ve stáji C ze všech 3 sledovaných stájí nejvyšší. V nočním období, kdy je venkovní teplota vzduchu relativně nízká, nedochází ve stáji s velkou tepelnou setrvačností k dostatečnému ochlazení vnitřního prostoru stáje. Příčný rozměr stáje je pouze 3,2 x 10 m a za těchto podmínek je použití běžných ventilátorů v důsledku jejich velkého výkonu problematické. V této stáji jsem ověřil možnost využití ventilátorů o průměru 345 mm se stejnosměrnými motory na 12V s příkonem 100 W. Ventilátor je upevněn v plechovém tubusu o délce 200 mm a průměru 405 mm, který je upevněn v kovovém rámu, který umožňuje naklápění ventilátoru v obou osách pro optimalizaci nasměrování výstupního

Vypočtené průměrné hodnoty intenzity osvětlení jsou výrazně pod minimálními doporučenými hodnotami pro chov vysokoprodukčních dojnic. Nízké hodnoty jsem naměřil v tzv. denní fázi při použití umělého osvětlení ve stájích po západu Slunce. To potvrzuje domněnku, že současné systémy osvětlení stájí jsou nedostatečné a neumožňují plně využít produkční možnosti dojnic. Nejnižších hodnot dosahovaly intenzity osvětlení ve stáji C typu K105 v zimním i letním období.

3.6 Měření příkonu elektrické energie

Roční náklady na elektrickou energii pro sledované technologie ve všech stájích v roce 2013 jsou shrnuty v tabulce 5.

Tab.5: Roční náklady na elektrickou energii

	stáj A	stáj B	stáj C
náklady na osvětlení (tis. Kč)	79	147	14
náklady na ventilátory (tis. Kč)	370	460	0
náklady na odklíz kejdy (tis. Kč)	67	0	0
náklady na el. energii celkem (tis. Kč)	509	607	14

Z tabulky je zřejmé, že nejvyšší náklady na elektrickou energii byly prokázány u přídavných ventilátorů ve stáji B. Nejvyšší spotřebu jsem zaznamenal v červenci, kdy náklady na elektrickou energii dosáhly téměř 150 tis. Kč. Náklady na provoz ventilátorů odpovídají cca 8 % ceny měsíčního nádoje. Propad produkce mléka dosahuje vlivem tepelného stresu běžně 20 % denního nádoje a v některých případech může dosáhnout až 50 %. Lze proto prohlásit, že i zdánlivě vysoké náklady na provoz ventilátorů jsou rentabilní.

Grafické vyjádření spotřeby elektrické energie ventilátory ve stájích A a B v letních měsících je na obrázku 3.

pouze proud v jedné fázi přívodu k motoru klešťovým ampérmetrem a změřit efektivní hodnotu napětí vůči nulovému vodiči a výsledný příkon lze na základě těchto údajů vypočítat.

Na základě průběhů naměřených hodnot budu hledat možnosti snížení spotřeby elektrické energie technickými a technologickými úpravami sledovaných technologií a technologických operací.

2.6 Zpracování naměřených dat

Naměřená data zpracuji pomocí software MS Excel a Statistica 10 do tabulek a grafů. Využiji standardní statistické metody.

S ohledem na očekávaný charakter výsledků budu nejčastěji hodnotit a srovnávat střední hodnoty. Střední hodnoty souborů dat vyjádřím pomocí aritmetického průměru a intervalu spolehlivosti (IS) určeného na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, eventuelně pro menší počet měření než 20 na hladině významnosti $\alpha = 0,1$. Vzhledem k charakteru měření a získaných dat budu vyhodnocovat standardní nejistotu měření. Koncentrace a emise NH_3 a CH_4 pro jednotlivé stájové objekty porovnáám s využitím analýzy rozptylu (Statistica 10).

3 VÝSLEDKY

3.1 Měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu ve stájích

Dojnice se velice těžko přizpůsobují vysokým teplotám. Většinu měření jsem proto prováděl v přechodném jarním a v letním období kdy jsou dojnice vystaveny největší tepelné zátěži.

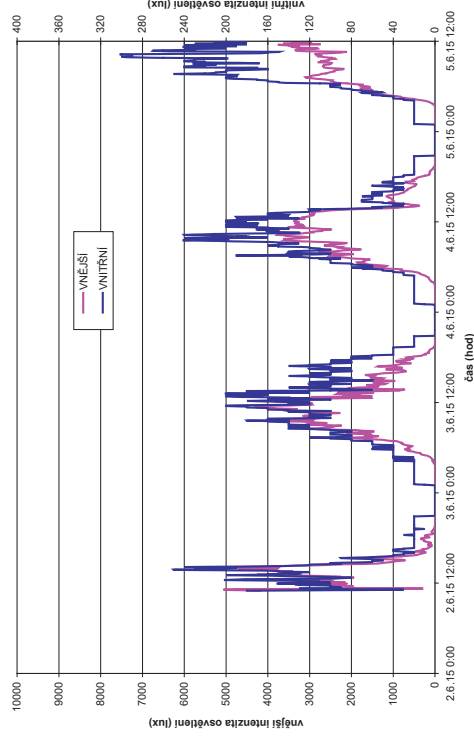
V tabulce 2 jsou uvedeny průměrné teploty ve stájích A, B a C za jednotlivé měsíce květen až září 2013. Intervaly spolehlivosti jsou vypočteny z průměrných denních teplot v daném měsíci.

Tab.2: Průměrné měsíční teploty ve stájích

	květen	červen	červenec	srpen	září
průměrná teplota ve stáji A (°C)	16,7 ± 6,8	18,3 ± 7,2	21,1 ± 4,4	18,8 ± 4,2	17,5 ± 3,6
průměrná teplota ve stáji B (°C)	16,2 ± 7,1	18,9 ± 7,4	20,2 ± 4,7	17,7 ± 4,5	17,0 ± 4,0
průměrná teplota ve stáji C (°C)	15,3 ± 5,3	17,3 ± 6,2	21,9 ± 3,8	19,7 ± 3,4	17,2 ± 3,2

Průměrné teploty odpovídají očekávaným trendům v průběhu sledovaného období. Všechny stáje jsou v podobných klimatických podmínkách. Difference mezi teplotami ve sledovaných stájích bude zřejmě záviset na jejich konstrukci a na technologiích, které ovlivňují výměnu vzduchu. Z hodnot v tabulce lze vyvodit, že stáj C typu K105 bez přidavných ventilátorů vykazuje nižší vnitřní teploty v počátku letního období. To je patrně dáno velkou tepelnou setrvačností budovy. Po naakumulování tepla konstrukcí stáje s rostoucí venkovní teplotou v průběhu krátké noci nestačí stáj odevzdat naakumulované teplo do venkovního prostředí a teplota uvnitř stáje stoupá. V srpnu vykazuje stáj C nejvyšší průměrnou teplotu ze všech sledovaných stájí. Naopak stáj B s minimalizační stavební prvky, které jsou schopny akumulovat teplo reaguje rychle na snížení průměrné venkovní teploty a v srpnu vykazuje nejvyšší průměrnou teplotu. Rychlé ochlazení je navíc podporováno i nainstalovanými 12 axiálními ventilátory. Na obrázku 6 je zobrazený průběh venkovní a vnitřní teploty a venkovní a vnitřní relativní vlhkosti vzduchu ve stáji B v období s extrémními teplotami, kdy teplota ve stáji opakovaně přesáhla 30 °C. Ve stáji B jsou podrošťové prostory s kejdou.

Hodnota teploty je málo vypořádající o jejím vlivu na chovaná zvířata. V zemědělské praxi se proto osvědčilo kvantifikovat současně vliv teploty a relativní vlhkosti na zvířata teplotně vlhkostním indexem (THI).



Obr. 2: Průběh intenzity osvětlení ve stáji A v červnu 2015

V tabulce 4 jsou shrnuty vypočtené hodnoty intenzit osvětlení ve sledovaných stájích.

Tab.4: Vypočtené hodnoty intenzit osvětlení

stáj	průměrná vnitřní intenzita osvětlení (lx)	průměrná vnitřní intenzita osvětlení – pouze svítidla (lx)	útlum osvětlení (-)
A (VI/2015)	95 ± 28	15 ± 2	21
A (XII/2014)	32 ± 9	14 ± 1	53
B (VI/2015)	84 ± 22	21 ± 2	27
B (XII/2014)	42 ± 11	20 ± 2	50
C (VI/2015)	26 ± 7	12 ± 1	102
C (XII/2014)	21 ± 6	12 ± 1	110

amoniaku a metanu pro všechny 3 sledované stáje v letním a zimním období. Vypočtené hodnoty jsou shrnuty v tabulce 3.

Tab.3: Vypočtené hodnoty měrných výrobních emisí

Jednotka	stáj A		stáj B		stáj C	
	letní období	zimní období	letní období	zimní období	letní období	zimní období
Průměrný průtok vzduchu	107790	62804	133105	93063	54019	23860
měrná výrobní emise NH ₃	2,28 ± 0,44	1,33 ± 0,27	1,89 ± 0,39	0,60 ± 0,11	1,73 ± 0,38	1,03 ± 0,22
měrná výrobní emise CH ₄	8,96 ± 2,33	9,34 ± 2,61	11,28 ± 3,05	9,04 ± 2,25	16,25 ± 5,09	10,17 ± 2,82

Největší měrnou výrobní emisí amoniaku jsem zjistil ve stáji A se shrnovací lopatou a to v letním i zimním období. Patrně to je způsobeno tím, že lopata neustále roztírá po celé ploše hnojné chodby tenkou vrstvou čerstvých exkrementů. Nejnižší měrnou výrobní emisí amoniaku jsem zjistil v zimním období ve stáji B s roštovými podlahami.

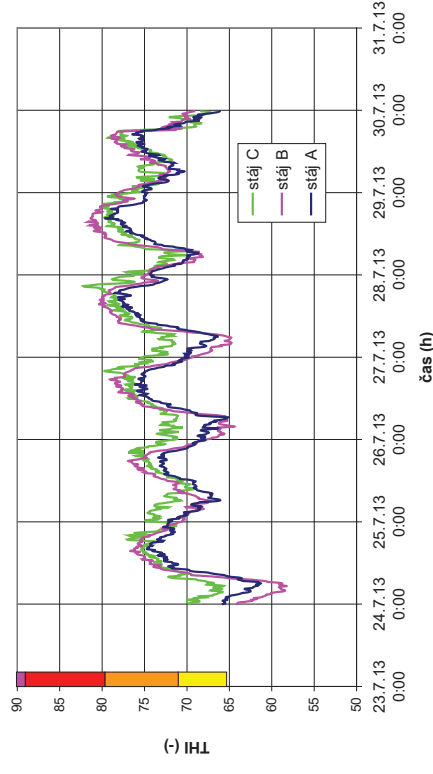
Nejvyšší měrnou výrobní emisí metanu jsem zjistil ve stáji C se slamnatou podestýlkou a vyhrnováním mrvy čelním nakladačem a to v letním i zimním období.

3.5 Měření intenzity osvětlení ve stájových objektech

V prosinci 2014 a v červnu 2015 jsem ve všech stájích uskutečnil měření intenzity osvětlení v boxových ložích. Snímače luxmetrů jsem orientoval tak, aby měřily světlo přicházející do zorného pole ležící dojnice. Současně jsem měřil i venkovní intenzity osvětlení. Na obrázku 2 je pro ilustraci průběh intenzity osvětlení ve stáji A v letním období včetně intenzity osvětlení vně stáje.

3.2 Stanovení teplotně vlhkostního indexu ve stájích

Z naměřených hodnot teploty a relativní vlhkosti v období květen až září 2013 jsem vypočítal teplotně vlhkostní index (THI) pro všechny sledované stáje. Z vypočtených hodnot je patrné, že zpočátku je THI ve stavebně mohutné stáji C nízké. S pokračujícím teplejším obdobím se THI vyrovnává s THI ve stájích A a B. Při dalším oteplování se negativně projevuje velká tepelná kapacita stáje C a dojnice v této stáji jsou vystaveny největšímu THI. Naopak lehká stavební konstrukce stáje B v období s nejvyššími hodnotami THI se v nočních hodinách za přispění výkonných ventilátorů rychle ochladí a průměrná hodnota THI je v tomto období nejnižší. Tento proces je dobře patrný z grafu na obrázku 1, kde je znázorněn průběh THI ve stájích A, B a C v době s nejvyššími hodnotami THI za celé sledované období (květen až září). V levé části jsou barevně vyznačena pásma teplotního stresu od slabého stresu až po extrémně silný stres.



Obr. 1: Průběh THI v týdnu s nejvyššími teplotami

Z průběhů THI je dobře patrné, že v době s nejvyššími hodnotami THI byly nejvyšší hodnoty THI ve stáji B s lehkou konstrukcí. THI zde jednou dokonce překročilo krátkodobě hodnotu 80 (velmi silný stres). Ve večerních a nočních hodinách však hodnota THI výrazně klesla až na úroveň slabého stresu, takže dojnice měly dost času na regeneraci. Až na nižší pokles tomu bylo podobně i ve stáji A, která je stavebně mohutnější, ale stejně jako stáj B je velice dobře provětrávána včetně nucené výměny vzduchu přidavnými ventilátory. THI ve stáji C typu K105 s mohutnou stavební konstrukcí a bez přidavných ventilátorů v nočních hodinách kleslo minimálně a dojnice se v této stáji pohybovaly v oblasti silného stresu bez možnosti regenerace.

3.3 Měření koncentrací a emisí zátěžových plynů

Ve všech třech typech sledovaných stájí s různými způsoby odkluzu kejdy jsem v letním a zimním období měřil koncentrace všech sledovaných zátěžových plynů. Koncentrace jsem měřil v životní zóně zvířat podle navržené metodiky, vždy po dobu minimálně 24 hodin. V každé stáji jsem v letním a zimním období uskutečnil 3 měření. Z naměřených hodnot jsem stanovil průměrné a maximální hodnoty koncentrací pro každou stáj. Tyto hodnoty jsem dále využil pro stanovení měrných výrobních emisí.

Koncentrace amoniaku ve stájích A a B v letním období:

Uvolňování amoniaku je závislé i na teplotě, proto v letním období je jeho tvorba výrazně vyšší než v zimním období. Přídavné ventilátory v obou stájích udržely koncentraci amoniaku i v letním období na relativně nízké úrovni.

Koncentrace amoniaku ve stájích A a B v zimním období:

Ve stáji B s rošty má nižší teplota kejdy v podrošťových prostorech v zimním období vliv na snížení tvorby amoniaku. Naproti tomu neustále roztíraná vrstva čerstvých a relativně teplých exkrementů shrnovacími lopatami ve stáji A produkuje i v zimním období poměrně velké množství amoniaku.

Koncentrace amoniaku ve stáji C

Relativně úzká, nízká a dlouhá stáj C se slamnatou podestýlkou využívala i v letním období pouze přirozenou ventilaci otevřenými

vraty a vyjmутými výplněmi okenních otvorů. Ale i přesto, že uvolňování amoniaku do ovzduší ve stáji podporuje mimo jiné i vyšší teplota vzduchu, jeho koncentrace oproti zimnímu období v této stáji nijak výrazně nevzrostla. Je to dáno lepší výměnou vzduchu v letním období otevřením stavebních otvorů v podélných stěnách stáje.

V žádné ze sledovaných stájí bez ohledu na jejich stavební uspořádání a technologii odkluzu kejdy, respektive mrvy, nepřesáhla průměrná koncentrace amoniaku ani polovinu maximálního doporučeného limitu 14 mg.m^{-3} .

Koncentrace metanu

V letním období byla zjištěna nejvyšší koncentrace metanu ve stáji C. Důvodem bylo společně s málo účinnou výměnou vzduchu nedokonalé vyhrnování se značnými zbytky mrvy v hnojné chodbě i v zadním okraji boxového lože. Nejnížší koncentrace metanu jsem vyhodnotil ve stáji B se shrnovací lopatou. Oproti stáji A byla koncentrace metanu ve stáji B s rošťovými podlahami vyšší. Na produkci metanu se ve stáji B podílela kejda v podrošťových prostorech.

V zimním období byly ve všech sledovaných stájích koncentrace metanu výrazně vyšší v porovnání s letním obdobím a to i při nižší produkci metanu vlivem nižší teploty ve stáji. Příčinou byla výrazně nižší rychlost výměny vzduchu. Stejně jako v letním období jsem naměřil nejvyšší koncentrace metanu ve stáji C se slamnatou podestýlkou a vyhrnováním mrvy čelním nakladačem.

Stanovení emisí zátěžových plynů

Z každého ze 24 hodinových měření koncentrací CO_2 jsem v souladu s metodikou ČÍŽP pro stanovení emisí zátěžových plynů vypočetl půlhodinové aritmetické průměry. Vypočetl jsem střední hodnotu z příslušných 3 půlhodinových průměrů. Získal jsem tak 48 středních hodnot pro letní období a 48 hodnot pro zimní období, které jsem dále použil pro výpočty průtoku vzduchu metodou bilance CO_2 .

Stejným postupem jsem vypočetl i sady 48 hodnot pro amoniak a metan pro letní a zimní období. Vypočetl jsem měrné výrobní emise