

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technika prostředí v objektech pro výkrm kuřat

Technology of indoor environment in buildings for chickens' fattening

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.**

Autor bakalářské práce: **Pavel Šebelle**

PRAHA 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Šebelle

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Technika prostředí v objektech pro výkrm kuřat

Název anglicky

Technology of indoor environment in buildings for chickens fattening

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zhodnotit vnitřní prostředí v objektech pro výkrm kuřat a zvážit možnosti zlepšení vnitřního prostředí z hlediska pohody prostředí pro zvířata i pracovníky. Zaměřit se především na technické metody a zařízení, umožňující dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí. Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření ověřit především tepelný stav prostředí, čistotu vzduchu a další parametry vnitřního prostředí v průběhu výkrmového období.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Současný stav sledované problematiky

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran textu

Klíčová slova

Energie; stavba; ustájení; větrání; vnitřní prostředí; vytápění

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Czech Journal of Animal Science; Náš chov; Vytápění, větrání, instalace; Zemědělec
Kíc, P.-Brož, V.: Tvorba stájového prostředí. IVV Mze ČR, 1995, 47 s.
Kíc, P.-Brož, V.: Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí. IVV Mze ČR, 2000, 71 s.
Kíc, P.: Úprava vzduchu ve stájových objektech. ÚZPI, Praha, 1996, 42 s.
Ledvinka, Z.-Zita, L.-Tůmová, E.: Vybrané kapitoly z chovu drůbeže. ČZU, Praha, 2009, 86 s.
Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.
Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.
Tůmová et al.: Chov drůbeže II. ČZU, Praha, 2019, 126 s.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kíc, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 22. 02. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Technika prostředí v objektech pro výkrm kuřat“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne

.....

Pavel Šebelle

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za nasměrování při výběru zadání práce a odborné konzultace, které mi pomohly při tvorbě bakalářské práce. Dále děkuji společnosti Vodňanské kuře, s.r.o., za umožnění zpracování údajů na zkoumané farmě. Také děkuji paní Ing. Martině Jurné za spolupráci při poskytování dat z farmy a zprostředkování zkušeností z praxe, které mi ulehčily pochopení dané problematiky. Následně děkuji panu Ing. Slávku Dudovi za poskytnutí cenných poznatků, které mi usnadnily porozumět základním principům z oblasti technologického zařízení a návrhu ventilace pro výkrm kuřat a panu Petru Miňhovi za vyjasnění parametrů ventilačního systému v jedné z hal.

Technika prostředí v objektech pro výkrm kuřat

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je zhodnocení vnitřního prostředí v budovách pro výkrm kuřat a případné zvážení možností ke zlepšení pro zvířata i pracovníky. V teoretické části je rozebrána problematika procesu výkrmu, jak ze stránky zootechnických požadavků, tak především ze strany tvorby vnitřního prostředí a potřebného technologického zařízení. Praktická část se zabývá měřením mikroklimatických a dalších parametrů ve 2 typově rozdílných výkrmových halách s kapacitou 20 000 a 50 000 kuřat na nejmenované tuzemské farmě. Jedná se o měření teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, koncentrace oxidu uhličitého a spotřeby plynu pro vytápění. Následná analýza dat je dána do kontextu výkrmových údajů o kuřatech (živé hmotnosti, úhyny, spotřeby vody a krmiva). Sledovala se schopnost udržování optimálních hodnot pro brojlerová kuřata. Zejména se ověřovala správná funkce systému ventilace, vytápění i dalších technologických zařízení v halách. Na základě normy byly k měření přidány výpočty požadovaných průtoků vzduchu v halách, které posloužily jako srovnání s výkonnostmi příslušných ventilátorů.

Klíčová slova: pohoda zvířat; brojler; ventilace; vytápění; mikroklimatické parametry

Technology of indoor environment in buildings for chickens' fattening

Abstract

The aim of this thesis is evaluation of indoor environment in buildings for chickens' fattening and eventual consideration of improvements for animals and workers. The theoretical part analysed process of fattening regarding zootechnics and especially from side of creating indoor environment and necessary technical equipment. The practical part deals with the measurement of microclimatic and other parameters in 2 different types of fattening halls with a capacity of 20 000 and 50 000 chickens a farm in Czech Republic. These are measurements of air temperature, relative humidity, concentration of carbon dioxide and consumption of gas for heating. Following analysis puts measured data into context with data of chickens' fattening (live weight, mortality, water and feed consumption). The ability of achieving optimal values for broiler chickens was monitored. Primarily the correct function of the ventilation system and heating and other technical equipments in the halls was verified. Based on a technical standard, was performed the calculations of required airflow in the halls were performed and served as a comparison with performance of fans in the halls.

Keywords: animal welfare; broiler; ventilation; heating; microclimatic parameters

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Současný stav sledované problematiky.....	3
3.1	Zásady výkrmu kuřat a vnitřní prostředí haly.....	3
3.1.1	Příprava haly pro výkrm kuřat	4
3.1.2	Zástav a odchyt kuřat na farmě	4
3.1.3	Vnitřní prostředí haly	5
3.1.4	Krmení a napájení	8
3.1.5	Podestýlka	9
3.2	Hala a okolí	9
3.3	Technologické zařízení haly	10
3.3.1	Úprava vzduchu	11
3.3.2	Ventilace	14
3.3.3	Osvětlení	17
3.3.4	System krmení a napájení	17
3.3.5	System řízení a měření	20
4	Metodika práce.....	22
4.1	Charakteristika farmy	22
4.1.1	Malokapacitní haly.....	22
4.1.2	Velkokapacitní haly	23
4.1.3	Proces výkrmu.....	24
4.2	Metody měření	26
4.2.1	Měřicí přístroje.....	27
4.3	Výpočtové metody (požadované průtoky vzduchu)	28
4.3.1	Zimní a přechodové období	28

4.3.2	Letní období	31
5	Výsledky a diskuse.....	33
5.1	Analýza naměřených hodnot	33
5.1.1	Teploty vzduchu.....	34
5.1.2	Relativní vlhkosti vzduchu.....	38
5.1.3	Průměrné teploty a relativní vlhkosti vzduchu	41
5.1.4	Údaje o kuřatech	42
5.1.5	Koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu	46
5.1.6	Spotřeby plynu v hale 7	47
5.2	Porovnání výkonnosti ventilátorů s výpočty	49
5.3	Další poznatky ze zkoumané farmy.....	50
6	Závěr a doporučení.....	52
7	Seznam použitých zdrojů	55
8	Přílohy	59

Seznam obrázků

Obr. 1 Horkovzdušné topidlo JET MASTER GP 70 s otevřeným plamenem	12
Obr. 2 Teplovodní topidlo Calori-Air	12
Obr. 3 Odtahový komín DA 600	17
Obr. 4 Axiální ventilátor V 130 bez regulace otáček	17
Obr. 5 Zásobníky krmných směsí (sila) s tenzometry	18
Obr. 6 Miskové krmítko a níplové napáječky s kalíšky od firmy Big Duchmann	18
Obr. 7 Letecké foto areálu nejmenované farmy s vyznačením přívodů a odvodů vzduchu u jednotlivých hal a jejich označení	22
Obr. 8 Hala 1 - venkovní pohled	26
Obr. 9 Hala 7 - venkovní pohled	26

Seznam grafů

Graf 1 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C z letního období (hala 1)	34
Graf 2 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C z letního období (hala 7)	34
Graf 3 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C ze zimního období (hala 1).	35
Graf 4 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C ze zimního období (hala 7).	35
Graf 5 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % z letního období v hale 1	38
Graf 6 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % z letního období v hale 7	38
Graf 7 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % ze zimního období v hale 1	39
Graf 8 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % ze zimního období v hale 7	39
Graf 9 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 1 v letním období.....	42
Graf 10 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 7 v letním období.....	43
Graf 11 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 1 v zimním období.....	43
Graf 12 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 7 v zimním období.....	44
Graf 13 Denní a kumulativní spotřeby zemního plynu v m ³ z letního období (hala 7).....	47
Graf 14 Denní a kumulativní spotřeby zemního plynu v m ³ ze zimního období (hala 7)	48

Seznam tabulek

Tab. 1 Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky naměřených teplot a relativních vlhkostí vzduchu.....	41
Tab. 2 Naměřené koncentrace oxidu uhličitého v ppm (hala 1 a 7).....	46
Tab. 3 Porovnání výkonností ventilátorů s výpočty požadovaných průtoků vzduchu pro zimní a přechodové období \dot{V}_v v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a pro letní období $\dot{V}_{v\text{max}}$ v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dle normy ČSN 73 0543-2 v hale 1	49
Tab. 4 Porovnání výkonností ventilátorů s výpočty požadovaných průtoků vzduchu pro zimní a přechodové období \dot{V}_v v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a pro letní období $\dot{V}_{v\text{max}}$ v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dle normy ČSN 73 0543-2 v hale 7	49

1 Úvod

Výkrm kuřat patří mezi složité procesy živočišné výroby a je realizován v různých částech světa. Je zde potřeba využití maximálního potenciálu používaného technologického zařízení. V dnešní době je trend dosahování ve všech oblastech našeho života co nejlepších výsledků. S tím jsou spjaty i nároky na kvalitu potravin. Dále také narůstá světová populace, což přispívá k větší poptávce po kuřecím mase. Také je třeba zmínit stále větší důraz na pokles využívání fosilních zdrojů energie a obecně na zmírňování negativních vlivů člověka na životní prostředí. Zmíněný trend podporuje snahu o dosahování co nejlepších podmínek pro zvířata spjatých se snižováním počtu úhynů a omezováním náročnosti procesu na využívání zdrojů obecně.

Bakalářská práce se v první části věnuje současnému stavu problematiky výkrmu kuřat, zejména optimálním podmínkám ve výkrmových halách, používanému technologickému zařízení i okrajově trendům v této oblasti a částečně halám samotným spolu s jejich okolím. Následně druhá (praktická) část popisuje aktuální stav a principy na zkoumané farmě. Zejména se praktická část zaměřuje na zhodnocení vnitřního prostředí vybraných hal. Porovnává naměřené hodnoty mikroklimatu v rámci letního, zimního období, mezi zkoumanými halami a částečně je dává do souvislosti s údaji o kuřatech. Dále částečně ověřuje čistotu vnitřního ovzduší, zhodnocuje výkonnost ventilačního systému a v jedné z hal je zachycena spotřeba zemního plynu na vytápění.

Celkově práce seznamuje s procesem výkrmu kuřat, nutnými náležitostmi a dává nahlédnout do zázemí jedné z tuzemských farem.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je seznámit se s technologickým zařízením v halách pro výkrm kuřat a s tím spjatými požadavky kuřat důležitými pro jeho návrh. Následně zhodnotit vnitřní prostředí v objektech pro výkrm kuřat v letním a zimním období a zvážit možnosti zlepšení z hlediska prostředí pro zvířata i pracovníky. Zaměřit se především na technické metody a zařízení, umožňující dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí. Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření ověřit především tepelný stav prostředí, čistotu vzduchu a další parametry vnitřního prostředí v průběhu výkrmového období.

3 Současný stav sledované problematiky

Současný stav sledované problematiky byl rozdělen do tří částí, jelikož je pro pochopení a navržení vhodného technického řešení výkrmových hal důležité důkladně znát všechny aspekty výkrmu. První část je zaměřená zejména na informace z oblasti zootechniky. Druhá část se věnuje obecně výkrmovým halám a okolí. Třetí část se zabývá oblastí technologického zařízení hal, vycházející z poznatků předchozích částí.

Brojlerový výkrm kuřat je pouze jedna část celého procesu produkce kvalitního kuřecího masa [1]. Brojleři jsou kuřata obojího pohlaví [2]. Celkový proces se dá rozdělit do 4 fází (farma rodičů, líheň, farma brojlerů, zpracovatel). Každý jednotlivý krok v takto komplexním procesu může ovlivnit konečný produkt, čímž je množství a kvalita kuřecího masa. Cíl produkce kvalitního kuřecího masa je optimalizace požadavků zákazníka spolu s nákladovostí procesu. V optimalizaci je nutné důkladně zvážit jednotlivé kroky a pečlivě je řídit [1].

Tvorbu vnitřního prostředí hal pro výkrm kuřat komplikuje velké množství zvířat na 1 m² a vysoké teploty v letním období, kdy je hala rozžhavená slunečním zářením. Konec výkrmu je nejkritičtější, jelikož produkce škodlivých plynů a tepla od kuřat roste [3][4]. Konstrukce budovy, umístění haly spolu s technologickým zařízením, podestýlkou a systémem ventilace se snaží pozitivně ovlivnit vnitřní prostředí haly [4].

3.1 Zásady výkrmu kuřat a vnitřní prostředí haly

Cílem každého, kdo provozuje výkrm kuřat je zajištění co nejvyšší úrovně výkrmu. Úroveň výkrmu je dána (délkou výkrmu, živou hmotností, spotřebou krmiva na 1 kg hmotnosti tzv. konverzí krmiva a procentem úhynu kuřat) [5][6]. Výslednou úroveň výkrmu i ekonomiku výkrmu ovlivňuje celá řada faktorů. Lze je rozdělit na faktory vnitřní a faktory prostředí. Mezi faktory vnitřní se zařazují typ hybridu a pohlaví. Do faktorů prostředí potom patří správná výživa, vhodné ustájení, odborné ošetření zvířat a mikroklimatické podmínky (teplota, relativní vlhkost, světelný režim, kvalita vzduchu a jeho proudění) [6]. Celkově se dá říct, že je snaha zajistit kuřatům co největší pohodu, splněním jejich nároků a potřeb. Pohoda je komplexní stav psychického a fyzického zdraví, kdy se zvíře nachází v harmonii s prostředím [7].

Výkrm kuřat se rozděluje do 3 fází. Jedná se o první dny výkrmu, řízení růstu a vyskladnění. Během výkrmu je několik cílů, které se musí splnit. Patří do nich rozvinutí dobrých návyků ke krmení, rozvinutí imunitních funkcí, optimalizování kvality jatečných

produktů, maximalizování welfare kuřat (pohody kuřat), umožnění optimálního rozvoje kostry a kardiovaskulárního systému [1].

Je potřeba si uvědomit, že kuřata jsou velmi citlivá na jakékoliv změny. Neudržování optimálních parametrů prostředí se projevuje snižováním užitkovosti. Zejména průběh prvních dní výkrmu se odráží na výsledném produktu. Proto je důležité vybavit halu spolehlivým, funkčním, co možná nejlepším zařízením, jehož chod zabezpečí odpovědný chovatelský přístup individuální pro každé hejno [1].

Délka turnusů se pohybuje mezi 5 až 6 týdny. Výsledná živá hmotnost kuřat kolísá okolo 2 kg, při konverzi krmiva od 1,6 do 1,8 kg, úhynu do 5 % a výtěžnosti přibližně 75 % [6][7]. Kuřata jsou ustájena na podestýlce [5][7].

3.1.1 Příprava haly pro výkrm kuřat

Před zahájením výkrmu je potřeba celou halu včetně zařízení vyčistit a vydezinfikovat [1][5][6]. Nejdříve se používá mechanická očista, potom mokrá dezinfekce, po instalaci veškerého zařízení na podestýlce následuje plynová dezinfekce. Na zařízení by měla proběhnout dezinfekce, deratizace a údržba [6]. Po vyčistění se v hale rovnoměrně rozprostře vrstva 8–10 cm kvalitní podestýlky [1][5][7]. V okolí napáječek se položí 80 cm široký papír a na něj se nasype krmivo. Papír pomáhá vytvářet návyk ke krmení, jelikož zvukem láká kuřata k příjmu potravy [7]. V průběhu výkrmu se papír rozkládá v podestýlce [8]. Hala se začíná předehřívat před začátkem výkrmu. Pokud se vytápí lokálním způsobem, je možné mimo zdroj tepla mít o 2–3 °C nižší teplotu než v případě celoplošného vytápění. Celoplošné vytápění musí zajistit 34 °C ve výšce 80 cm nad podlahou [7]. Zmíněné teploty se musí dosáhnout 1 den před naskladněním kuřat [6][7]. Těsně před příjezdem kuřat se napáječky naplní čistou vodou a krmné linky kvalitním krmivem [1].

3.1.2 Zástav a odchyt kuřat na farmě

Zástav a odchyt kuřat je nutno důkladně naplánovat. Důležitá je přesná domluva mezi líhni, výkrmem a následně zpracovatelem na termínech zástavu a odchytu brojlerů [1]. V úvahu musíme brát hustotu zástavu, která ovlivňuje životní podmínky kuřat, užitkovost brojlerů, uniformitu a kvalitu produktů. Hustota zástavu podléhá místní legislativě a technickým možnostem haly. Maximální kapacita haly se stanovuje živou hmotností kuřat [1]. Dle směrnice evropské komise 43/2007 v úpravě vyhlášky č. 291/2009 sb. se ustanovuje základní zatížení 33 kg/1 m² plochy. Na 1 m² tedy vychází 16–20 kuřat. Pro větší hustotu osazení je nutné povolení a splnění přísnějších náležitostí výkrmu [5].

Zástav a odchyt kuřat je z důvodu minimalizace věkového rozdílu a tím i výskytu zdravotních problémů realizován pro celou halu současně „all-in, all-out“ [1][5][7]. Zástav kuřat by měl probíhat svižně za snížené intenzity osvětlení pro snížení nervozity kuřat [9]. Kuřata se vyndávají na připravené papírové pásy [7]. Odchyt na konci výkrmu se uskutečňuje ručně, nebo automaticky pomocí mechanického zařízení tzv. kombajnu [5]. Odchyt musí provádět zkušení a proškolení pracovníci, aby nedocházelo k pohmoždění a poranění kuřat [1][5]. Při ručním odchytu se kuřata chytají za oba běháky [5]. Ruční odchyt vyžaduje snížení intenzity osvětlení na nízkou viditelnost, zároveň k tomu lze využít modré a červené světlo [7]. Automatický odchyt je šetrnější, jedná se o buben s gumovými prsty, které se otáčejí proti sobě [5].

3.1.3 Vnitřní prostředí haly

Základ pro zdraví kuřat je optimální vnitřní prostředí haly. Snaha je o dosažení zmíněné pohody stájového prostředí, kdy kuřata vynakládají nejmenší energii na zajištění základních biologických funkcí. K udržení pohody stájového prostředí je nejdůležitější tepelný stav prostředí, který tvoří teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění a účinná teplota okolních ploch. Tepelný stav ovlivňuje spotřebu krmiva vázanou na konečnou produkci kuřat [10].

Teplota

Optimální prostředí z pohledu teploty je označováno jako tzv. pásmo termoneutrality. Jde o rozmezí teplot, ve kterém kuřata zpracovávají nejlépe potravu a vytváří nejméně metabolického tepla pro regulování své tělesné teploty [10]. Kuřata patří mezi poikilotermní živočichy, na začátku života neregulují svoji tělesnou teplotu (do 12–14 dne věku). Z toho důvodu je udržování stále optimální teploty v hale velmi důležité. Teplota ovlivňuje růst a spotřebu krmiva. Správná tělesná teplota kuřat měřená v kloace se pohybuje mezi 40,2-40,6 °C [5]. Tepelný stres má velice nepříznivé účinky na dobré životní podmínky, produkci, úmrtnost a spotřebu vody [11]. Při teplotě mimo uvedený rozsah, může ztráta hmotnosti dosahovat až 10 % za 24 hodin a možná kompenzace ztrát je malá [5].

Optimální hodnoty teploty vzduchu se v průběhu výkrmu postupně snižují. První týden se teplota pohybuje okolo 32 °C. Mezi 14.-21. dnem od 22-23 °C a od 5. týdne kolem 18-21 °C [5]. Dosahování teplotního optima komplikuje mnoho faktorů. Část ovlivňujících faktorů se projevuje při růstu kuřat, kdy dochází ke zvyšování produkce tělesného tepla [5]. Produkci

tělesného tepla spolu s růstem dále ovlivňuje živá hmotnost, úroveň produkce, příjem krmiva a pohyb kuřat [5][7]. Dalším ovlivňujícím činitelem je například hustota zástavu [5].

K ověření správné teploty v hale je vhodné sledovat chování kuřat. Za ideálních podmínek jsou kuřata v objektu rozmístěna rovnoměrně. Jakmile se však teplota zvyšuje kuřata zvyšují svou nervozitu, zrychlují dýchání, vzdalují se od zdroje tepla a začínají s tím spojené problémy jako je zhoršení opeření, zvýšení kanibalismu a rizika onemocnění zejména dýchacího ústrojí. V opačné situaci snížení teploty se kuřata začínají shlukovat do větších skupinek a přibližovat ke zdroji tepla [5]. Důležitým parametrem je teplota, kterou vnímají kuřata tzv. pocitová teplota, ta souvisí s relativní vlhkostí. Pokud se nachází relativní vlhkost mimo optimální hodnoty je potřeba teplotu v hale upravit [12].

Relativní vlhkost

Relativní vlhkost udává míru nasycení vzduchu vodní parou. Zvyšování nasycení přiváděného venkovního vzduchu vodní parou je způsobeno dýcháním zvířat, výparem z povrchů těl a výparem mokřích povrchů [10].

Požadavky na relativní vlhkost závisejí na teplotě a intenzitě ventilace [5]. Optimální hodnota se nachází v intervalu 60–70 % [12]. První týden je udržení optimálních hodnot nejdůležitější a po celou dobu výkrmu by se neměla snížit pod 50 % [5][7]. Extrémní hodnoty relativní vlhkosti jsou pro výkrm nepříznivé. Vysoká vlhkost pomáhá rozkladu organických látek, rozvoji mikroorganismů a může docházet ke zvlhčení podestýlky. S tím je spojené snižování kvality vzduchu a zvyšování rizika onemocnění zvířat. Také větší tepelná vodivost vlhkého studeného vzduchu oproti suchému vzduchu při stejné teplotě způsobuje větší odvod tepla z těl zvířat [10]. Naopak příliš suchý vzduch snižuje ochranou funkci dýchacích cest a způsobuje dehydrataci spojenou se vznikem prашného a suchého prostředí [1][10]. Použitá technologie ustájení ve výkrmu kuřat ke zmíněnému stavu může vést (malé výparné plochy a nízká produkce vodní páry) [10].

Kvalita vzduchu

Kvalita vzduchu patří mezi důležité parametry měřené během výkrmu. Zhoršením stavu vzduchu vystavujeme kuřata riziku poškození dýchacích cest, snížení efektivnosti dýchání, ovlivnění regulace teploty, snížení užitkovosti brojlerů, dalším onemocněním a pomáhá degradaci stavu podestýlky [1].

Mezi látky kontaminující vzduch patří prach, amoniak, oxid uhličitý, oxid uhelnatý a přebytečné vodní páry. Obsah znečišťujících látek je nutné udržovat v uzákoněných limitech [1]. Do vzduchu se kontaminující látky dostávají hlavně od zvířat a biologickými pochody ve výkalech, krmivu a podestýlce [1][10].

Kvalitní vzduch pro kuřata je definován následujícími parametry. Kyslík by se měl pohybovat nad hranicí 19,6 %, oxid uhličitý by neměl přesáhnout hranici 3000 ppm, koncentrace oxidu uhelnatého je menší než 10 ppm, čpavku <20 ppm a obsah prachu ve vdechovaném vzduchu je <3,4 mg · m⁻³. Vše při relativní vlhkosti 45–65 %. V případě překročení zmíněných koncentrací je potřeba zvýšit minimální ventilaci [13].

Proudění vzduchu

Další z řady činitelů zajišťující pohodu zvířat je rychlost proudění vzduchu. Ovlivňuje nejvíce tepelné ztráty způsobené vypařováním. Je-li vzduch chladnější než povrchová teplota těla zvířat, odebírá zvířatům teplo a za nízkých teplot může odvod tepla dosahovat nežádoucích hodnot. Nadměrná rychlost vzduchu (průvan) působí škodlivě. Z těchto důvodů by rychlost vzduchu měla dosahovat jen rychlosti zajišťující správnou výměnu vzduchu. Roční období také ovlivňuje volbu rychlosti vzduchu. V zimním období jsou vysoké rychlosti vzduchu nepříznivé. Naopak v letním období zvýšená rychlost vzduchu pomáhá zvířata ochlazovat [10].

Účinná teplota okolních ploch

Účinná teplota okolních ploch má vliv na intenzitu vydávání a přijímání tepla sáláním. Jsou-li těla kuřat chladnější než okolní povrchy, teplo je kuřaty přijímáno a naopak. Při bezprostředním styku kuřat s okolními povrchy je teplo předáváno vedením. Malý kontakt se suchou dobře izolující podestýlkou a nízká tepelná vodivost vzduchu znamená minimální tepelné ztráty u stojících kuřat [10].

Světelný režim

Správné osvětlení a jeho řízení napomáhá zlepšovat životní podmínky kuřat a jejich pohodu. Intenzita, barva a délka osvětlení ovlivňuje aktivitu, příjem krmiva a růst kuřat [1][5].

Během výkrmu je důležité udržovat definovaný cyklus světla a tmy. Každodenní rytmus kuřat se skládá z mnoho důležitých fyziologických a behaviorálních procesů. Daný vzorec světla a tmy kuřatům zajistí přirozený proces růstu, vývoje a chování [1].

Osvětlení se skládá ze 4 důležitých prvků, které již částečně byly zmíněny (délka světelné periody, distribuce světelné periody, vlnová délka a intenzita) [1]. Délka a distribuce podléhá místní legislativě. V Evropské unii určuje Směrnice Rady 2007/43/ES tmu na minimálně 6 hodin z důvodu velké spotřeby energie a odpočinku kuřat. Přesné nastavení je individuální pro každé hejno, podle jejich požadavků a požadavků trhu [1][5].

K výkrmu se využívá především žluté a bílé světlo. Červené se používá hlavně pro zklidnění a snížení oštipování peří. Tmavomodrá barva snižuje možnost vidění. Dle výsledků z praxe může vykazovat osvětlení vlnové délky 415–560 nm (fialová až zelená barva) rychlejší růst oproti ostatním vlnovým délkám [1]. Dopady barvy světla na kuřata se ale stále studují [14].

Světla určená pro výkrm kuřat musí být vysokofrekvenční nad 200 Hz. Pod frekvencí 180 Hz již brojeři rozeznávají blikání [1]. Kuřata mají velmi citlivé oči, přibližně o 37 % citlivější než člověk [14]. Intenzita osvětlení by měla být rovnoměrná po celé hale a pro prvních 7 dní je doporučena na 30–40 lx, po prvním týdnu se snižuje na 5–10 lx. Snižování probíhá postupně. Hodnota intenzity pod 5 luxů způsobuje zdravotní problémy kuřat, které se promítají do úhynu, konverze krmiva a růstu. Tma je od nižší intenzity než 0,4 luxů – hala musí být dokonale zatemněna proti světlu zvenčí [1].

3.1.4 Krmení a napájení

Kuřata se řadí k prekociálním mláďatům (po vylíhnutí mají otevřené oči, pokryv těla, mohou se pohybovat a samostatně přijímat krmivo), proto je přísun potravy velmi důležitý [5].

Krmení

Ve výkrmech kuřat je uplatňován výdej krmiva způsobem ad libitum (kuřata mohou přijímat potravu kdykoliv mají chuť) [6].

Z hlediska výživy jsou nejdůležitější první 2 týdny výkrmu. Nejen proto, že se v této době vytvářejí návyky kuřat ke stravě a trávicí trakt roste 4krát rychleji než zbytek těla, ale hlavně prvních 7 dnů tvoří 20 % výsledné produkce kuřat, která jdou v 35. dnu věku na porážku [5]. Důležitost krmení spočívá i ve své schopnosti minimalizovat dopady stresu z horka. Proto by se mělo poskytovat především v chladnější části dne spolu s kvalitní vodou [1].

Dalším důležitým faktorem je druh krmiva. Během výkrmu je používáno více druhů krmiva za účelem správného nasměrování růstu kuřat [5]. Granulované směsi jsou preferovány

před sypkými [6]. Pro začátek výkrmu je určena směs Starter (BR1). Jedná se o velmi kvalitní krmivo ve formě drcených granulí. Směs BR1 se používá prvních 10–14 dnů výkrmu pro nastartování chuti k příjmu potravy a růstu. Složení směsi se zakládá na výsledné ziskovosti a užítkovosti, nikoliv na nákladech. Přejít na směs Grower (BR2) musí být dobře řízen. Pokud jsou granule pro kuřata moc velké, lze vyrobit směs ve formě drcených granulí. Směs BR2 je určena k urychlení růstu a používá se po dobu 14–16 dnů. Po 25. dnu výkrmu se začíná používat směs Finisher (BR3), která slouží k co možná největší finanční návratnosti z daného produktu s ohledem na potřebné výživové hodnoty [1].

Napájení

Kuřata by měly mít možnost přijímat kvalitní vodu po celé výkrmové období. Její spotřeba se odvíjí od teploty v hale [5]. Teplota vody by měla být mezi 15–21 °C. Příliš vysoká (>30 °C) a nízká teplota vody (<5 °C) snižuje její příjem. Nesprávné množství vody a počet míst k napájení snižuje růst kuřat [1].

3.1.5 Podestýlka

Kvalitní podestýlka a její stav zamezuje zánětům běháků. Ty vznikají na mokré a ztvrdlé podestýlce. Podestýlka by měla být pro každý výkrm nová. Pouze v případě nedostatečných finančních prostředků je možné vytvoření po skončení výkrmu brázd, kde dojde vlivem zvýšené teploty k likvidaci části patogenů a škodlivých látek [1].

Vhodná podestýlka má dobrou absorpci vlhkosti, je biologicky odbouratelná, příjemná pro kuřata, má nízkou prašnost, neobsahuje kontaminační látky a má konsistentní dostupnost z biologicky bezpečného zdroje. Materiál podestýlky je vybrán na základě zeměpisné polohy místní ekonomiky a dostupnosti surovin [1]. Maximální vlhkost podestýlky by měla být 50 % [7].

3.2 Hala a okolí

Z pohledu biologické bezpečnosti je nutné zvolit vhodně jak umístění farmy, tak i její rozvržení samotné a správně nastavit provozní postupy. Kolem farmy nesmí být minimálně 3,2 km chovaná žádná zvířata, ani silnice, po kterých se přepravuje drůbež. Rozvržení hal minimalizuje provoz a splňuje požadavky na čištění a dezinfekci. Konstrukce haly nedovoluje vnikání ptáků a hlodavců. Farma je oplocená [1].

Samotná hala je orientována z východu na západ, aby na boční stěny nepůsobilo přímé sluneční záření [7]. Přívod vzduchu by pak měl být umístěn na severní stranu, kvůli

předpokladu nasávání chladnějšího vzduchu v létě [4]. V případě umístění více hal u sebe je potřeba vzít v úvahu různé koncentrace škodlivých plynů v jednotlivých halách, například přiváděním škodlivin ze sousední haly [3]. Proto je vhodnější přívod vzduchu situovat z míst chráněných proti vnějšímu znečištění. Pozitivně ovlivňuje teplotu v hale případná okolní vegetace. Přívod vzduchu z míst chráněných právě vegetací před přímým slunečním zářením pomáhá dosahovat nižších teplot a napomáhá zlepšení tepelné bilance budovy v letních měsících [4]. Hala je orámována do vzdálenosti 1 až 3 m betonovou plochou, která zajišťuje uložení pohyblivého vybavení a ochranu proti hlodavcům. V blízkosti haly do 15 m se udržuje travnatá plocha [1].

Haly jsou bez oken, zateplené a utěsněné bez spár s odizolovanou, hladkou betonovanou podlahou bez trhlin. Stropní izolace se odráží na energetických nákladech. Moderní haly používají odizolované polyuretanové panely. Obvodové stěny jsou z odizolovaných sendvičových polyuretanových panelů, konstrukce haly je ocelová. Výhoda spočívá v dobrém čištění, snadné umístění zařízení a netvoření tepelných mostů [7]. Haly s masivním zdívkem mají větší tepelnou setrvačnost, ta může pomáhat snižovat teplotu v době vysokých venkovních teplot [10]. Kvalita provedení betonové podlahy zvedá úroveň výkrmového prostoru. Působí na ní výrazné mechanické zatížení od pojezdové techniky a značné znečištění. Také zabraňuje pronikání hmyzu a dalších škůdců. Všechny vnitřní povrchy jsou dobře umyvatelné [7]. V hale nejsou sloupy nebo výčnělky [1]. Maximální teplota v halách má vlivem tepelné akumulace haly pomalejší nárůst za maximem sluneční radiace o 2–3 hodiny [15]. Střecha má lesklý povrch, který odráží sluneční paprsky a pravidelně je čištěna. Střecha vytvářející stín svým přesahem je požadavek u otevřených hal, u uzavřených je to jen pozitivní prvek. Haly splňující výše uvedené informace pomáhají lépe udržovat vnitřní prostředí, které vede k dobrému zdraví a pohodě zvířat [7].

3.3 Technologické zařízení haly

Během návrhu technologického zařízení musíme brát v úvahu požadavky kuřat i vliv venkovních klimatických činitelů (intenzita sluneční radiace, teplota, relativní vlhkost venkovního vzduchu, parciální tlak vodních par, rychlost a směr větru) [15]. Sluneční radiace, ač je významným zdrojem energie, může v letních měsících způsobit přílišné ohřátí haly a zhoršit tepelný stavu vnitřního prostředí. Přímé slunečné záření v oblasti ČR snižuje vliv oblačnosti. Teplotu vzduchu ovlivňuje zeměpisná poloha, nadmořská výška, roční i denní doba. Denní kolísání teploty vzduchu je téměř sinusové. Na vlhkost vzduchu působí poloha, intenzita

vodních srážek, okolní vodní plochy a roční i denní doba. Pokud v létě roste teplota oproti partiálnímu tlaku, vlhkost se snižuje. Venkovní proudění vzduchu bývá největší v poledne. V ČR převážně panuje severozápadní a jihovýchodní směr proudění vzduchu [15].

Všechna zařízení a prvky v hale by měly svým provedením odolávat okolním vlivům (korozi, hnilobě, živočišným škůdcům, požáru atd.). Dále by měly umožňovat snadnou údržbu a případné opravy poruch, jejich povrchy zase snadné čištění, dezinfekci atd. [10].

3.3.1 Úprava vzduchu

Úprava vzduchu optimalizuje mikroklimatické podmínky pro kuřata. Technologická zařízení mohou vzduch například pouze ohřívat nebo třeba zároveň ochlazovat a zvlhčovat [16].

Vytápění (ohřev vzduchu)

Vytápění probíhá buď lokálním způsobem nebo se využívá celoplošné vytápění [1][5]. Výhoda lokálního oproti celoplošnému vytápění spočívá v možnosti regulace tělesné teploty kuřat jejich pohybem, teploty v místech vzdálenějších od kvočny se snižují o 6–10 °C oproti hodnotám v místech u zdroje tepla. Zdroj celoplošného vytápění tedy distribuuje teplo do větší oblasti, čímž je omezena možnost regulace teploty pohybem [5]. Jedná se o vytápění haly pomocí přímého, nebo nepřímého zdroje tepla, jehož úkolem je zajistit rovnoměrné teploty v celé hale [1].

Kvůli požadavkům na ventilaci, musí být v hale vytápění částečně naddimenzováno, aby bylo možné udržet požadovanou teplotu haly za každého období i při naskladňování [1]. Soustava vytápění musí být také zabezpečena proti zamrznutí. Povrch soustav je hladký, členitý povrch je možné použít jen při možnosti pravidelného čištění [10].

Zdroje tepla umístíme s ohledem na proudění větru a požadavky haly. Využitelnost energie závisí na umístění zdrojů. Stav, kdy teplo prostupuje celým objektem před odchodem ventilací je nejvýhodnější [10].

Lokálním vytápěním jsou zejména myšleny tzv. kvočny, jsou plynové nebo elektrické. Využívají se zejména na začátku turnusu, v tom případě jsou kolem kvočen umístěny ohrady, ty brání kuřatům v rozbíhání po hale. Ohrady jsou odstraněny v 7–10 dnu věku kuřat. Kvočna tvoří oblast 5x5 m pro 500 kuřat [5].

K vytápění se můžou využívat také teplovzdušné jednotky, jedná se o automatické zdroje tepla využívající jako palivo plyn (zemní plyn, propan, propan-butan) [16]. Vzduch se ohřívá buď přímo spalováním plynu (obr. 1), nebo nepřímo přes vnitřní teplovodní spirálu (obr. 2) [17]. Při přímém spalování je vzduch z haly nasáván a vracen ohřátý se spalinami zpět. V tomto případě je nutné zahrnout spaliny do návrhu ventilace. Topidla se zavěšují do výšky 1,5 m nad podlahou [16].

Nedostatky systému vytápění bývají ztráty tepla konstrukcí haly a větráním. Některé systémy vytápění mohou snížit tepelné ztráty, například jde o podlahové vytápění [16]. Podlahové vytápění může pracovat na způsobu protékání horké vody trubkami v podlaze [9].

Obr. 1 Horkovzdušné topidlo JET MASTER GP 70 s otevřeným plamenem



Obr. 2 Teplovodní topidlo Calori-Air



V současné době se ve výkrmech kuřat využívají neobnovitelná fosilní paliva jako zmíněný propan nebo zemní plyn [18]. Navíc se pro zajištění optimálních vnitřních podmínek spotřebovává velké množství energie. Z toho důvodu se provádí rozsáhlé výzkumy obnovitelných a udržitelných energetických technologií k dosažení úspory energie a snížení emisí oxidu uhličitého. Zmiňují se hlavně technologie fotovoltaických panelů, solárních kolektorů, hybridních fotovoltaicko-termálních kolektorů, termální metody skladování energie, tepelná čerpadla země/voda/vzduch a sálavé vytápění. Ukazuje se, že ve srovnání s tradičními technologiemi lze použitím výše zmíněných technologií dosáhnout až 85 % úspory energie s návratností do 3 až 8 let [17].

Chlazení vzduchu

Během výkrmu může nastat období, kdy ventilační systém již nedokáže zajistit potřebnou teplotu k udržení pohody zvířat, právě v takových případech se využívá chlazení. Chlazení je používáno jenom pro snížení teploty na teplotu únosnou [1].

Pro chlazení vzduchu se využívá odpařování vody. Je jasné, že tímto způsobem však roste relativní vlhkost vzduchu, a proto množství vody použité pro ochlazení je omezeno. Omezení je jednak ze strany prostředí v hale, ale také zároveň ze strany okolního prostředí [1]. Systémy chlazení nasycují vzduch maximálně do 70 % relativní vlhkosti. Zvyšování vlhkosti může být kontraproduktivní vzhledem k schopnosti kuřat ochlazovat se právě odpařováním z dýchacích cest [11]. Během systému odpařovacího chlazení se využívá proudění vzduchu a nastavuje se dle hodnot relativní vlhkosti a teploty [1]. Vhodné je chlazení odpařováním vody především v horkém a suchém prostředí. Voda je přiváděna do chladicího zařízení trubkami položených v zemi, aby nedocházelo k nežádoucímu ohřevu [7]. Způsob odpařovacího chlazení lze rozdělit na dva typy (chladicí rohože a zamlžování/rosení) [1].

Chladicí rohože se instalují po obou stranách konce haly na stejně velké ploše, někdy mohou být umístěny i v části štítové zdi, nebo v tzv. psích boudách. Tunelové ventilátory svou činností nasávají na jedné straně haly vzduch, který byl na druhé straně při vstupu do haly ochlazen průchodem přes chladicí rohože (filtry nasáklé vodou). [1]. Chladicí kapalina, která se při průchodu chladicí rohoží neodpařila, je čerpadlem opět přivedena na chladicí rohože. Kapalínu je možno využívat do určitého obsahu množství solí a minerálů [7].

Návrh rohoží musí být proveden zvlášť pro každou halu, z důvodu správného doplnění a posílení tunelové ventilace. Stupeň možného ochlazení závisí na relativní vlhkosti venkovního vzduchu. Funkčnost chlazení také ovlivňuje kvalita a množství vody čerpané na ochlazovací rohože [1]. Chladicí rohože jsou často vyrobeny z osikové vlákniny, nebo zvrásněné (vlnité, voštinové) celulózy [7].

U technologie zamlžování funguje ochlazování na principu vypařování rozprašovaných kapek vody tryskami zamlžovacího zařízení. Umístěním trysek v okolí přívodu vzduchu (přívodních klapek) se maximalizuje odpařování. Počet trysek a množství vody vychází z možností tunelové ventilace [1]. Poslední trysky se umísťují 5–6 m od ventilátoru podtlakové ventilace. [7]

Existují 3 varianty zamlžovacího systému rozdělené podle velikosti používaných tlaků a tím i velikosti kapiček. Systém s nízkým tlakem zprostředkovává nejmenší ochlazení a větší riziko navlhnutí podestýlky, způsobené nedostatečným odpařením velkých kapiček vody. Dále jsou možnosti systému s vysokým tlakem a velmi vysokým tlakem, který zajistí nejlepší ochlazení a díky nejmenším kapičkám vody i nejmenší riziko zvlhnutí podestýlky. Velikosti tlaků se pohybují od 0,7-6,9 MPa a velikost kapek od $5 \cdot 10^{-6}$ do $30 \cdot 10^{-6}$ m [1]. Způsob ochlazování rozprašováním kapiček vody lze používat pouze ve výkrmech s kontrolou vlhkosti vzduchu. Systém musí zamezit zvýšení vlhkosti nad přípustnou mez. Může totiž docházet k zdravotním problémům kuřat zmíněným snížením odpařování vody z jejich plic [7].

Zpětné získávání tepla ze vzduchu

Jde o možnost, jak efektivně ušetřit energii na vytápění až 50 %. Využívá se rozdílu teplot odcházejícího a vstupujícího vzduchu do haly. Teplejší vzduch odcházející z haly předává teplo vstupujícímu vzduchu. Předání tepla je realizováno tzv. mediem nebo přes materiál s dobrou tepelnou vodivostí [10]. Typy zpětného získávání tepla se rozdělují na rekuperační výměníky a regenerační výměníky [16]. Pro výkrm kuřat je z důvodu prašného prostředí v halách systém komplikovanější a spolu se zvýšenou údržbou jsou pořizovací náklady vyšší [10].

3.3.2 Ventilace

Ventilační zařízení reguluje optimální teplotu, relativní vlhkost a čistotu ovzduší v hale [5]. Proto je ventilace nejdůležitější operací pro vnitřní prostředí a dosažení maximálních výsledků kuřaty [12]. Vzhledem k požadavkům kuřat se ve většině hal realizuje výměna vzduchu nucenou ventilací. Do haly se přivádí čistý, neupravený vzduch z okolí a ventilátory odvádí přebytečnou vlhkost, teplo a škodlivé plyny [5][10]. Výměna vzduchu by měla být co možná nejrovnoměrnější [7].

Během výkrmu se nároky na ventilaci mění. V prvním týdnu výkrmu nesmí rychlost větru překročit $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, jelikož mladá kuřata jsou velmi citlivá. Spolu s růstem kuřat se však zvyšuje množství škodlivých plynů a množství vyprodukovaného tepla kuřaty, proto se i ventilace musí zvýšit. Ventilace by se měla pohybovat od $0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ při naskladnění do $7,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ na konci výkrmu [5]. Nároky na ventilaci se však mění i v průběhu roku. V zimním období jsou nároky na průtok vzduchu nejnižší – odvádí se především vodní páry a plynné škodliviny. V létě průtok vzduchu dosahuje nejvyšších hodnot.

Zvýšení je podmíněno nárůstem tepla, jak metabolického od zvířat, tak i tepla sálajícího ze zahřáté konstrukce od slunečního záření [10].

Je mnoho možností, jak navrhnout ventilační systém. Jednotlivé systémy se od sebe liší umístěním ventilačních prvků a směry proudění vzduchu [16].

Nucené větrání

Nucená ventilace udržuje stálé podmínky i za teplejšího podnebí [7]. Nucené větrání je rozdělováno na podtlakové, přetlakové a rovnotlaké větrání [16]. Podtlaková ventilace se používá v prostorách s velkým obsahem škodlivin [15]. Podtlaková ventilace se vyznačuje nižším tlakem uvnitř haly, než je venkovní atmosférický tlak a menším množstvím přiváděného vzduchu, než je množství vzduchu odváděné ventilátory. Právě odsáváním znečištěného vzduchu ventilátory se vytváří v hale podtlak, který způsobuje vtahování čistého vzduchu přírodními otvory [10][16]. Zvyšování podtlaku zvyšuje rychlost proudění vzduchu [1].

Nastavení optimálního provozního tlaku podléhá požadavkům několika faktorů. Jsou to šířka haly, délka dráhy vzduchu od boční stěny ke špičce stropu, vnitřní úhel stropu, tvar stropu (hladký nebo s nerovnostmi), typ sacích klapek a počet otevřených klapek. Kontrola správného nastavení probíhá např. kouřovým testem. Chladný vzduch by se měl rychle dostat pod střechu haly, kde se ohřeje smícháním s teplým vzduchem [1]. Tomu napomáhá směřování proudu vzduchu klapkami a následně vzduch klesá ke kuřatům [7]. Nízký podtlak způsobuje klesání chladného vzduchu na kuřata, čímž dochází k jejich ochlazení a zvlhčování podestýlky [1].

Haly často umožňují 3 stádia ventilace (minimální ventilaci, přechodovou ventilaci a tunelovou ventilaci). V místech, kde teploty nepřesahují úroveň tunelové ventilace se může stádiem tunelové ventilace vypustit. Minimální ventilace, jak z názvu vyplývá, udržuje minimální potřebnou výměnu vzduchu po celou dobu výkrmu pro zajištění potřebné čistoty vzduchu. Přechodová ventilace dostává z haly přebytečné horko a tunelová se zapíná v případě, kdy přechodová ventilace již neudrží požadovanou pohodu kuřat [1].

Jedním ze systémů podtlakové ventilace může být jednostranné příčné větrání s ventilátory na jedné boční straně a přírodními otvory na straně protilehlé [16]. Haly zmíněného systému musí mít šířku maximálně 12 m [10]. Další možností příčného větrání je oboustranné s odsáváním vzduchu stropními větracími šachtami tzv. komíny (obr. 3) [16]. Ve světě můžeme také narazit na kombinaci tzv. tunelové ventilace s odpařovacím chladicím systémem [11][18]. Tunelová ventilace využívá odsávací ventilátory k rychlému pohybu

vzduchu po délce haly [11]. Ventilátory jsou v jednom ze štítů haly a na protilehlé straně se umisťují otvory pro přívod vzduchu [7].

Přívodní otvory

Používají se štěrby s regulací průřezu a směru proudění (klapky) [16]. V případě podtlakové ventilace by vstupující vzduch měl být přiváděn pouze rovnoměrně rozmístěnými klapkami ve stěnách haly, tzn. hala musí být vzduchotěsná. Zlepšuje to funkčnost systému a kontrolu nad vstupujícím vzduchem [1].

Pro správný chod ventilace není nutné otevření všech klapek, ale rovnoměrné rozmístění klapek právě otevřených. Velikost otevření musí být nastavena pro udržení podtlaku v hale (minimálně 5 cm). Vzduch navíc musí mít dostatečnou rychlost pro dosažení potřebné vzdálenosti. Správné nastavení lze ověřit tak, že v případě nastavení minimální ventilace a postavení v jakémkoliv místě haly není cítit pohyb vzduchu [1].

Dále by klapka měla splňovat následující požadavky. Dvířka by měla být izolována, v okamžiku uzavření těsnit, součástí by měl být mechanismus pro uzamčení (udržení zavřených dvířek), dále směrovací deska a dvířka umístěné v rámu [1]. Plocha klapek je 1,4–1,5násobkem plochy ventilátorů [7].

Ventilátory

Ventilátory zajišťují potřebný tok, tlak, přívod a odvod vzduchu [16]. Výkon ventilátorů určuje rychlost proudění vzduchu [7, s. 58]. Ventilátory se rozdělují na axiální, radiální, diagonální a diametrální [16]. Nejčastějším použitím se vyznačují horizontální vrtulové ventilátory (axiální), axiální ventilátor je zobrazen na obr. 4. Pro urychlení vzduchu na úrovni zvířat jsou neefektivnější. Pro větrání na úrovni zvířat se doporučuje použití vrtulových ventilátorů, nasměrovaných na horizontální výměnu a v extrémních horkách i přídavných ventilátorů umístěných mezi hlavními ventilátory ve stejné výšce a přímo nasměrovaných na oblast pobytu zvířat [7]. K distribuci teplého vzduchu rovnoměrně po hale se mohou používat horizontální míchací ventilátory. Umisťují se 10–15 m od sebe po celé délce haly [1]. Většinou se ale spoléhá pouze na hlavní ventilátory ventilace [18].

Obr. 3 Odtahový komín DA 600



Obr. 4 Axiální ventilátor V 130 bez regulace otáček



3.3.3 Osvětlení

Pro osvětlení je možné využít různé druhy světelného zdroje. Nejčastějšími řešeními jsou žárovky, zářivky nebo LED (Light-Emitting Diode) [1].

Žárovkové světlo má dobrý rozsah světelného spektra, ale ve srovnání s ostatními druhy osvětlení je neefektivní [1]. Světelná účinnost je přibližně $8\text{--}24 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ a jmenovitá životnost okolo 750-2 000 hodin [19]. Lépe s efektivitou na tom jsou zářivková světla, která musí mít vysokou frekvenci, aby se zamezilo blikání. Jejich intenzita v průběhu životnosti slábne a musí dojít k výměně zářivek [1]. Vydrží více než 20 000 hodin a světelná výkonnost se sníží během jejich životnosti o 20–30 % [19]. LED osvětlení vyráběné na míru pro výkrm kuřat je efektivní a nabízí různé barvy světla, také má dlouhou životnost, ale pořizovací náklady jsou vyšší [1].

Osvětlení hal představuje až polovinu z celkové spotřeby elektrické energie v halách, tedy tvoří významnou část nákladů zkoumané živočišné výroby (3–8 %). Je možné tedy předpokládat v budoucnu implementaci energeticky úsporných technologií [20].

3.3.4 Systém krmení a napájení

Potřebný počet krmítek a napáječek musí být v hale instalován již na začátku výkrmu. Důvodem je vznikající stres kuřat při hledání odstraněného zařízení a špatný návyk na nově přidané [7].

Krmení

Optimální krmný systém poskytuje dobrý přístup ke krmivu, rovnoměrnou distribuci krmiva, správnou výšku krmítek a zamezuje vypadávání krmiva na podestýlku [1]. Nesprávná výška krmítek způsobuje rozsypávání krmiva, tím vzniká riziko kontaminace bakteriemi

při konzumaci krmiva ze země a odhad konverze krmiva neodpovídá skutečnosti. Správná výška krmítka odpovídá výšce, kdy spodek krmítka je v úrovni horní části prsou kuřat. Nerovnoměrnost distribuce snižuje užitek a zvyšuje rozsypávání krmiva, vlivem snahy kuřat dostat se ke krmivu. S rovnoměrností souvisí i výška krmítek (všechny musí být nastaveny stejně) [1].

Skladování krmiva na farmě je realizováno v zásobnících krmných směsí (obr. 5). Jedná se nejčastěji o zásobníky válcového tvaru. Plnění zásobníků přivezeným krmivem je realizováno pneumaticky, ale mohou být použity i mechanické dopravníky. Vyprazdňování zásobníků je samospádem. Spodek zásobníků tvoří souměrný nebo jednostranný kužel. Jednostranný je výhodnější – plynulejší vyskladňování (netvoří se vnitřní klenby). Součástí zásobníků mohou být vertikální štěrby a tenzometrické váhy pro kontrolu množství krmiva [21].

Vhodné je použití miskových krmítek umístěných přímo na dopravníku krmiva, který je každé 3 metry zavěšen na lankách připojených k tažnému lanu. Pomocí tažného lana je regulována výška krmítek. Pro distribuci krmiva se mohou využívat všechny druhy dopravníků [8]. Kromě miskového krmítka zachyceného na obr. 6 je možné použít řetězová, nebo tubusová krmítka [1][5]. Výška řetězových krmítek se zvyšuje celkovým nastavením nožiček, u miskových a tubusových krmítek je někdy nutné nastavit každé krmítko zvlášť. Zato pokud je distribuce krmiva automatická, jsou misková a tubusová krmítka plněna současně, u řetězových krmítek trvá delší dobu, než se krmivo dostane ke všem kuřatům [1].

Obr. 5 Zásobníky krmných směsí (sila) s tenzometry



Obr. 6 Miskové krmítko a niplové napáječky s kališkami od firmy Big Duchmann



Napájení

System napájení je řešen kapátkovými tzv. niplovými, nebo kloboukovými napáječkami [7]. Napáječky by měly minimalizovat ztrátu vody odkapáváním na podestýlku, být snadno omyvatelné, popř. bez potřeby čištění, vhodně rozmístěné i nastavené do správné výšky, umožnit snadný přístup i údržbu a snížit shromažďování kuřat [7]. Zvonové (kloboukové) napáječky vykazují přibližně spotřebu 1,8 litrů vody na 1 kg krmiva, niplové napáječky s kalíšky 1,7 litrů vody na 1 kg krmiva a niplové napáječky bez kalíšků 1,6 litrů vody na 1 kg krmiva [1].

Jedna niplová napáječka je určena pro 10 kuřat. Používají se od začátku výkrmu [7]. Princip niplové napáječky spočívá ve vychýlení nebo nadzvednutí ventilu (niplu). V případě ventilů s dvojitou kuželkou je nutné k vytékání vody zdvihnout oba [8]. Tlak vody je vhodně nastaven k vytvoření kapky vody na konci niplu, dochází tak k zvýšení návyku používání napáječky. K odkapávání vody do podestýlky by docházet nemělo [7]. Ventily napáječky jsou šroubovány ze spodu do trubek, které přivádějí vodu. Trubky mají čtvercový průřez. Součástí napáječek mohou být podvěsné mističky sloužící k zachytávání odkapávající vody při nesprávné činnosti napáječky [8]. Výška niplových napáječek se reguluje tak, aby neomezovala příjem vody a nezpůsobovala zvlhčení podestýlky. Správná výška se určuje podle úhlu, který svírá hřbet kuřat s podlahou při pití. Na začátku výkrmu je optimální úhel v rozmezí 35–45°, následně v další fázi výkrmu v rozmezí 75–85°. Zmíněným úhlem se dosáhne lehkého natahování kuřat k napáječce, voda teče přímo do zobáku a neteče na podestýlku. Přístup k niplům je ve 360° [1]. Niplové napáječky mají vzájemnou vzdálenost na napájecím potrubí 35 cm a řady jsou od sebe 3 m [7].

Kloboukové napáječky se rozmisťují rovnoměrně [1]. Napáječky musí být pro kuře vzdálené maximálně 2 m, vzdálenost mezi napáječkami tedy bude 4 m. Jedna napáječka připadá na 150-200 kuřat. Výška napáječky a stav vody je dán věkem a velikostí kuřat. Horní okraj je v úrovni hřbetu kuřat [7]. V případě automatického plnění napáječek jsou vyrobeny z hliníkového plechu nebo plastové hmoty. Skládají se z klobouku a misky. Napájecí žlábek vniká mezi obvody misky a klobouku. Některé napáječky jsou dvoužlábkové (vnější žlábek zachycuje rozstříkovanou vodu). Plnění vody zajišťuje pružinový ventil v ose napáječky. Napáječka je zavěšená k pomocné konstrukci nebo ke stropu haly a výška je nastavitelná. Tíha vody dodává napáječce potřebnou stabilitu [8].

3.3.5 Systém řízení a měření

V hale se měří pomocí čidel zejména teplota, vlhkost a případně částečně amoniak nebo oxid uhličitý. Pro optimální podmínky v hale se řídí technologické zařízení pomocí zmíněných veličin a mělo by se brát v úvahu i venkovní počasí [16].

Měřicí čidla se umisťují v halách rovnoměrně, v úrovni hlav kuřat, mimo jejich přímý dosah a nesmí být v těsné blízkosti vytápění, aby vyšší teplota v jejich okolí neovlivňovala měření. Využívají-li se k vytápění kvočny musí být čidla ve vzdálenosti 2 m od jejich hranice. Podle průměru z naměřených hodnot systém reguluje mikroklima v hale [1].

Spotřebu vody je možné měřit vodoměry. Vodoměry nakládají s průtokem i tlakem a hodnoty se zaznamenávají denně. Využívají se vodoměry s měřením průtoku za nízkého tlaku, ty umožní přesnost měření i u nejmenších kuřat [1].

Haly bývají vybavené signalizací poruch technologického zařízení, což sníží případné ekonomické ztráty a předejde možným úhynům kuřat [7]. Výpadek elektřiny je řešen připojením na spolehlivé generátory [1].

Hodnocení životních podmínek na farmách se rychle vyvíjí, zejména rozvojem informačních technologií. Senzory, kamery, strojové učení, bezdrátové systémy, mobilní software aplikace a internet věcí (IoT), jsou prvky ovlivňující celou společnost. Mnoho těchto prvků se již u zvířat používá, pomáhají s kontrolou stavu zvířete a jeho prostředí. Vývoj IT (informačních technologií) zaměřených na dobré životní podmínky brojlerů je relativně nový a je zde spousta prostoru pro zlepšení. Zvláštní pozornost by měla být věnována technologiím, které lze testovat a používat v reálných podmínkách [22]. Využití inteligentních systémů umožní zvýšení produkce, minimalizaci nákladů a větší automatizaci farmářských postupů [23].

Inteligentní systémy řízení chovu drůbeže zahrnují tzv. Precision Livestock Farming (PLF) [23]. Jde o směr již řadu let rozvíjejícího se precizního zemědělství, zabývající se krmivou a chovem hospodářských zvířat [24]. PLF lze popsat jako systém chovu, který optimalizuje péči a pozornost věnovanou zvířatům. Zmíněného efektu se dosahuje prostřednictvím senzorů, které shromažďují v reálném čase velké množství dat o různých parametrech z procesu výkrmu a zvířatech samotných. V ideálním případě se monitorují jednotlivá zvířata nebo co nejméně početná skupina zvířat. Z toho důvodu je potřeba použít vhodné analytické nástroje, jelikož rozhodnutí na základě dat by se měla přijímat rychle nebo dokonce v reálném čase. Zařízení

začleněná v takovém to inteligentním systému budou navíc připojena k internetu, což umožní vytvoření farmářských IoT. Technologie IoT umožní komunikaci mezi senzory, zařízeními a dalším vybavením farmy [23].

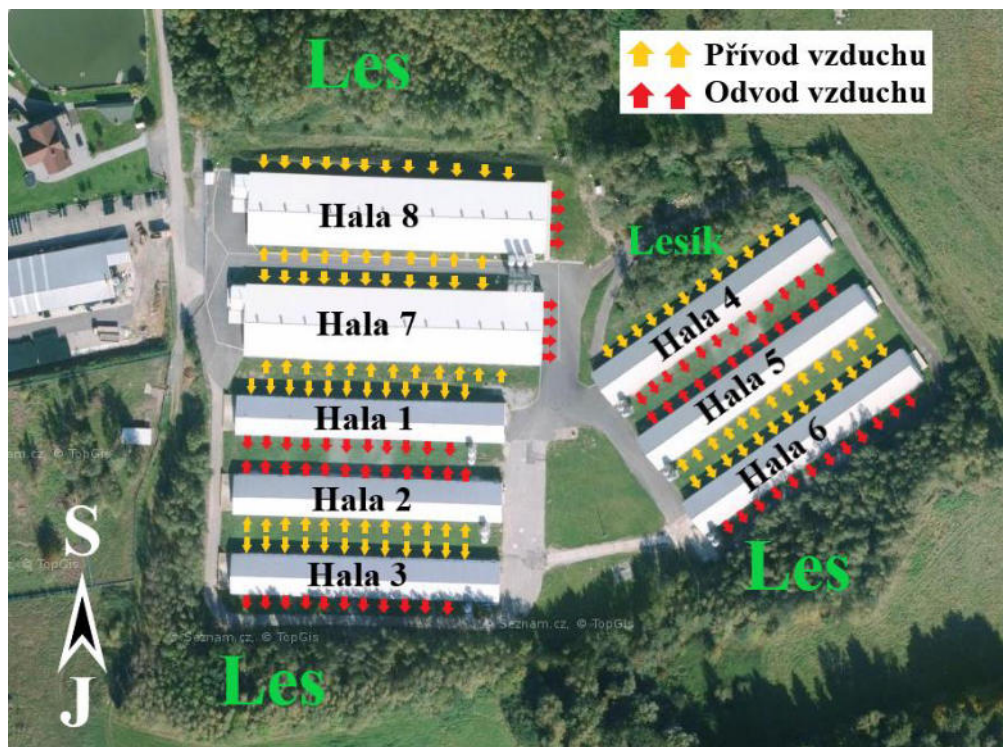
Jako příklad monitorování a řízení mikroklimatu v halách můžeme uvést regulaci vlhkosti pomocí změn rychlosti ventilace na základě čidel relativní vlhkosti. Zkoumané modely dále například umožňují predikci hmotnosti kuřat až 72 hodin předem na základě vstupních hodnot relativní vlhkosti, oxidu uhličitého, amoniaku a hmotností kuřat. To by umožnilo přijímat opatření k zabránění nízké hmotnosti kuřat dříve. Ale je nutné brát v úvahu technické omezení čidel, například přesnost měření a umístění zkresluje částečně reálné podmínky. Další zkoumanou technologií je robotika. Autonomně poháněná malá vozidla by například mohla provzdušňovat podestýlku nebo na ni aplikovat dezinfekční prostředky, případně by mohla být vybavena čidly pro monitorování prostředí v reálném čase. Zajímavé také může být použití vydávaných zvuků kuřaty jako indikátor zdraví a dobrých životních podmínek nebo nové technologie přesného krmení, které snižují hmotnostní rozdíly hejna na základě regulace množství krmiva pro jednotlivé jedince [23].

4 Metodika práce

4.1 Charakteristika farmy

Farma se nachází v nadmořské výšce 590 m. Areál je z velké části obklopen menšími lesy, zejména z jihu a severu, na východ od farmy se nachází pole a na západ areál jiné firmy. V areálu farmy je umístěno 8 výkrmových hal, z toho 2 jsou velkokapacitní a 6 jich je malokapacitních. Celková kapacita farmy činí 220 000 kuřat (maximální možná kapacita naskladnění je 226 000 kuřat). Velkokapacitní haly jsou orientovány podélnou stranou směrem na jih spolu se 3 malokapacitními halami. Zbývající 3 malokapacitní haly jsou delší stranou orientovány na jihovýchod. Přímé okolí hal tvoří udržovaná zatravněná plocha. Situace farmy s vyznačením přívodů a odvodů vzduchu u jednotlivých hal a jejich označením je zobrazena na obr. 7.

Obr. 7 Letecké foto areálu nejmenované farmy s vyznačením přívodů a odvodů vzduchu u jednotlivých hal a jejich označení



Zdroj: <https://mapy.cz/> – upraveno autorem

4.1.1 Malokapacitní haly

Výstavba malokapacitních hal probíhala mezi lety 1986–1997. Modernizace a rekonstrukce hal probíhá postupně od roku 2009 doposud (dle potřeby jednotlivých hal a možností farmy). V hale 1 proběhla rekonstrukce z velké části v roce 2010 (ventilace, podhled a technologie). Kapacita hal je 20 000 kuřat. Haly mají rozměry 12 x 84 m s výkrmovou

plochou 980 m², která zabírá většinu halového prostoru, zbytek tvoří velín. Stěny hal jsou zděné, výška stropu ve výkrmovém prostoru je 285 cm. Podhled je u většiny hal plechový zateplený, u haly 1 a 3 je tvořen PUR panelem. Konstrukce střechy je ocelová s plechovou krytinou. Půdní prostor je provětráván 16 střešními turbínami BIB 14.

Vytápění hal zajišťují 3 horkovzdušná topidla JET MASTER GP 70 s otevřeným plamenem o výkonu 70 kW, nacházející se v řadě za sebou na straně blíže nasávacím klapkám ventilace.

V halách se nachází příčně podtlakový systém ventilace. Nasávací klapky jsou rovnoměrně rozmístěny nad sebou ve dvou řadách v jedné z podélných stěn hal blíže k podlaze. Ve spodní řadě je 31 klapek Reventa (900 x 350 mm) a 45 klapek CL 1200 (615 x 325 mm) je ve vrchní řadě. Naproti klapkám jsou v hale 1 umístěny 4 ventilátory V 130 bez regulace otáček (1400 x 1400 mm) a 7 plynule řízených ventilátorů FC 063-6E (průměr 630 mm). V některých halách se nacházejí místo ventilátorů V 130 ventilátory EM 50 nebo V 140.

Osvětlení je zajišťováno 3 řadami podélně instalovaným LED osvětlením se stmíváním. Výjimkou je hala 1, kde jsou zářivky s teplým žlutým světlem a stmívajícím zařízením.

Součástí hal jsou 3 krmné linky s násypkami a 4 napájecí linky. V hale 1 je technologie firmy Pall a v ostatních halách firmy Big Duchmann.

Mikroklima v halách řídí automatická řídicí jednotka DR2 od firmy Möller. K měření hodnot vnitřního prostředí se používají 4 teplotní čidla, 1 vlhkostní čidlo, 1 čidlo na měření obsahu CO₂ a 1 čidlo na měření venkovní teploty.

4.1.2 Velkokapacitní haly

Výstavba 2 novějších hal (7 a 8) proběhla v roce 2016. Kapacita hal je 50 000 kuřat. Haly mají rozměry 23 x 103 m, s výkrmovou plochou 2 320 m², zbytek haly tvoří oddělený zděný přístavek (kotelna a velín). Konstrukce hal je ocelová, pro plášť hal jsou použity sendvičové panely s PIR jádrem a trapézový plech je krytinou střešní konstrukce.

Pro vytápění hal se využívá teplovodního potrubí uchyceného k podélným stěnám hal a 5 teplovodních topidel Calori-Air zavěšených ve středovém pásu haly. Vytápění teplovodního potrubí má na starosti plynový kotel na zemní plyn Logano plus GB402 (395 kW).

Haly jsou vybaveny podtlakovou ventilací systémem tzv. LPV ventilace (kombinace stropní ventilace s tunelovou ventilací). V bočních stěnách je rovnoměrně umístěno

pod stropem ve 2 řadách celkově 184 nasávacích klapek DA 1211 (600 x 250 mm), z vnější strany hal jsou kryty plechovým krytem (tlumí nárazy větru, zabraňuje pronikání světla a kryje před deštěm). V hřebenu střechy se nachází 12 odtahových komínů (4 jsou plynule řízené DA 600 LPC-13 a dalších 8 je typ DA 600-7) a ve štítu haly je 6 štítových ventilátorů DB 1400 s ochrannými a izolačními prvky.

Součástí velkokapacitních hal je vysokotlaké chlazení od firmy Kovobel LUBING Top Klima Systém LC-1. Odpařováním vytvořené vodní mlhoviny lze ochladit prostředí haly o 2–10 °C.

V halách jsou využívány 4 linie LED osvětlení (2 příčné a 2 podélné).

Krmení se provádí pomocí 5 krmných linek s 1 násypkou, ostatní krmné linky mají přímé plnění. Misková krmítka mají průměr 330 mm a využívají systém „kick-off“ pro přeplnění krmítek v úhlu 330° a „easy-clean“ pro snadné mytí. Napájení má na starosti 6 napájecích linek. Jedná se o níplové napáječky s podvěsnými mističkami. Krmné a napájecí linky jsou technologií firmy Ladmeco. Sila mají horizontální spojení, spodní část sil tvoří souměrný kužel a jsou vybavena tenzometry.

Mikroklima řídí počítač SKOV DOL 539, také analyzuje produkční ukazatele. K měření jsou používána 2 čidla na současné měření teploty a vlhkosti, 1 čidlo na měření CO₂, 1 alarmové teplotní čidlo, 2 nášlapné váhy na kuřata DOL 94 a 1 čidlo na měření venkovní teploty. Součástí hal je systém Farm-online, který umožňuje vzdálené řízení, monitorování, sledovat vývoj výkrmu, porovnávat jednotlivé turnusy a zobrazit aktuální i starší data.

4.1.3 Proces výkrmu

Výkrm na farmě je realizován na podestýlce. Používá se rovnoměrně rozmístěná rašelina ve vrstvě 1–2 cm.

Den naskladňování jednodenních kuřat je označován jako tzv. nultý den (další dny jsou tedy 1., 2., atd.). V nultý den je u kuřat kontrolován zdravotní stav, hmotnost a uniformita hejna za přítomnosti vedoucího farmy, zástupce líhni a veterinárního lékaře.

V průběhu výkrmu se v týdenních intervalech uskutečňuje kontrola růstové schopnosti (7., 14., 21. a 28. den). Za přítomnosti veterinárního lékaře je provedena kontrola zdravotního stavu a je individuálně váženo 50 kuřat v malokapacitních halách a 100 kuřat ve velkokapacitních.

Řízení teploty v halách se odvíjí od nastavené teplotní křivky pro daného hybrida. Pro začátek výkrmu jsou haly vytápěny na 33–35 °C. Během výkrmu se nastavené teploty postupně snižují. V nultý den odpovídá hodnota výše uvedenému rozsahu, 4. den je teplotní křivka nastavena na 32 °C, 7. den - 30 °C, 14. den – 28 °C, 21. den - 25 °C, 28. den - 22 °C a 35. den - 19 °C.

Chod všech technologií v halách mají na starosti jednotlivé řídicí jednotky. Kontrolují parametry měřených veličin. Podle aktuální situace a nastavených údajů (křivky teplot, relativní vlhkosti atd.) řídí jednotlivé technologie v halách.

V malokapacitních halách je ventilace regulovaná podle potřeby větrání ve 3 stupních. V 1. stupni ventilace pracuje 7 menších ventilátorů s plynulou regulací výkonu. Při zvýšené potřebě větrání se ventilace přepíná do 2. stupně ventilace, při kterém se přidá dvojice velkých ventilátorů umístěných v boční zdi blíže ke středu haly. Při nejvyšší potřebě větrání jsou zapnuté i zbývající 2 krajní velké ventilátory. Otevírání nasávacích klapek probíhá podle intenzity větrání od nastaveného minima do úplného otevření.

Ve velkokapacitních halách je ventilace regulovaná v 7 stupních. Do 32,6 % potřeby větrání jsou zapnuté 4 plynule regulovatelné odtahové komíny. Od 32,6–50 % potřeby větrání pracují spolu s nimi i 2 odtahové komíny. Při potřebě větrání 50–100 %, se přidá zbývajících 6 odtahových komínů. V následujících 4 stupních (označených jako 100-200 % potřeby ventilace) se připíná 6 štítových ventilátorů (1-2 podle nastavení jednotlivých stupňů ventilace). Princip činnosti nasávacích klapek je stejný jako u malokapacitních hal.

Technologie vytápění je ve všech halách spouštěná podle momentálních potřeb.

Ve velkokapacitních halách je oproti malokapacitním využíváno chlazení. Chlazení je spuštěné po překročení teploty vzduchu 29 °C, relativní vlhkost vzduchu v hale však nesmí přesáhnout 70 % (v tomto případě se zařízení samo vypíná). Zařízení pracuje v cyklu, během něhož probíhá 20 sekund vlhčení vzduchu a 30 sekund je pauza.

Režim osvětlení je realizován dle doporučení technologického postupu pro daného hybrida a doporučením veterinárního lékaře, v závislosti se zdravotním stavem kuřat. Dodržován je 24hodinový rytmus osvětlení, zahrnující minimálně jednu nepřetržitou 4hodinovou dobu z celkového času tmy, který je minimálně 6 hodin. Zmíněný rytmus musí být dodržen do 7 dnů od naskladnění až do 3 dnů před časem porážky. V průběhu využívání světelného režimu probíhá kontrola hejna, zejména se kontroluje, zda nedochází k poklesu

aktivity kuřat, snížení příjmu krmiva a vody. Nejpozději 4 dny před odchýtem na porážku se snižuje doba tmy o 1 hodinu každý den.

Krmivo se kuřatům dodává nepřetržitě způsobem ad libitum, díky plně automatizované technologii. V průběhu výkrmu se využívají 4 druhy granulovaného krmiva. Do 10. dne výkrmu se podává směs BR1, do 16. dne směs BR2A, do 28. dne BR2B a od 29. dne se podává směs BR3. Přístup k čerstvé a kvalitní vodě mají kuřata po celé výkrmové období. Spotřeba vody je kontrolována.

Vyskladnění se realizuje pomocí kombajnu. Kombajn s výsuvným ramenem je ovládán dálkovým ovladačem pracovníky, pásový dopravník přemísťuje kuřata na vyskladňovací vozíky vybaveny váhou. Vyskladňovacími vozíky jsou kuřata přesunuta k návěsu, do kterého se pomocí posuvné podlahy umístí. Kuřata jsou umístěna volně v jednotlivých patrech návěsu.

Ve 31-32 dnech věku kuřat je na farmě realizována tzv. předodebírka (z haly je odvezeno 25 % kuřat). Zbytek kuřat se vykrmuje do vyšší hmotnosti.

Celý výkrmový cyklus končí po vyskladnění mechanickou očištěnou, mokrou dezinfekcí, plynovou dezinfekcí a deratizací a poté je hala připravována pro další výkrmové období.

4.2 Metody měření

Vzhledem k možnostem farmy, porovnat 2 typy hal, byla pro potřeby práce zkoumána hala 1 (malokapacitní) zobrazena na obr. 8 a hala 7 (velkokapacitní) zobrazena na obr. 9. Haly jsou orientovány vůči světovým stranám stejně a jsou umístěny vedle sebe. Situace farmy je vidět na obr. 7, pro porovnání jsou tak zajištěny co možná nejpodobnější klimatické podmínky.

Obr. 8 Hala 1 - venkovní pohled



Zdroj: Ing. Martina Jurná

Obr. 9 Hala 7 - venkovní pohled



Z důvodu pandemie onemocnění Covid-19, bylo plánované měření externími přístroji zrušeno a použita byla pouze data zaznamenávaná čidly nacházejících se v areálu farmy.

Měření bylo uskutečněno v letním a zimním období. V každé ze zkoumaných hal byly naměřeny údaje ze 2 výkrmových turnusů, na farmě byl vykrmován hybrid Ross 308. V hale 1 byl měřen v létě výkrmový turnus v období 6. 7. 2020 – 11. 8. 2020 (naskladněno 19 500 kuřat) a v zimním období 2. 11. – 7. 12. 2020 (naskladněno 20 300 kuřat). V hale 7 byly data zaznamenávány v létě 10. 7. 2020 – 14. 8. 2020 (naskladněno 50 000 kuřat) a v zimním období 6. 11. – 10. 12. 2020 (naskladněno 50 500 kuřat).

Z každého dne výkrmu byla zaznamenána hodnota vnitřní teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a venkovní teploty vzduchu, naměřená v 7:00 ráno a v 15:00 odpoledne. Také byly zaznamenány ráno v 7:00 údaje úhynů, spotřeby vody a spotřeby krmiva. Dále 1x týdně v tzv. kontrolních dnech byla zaznamenána mezi 8-9 hodinou hodnota obsahu CO₂. V hale 7 navíc z důvodu novější technologie bylo možné zaznamenat každý den hodnotu hmotnosti kuřat (v hale 1 pouze v kontrolní dny) a odečíst spotřebu plynu.

Časy zaznamenávání klimatických údajů byly zvoleny pro potřebu porovnání chování farmy v nízkých a nejvyšších denních teplotách i vzhledem k možnostem a nastavení chodu farmy. Ale je třeba doplnit, že haly mají určitou tepelnou „setrvačnost“ a nejvyšších teplotních hodnot uvnitř haly bývá dosaženo kolem 17–18 hodiny.

Mikroklimatické parametry byly v halách měřeny ve výšce 50 cm. V hale 1 byla teplota měřena na 4 místech situovaných rovnoměrně ve středovém pásu haly. Měření relativní vlhkosti a obsahu CO₂ probíhalo ve středu haly. V hale 7 byla teplota s relativní vlhkostí měřena na 2 místech ve středovém pásu vzdálených od středu 1/3 haly. Obsah CO₂ byl měřen ve středu haly. Údaje z čidel zaznamenávaly řídicí jednotky jednotlivých hal. V případě měření více čidly zároveň, byla zpracovávána jejich průměrná hodnota (platí pro obě haly). Venkovní teplota byla měřena u každé haly na farmě v již zmíněné časy, zaznamenávala se nejnižší a nejvyšší naměřená denní teplota.

Následné zpracování naměřených dat bylo realizováno pomocí Microsoft Excel.

4.2.1 Měřicí přístroje

V malokapacitní hale 1 byla měření teploty vzduchu provedena pomocí 4 teplotních čidel ATM-2. Relativní vlhkost vzduchu byla měřena vlhkostním čidlem EE 160. Hodnoty obsahu CO₂ měřilo čidlo EE82-10C3. Naměřené hodnoty zaznamenávala řídicí jednotka MÖLLER DR2.

Ve velkokapacitní hale 7 byly hodnoty teplot a relativních vlhkostí vzduchu měřeny 2 čidly DOL 114 se spojenou funkcí měření obou veličin zároveň. Hodnoty obsahu CO₂ byly měřeny čidlem DOL 19 s rozsahem 0–10 000 ppm. Hodnoty hmotnosti byly zaznamenány pomocí 2 nášlapných vah DOL 94. Zaznamenávání hodnot se realizovalo řídicí jednotkou DOL 539 LPV+Broiler od Firmy SKOV. Venkovní teplota byla měřena čidly ATM-2.

4.3 Výpočtové metody (požadované průtoky vzduchu)

Výpočtové metody obsahují postup výpočtů požadovaných průtoků vzduchu v zimním, přechodovém období a letním období, dle normy ČSN 73 0543-2 - [25]. Výpočty požadovaných průtoků vzduchu jsou provedeny pro haly 1 a 7.

Výpočty byly realizovány pomocí programu PTC Mathcad Prime 3.1 a jsou uvedeny v příloze bakalářské práce.

4.3.1 Zimní a přechodové období

V zimním a přechodovém období je hlavním požadavkem na ventilaci zajistit odvod přebytečné vodní páry a škodlivých plynů. Proto je nejdříve nutné stanovit jejich produkci.

Ke stanovení produkce vodní páry je potřeba několik veličin. Průměrný počet zvířat odpovídá kapacitě dané haly. Hmotnostní tok vodní páry na 1 kW tepelného výkonu byl pro obě haly použit odpovídající hodnotě používanému palivu v halách (zemní plyn). Výkon plynového vytápění bez odvodu spalin odpovídá výkonu vytápění v odpovídající hale. Poslední potřebnou veličinou je celková produkce vodní páry vztažená na 1 zvíře (zahrnující i odpar z mokřých ploch), k jejímu výpočtu je nutné zjistit produkci vodní páry 1 zvířete. Produkci vodní páry 1 zvířete v tomto případě nelze pouze odečíst z tabulek normy, jelikož pro uvažovanou hodnotu hmotnosti 1 kuřete na konci výkrmu (2,1 kg) není hodnota v normě uvedena. Produkci vodní páry 1 zvířete \dot{m}_d vypočítáme pomocí interpolace, dosazením do obecného vztahu (1), hodnoty potřebné k výpočtu jsou z normy odečteny na základě výpočtové teploty stájového vzduchu, $t_i = 20$ °C.

$$\dot{m}_i = \dot{m}_{i1} + \frac{\dot{m}_{i2} - \dot{m}_{i1}}{m_{z2} - m_{z1}} \cdot (m_z - m_{z1}) \quad [\text{mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}] \quad (1)$$

kde: \dot{m}_i je hledaná hodnota produkce vodní páry 1 zvířete, $\text{mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$;

\dot{m}_{i1} hodnota produkce vodní páry 1 zvířete uvedená v normě (odpovídá nižší hmotnosti zvířete), $\text{mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$;

\dot{m}_{i2} hodnota produkce vodní páry 1 zvířete uvedená v normě (odpovídá vyšší hmotnosti zvířete), $\text{mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$;

m_z hmotnost 1 zvířete, pro kterou hledáme hodnotu produkce vodní páry 1 zvířete, kg;

m_{z1} hmotnost 1 zvířete nižší než požadovaná, pro kterou je v normě uvedena hodnota produkce vodní páry 1 zvířete, kg;

m_{z2} hmotnost 1 zvířete vyšší než požadovaná, pro kterou je v normě uvedena hodnota produkce vodní páry 1 zvířete, kg.

Celkovou produkci vodní páry vztaženou na 1 zvíře, potom lze vypočítat, podle vztahu (2).

$$\dot{m}_{do} = o \cdot \dot{m}_d \cdot f_4 \quad [\text{mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}] \quad (2)$$

kde: o je korekce pro zahrnutí odparu z mokrých ploch do produkce vodních par, $o = 1,4$;

\dot{m}_d viz vztah (1);

f_4 korekce biologických produkcí kuřat ve výkrmu a dávky vzduchu, $f_4 = 1,3$.

Produkci vodní páry \dot{M}_d následně stanovíme ze vztahu (3).

$$\dot{M}_d = (Z \cdot \dot{m}_{do} + \dot{m}_{dt} \cdot \dot{Q}_{15}) \cdot 10^{-3} \quad [\text{g} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3)$$

kde: \dot{m}_{dt} je hmotnostní tok vodní páry na 1 kW tepelného výkonu, $\dot{m}_{dt} = 45 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$;

\dot{Q}_{15} výkon plynového vytápění bez odvodu spalin, kW;

\dot{m}_{do} viz vztah (2);

Z průměrný počet zvířat, ks.

Dále je nutné stanovit hodnoty měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu. Měrná vlhkost vnějšího vzduchu byla použita z tabulky venkovního vzduchu nacházející se v normě ($x_e = 0,88 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.}$). Hodnota odpovídá výpočtové teplotě vnějšího vzduchu uvedené normou ($-15 \text{ }^\circ\text{C}$). Hodnota vnitřní měrné vlhkosti x_i se vypočítá dle vztahu (4).

$$x_i = 662 \cdot \frac{\varphi_i p_p''}{p_a - \varphi_i p_p''} \quad [\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.}] \quad (4)$$

kde: φ_i je výpočtová hodnota relativní vlhkosti ve stáji, $\varphi_i = 0,55$;

p_p'' parciální tlak syté páry vzduchu, pro hodnotu t_i – odečten z tabulek syté páry 2 338,8 Pa, Pa;

p_a atmosférický tlak, dle normy 98 000 Pa.

Rozdíl měrných vlhkostí se určí ze vztahu (5).

$$\Delta x_{ie} = x_i - x_e \quad [\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.}] \quad (5)$$

kde: x_e je měrná vlhkost vnějšího vzduchu, $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.}$;

x_i viz vztah (4).

Následně lze stanovit hmotnostní průtok čerstvého vzduchu \dot{M}_{vd} pro odvod vodní páry ze vztahu (6).

$$\dot{M}_{vd} = \frac{\dot{M}_d}{\Delta x_{ie}} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

kde: \dot{M}_d viz vztah (3)

Δx_{ie} viz vztah (5)

Odvod škodlivých plynů z haly se počítá jako odvod oxidu uhličitého. „Vychází se z předpokladu, že při větrání s výkonem větším než nutným pro odvod CO_2 a při dodržení technologické kázně ve stájovém prostoru jsou dodrženy koncentrace i ostatních plynných škodlivin [25, s. 8].“ Pro stanovení jeho produkce je potřeba stanovit několik veličin. Produkce oxidu uhličitého 1 zvířete odpovídá uvažované hmotnosti zvířete, v tomto případě je nutné hodnotu vypočítat pomocí interpolace, dle vztahu (1). Hmotnostní tok oxidu uhličitého na 1 kW tepelného výkonu je vztažen k používanému palivu v halách (zemní plyn). Následně lze produkci CO_2 vypočítat, dle vztahu (7).

$$\dot{M}_u = Z \cdot \dot{m}_u \cdot f_4 + \dot{m}_{ut} \cdot \dot{Q}_{15} \quad [\text{mg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

kde: \dot{m}_u je produkce oxidu uhličitého 1 zvířete, $\text{mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$;

\dot{m}_{ut} hmotnostní tok oxidu uhličitého na 1 kW tepelného výkonu, $\dot{m}_{ut} = 55 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$;

Z viz vztah (3);

f_4 viz vztah (2);

\dot{Q}_{15} viz vztah (3).

Hmotnostní průtok čerstvého vzduchu \dot{M}_{vu} pro odvod oxidu uhličitého se vypočítá pomocí vztahu (8).

$$\dot{M}_{vu} = \frac{\dot{M}_u}{K_{ut} - K_{ue}} \cdot \rho_i \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

kde: K_{ui} je výpočtová koncentrace oxidu uhličitého ve stájovém vzduchu, dle normy 4500 mg · m⁻³;

K_{ue} koncentrace CO₂ ve venkovním vzduchu, průměrná hodnota je 550 mg · m⁻³;

ρ_i hustota stájového vzduchu, $\rho_i = 1,183 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (hodnota odečtena z psychometrického diagramu podle Molliera v závislosti na relativní vlhkosti a teplotě stájového vzduchu);

\dot{M}_u viz vztah (7).

Výsledný požadovaný průtok čerstvého vzduchu \dot{M}_v pro zimní a přechodové období je větší hodnota z již stanovených průtoků čerstvého vzduchu pro odvod vodní páry \dot{M}_{vd} a pro odvod oxidu uhličitého \dot{M}_{vu} – vztah (9).

$$\dot{M}_v = \max(\dot{M}_{vd}; \dot{M}_{vu}) \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (9)$$

kde: \dot{M}_{vd} viz vztah (6);

\dot{M}_{vu} viz vztah (8).

Pro potřeby porovnání a přehlednosti výsledků je nutné převést hmotnostní průtok pomocí hustoty stájového vzduchu na objemové průtoky čerstvého vzduchu \dot{V}_v pomocí vztahu (10).

$$\dot{V}_v = \frac{\dot{M}_v}{\rho_i} \cdot 3600 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (10)$$

kde: \dot{M}_v viz vztah (9);

ρ_i viz vztah (8).

4.3.2 Letní období

V letním období jsou nároky na ventilaci dány zejména odvodem přebytečného tepla. Doporučené dávky větracího vzduchu na 1 zvíře je možné vypočítat ze vztahu (11).

$$\dot{m}_{vmax} = b \cdot m_z^d \cdot 10^{-3} \cdot f_4 \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}] \quad (11)$$

kde: m_z je hmotnost jednoho zvířete, $\text{kg} \cdot \text{ks}^{-1}$;

b, d jsou konstanty stanovené pro jednotlivé druhy zvířat, $b = 1,8$ a $d = 0,72$;

f_4 viz vztah (2).

Před konečným výpočtem potřebného průtoku vzduchu je potřeba stanovit činitele závislého na hmotnosti stavby – hala 1 spadá do kategorie středně těžkých staveb (činitel je roven 0,9) a hala 7 do kategorie lehkých staveb (činitel je roven 1).

Celkový průtok čerstvého vzduchu pro odvod tepla \dot{M}_{vmax} v letním období se vypočítá ze vztahu (12).

$$\dot{M}_{vmax} = y \cdot Z \cdot \dot{m}_{vmax} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (12)$$

kde: y je činitel závislý na hmotnosti stavby;

Z viz vztah (3);

\dot{m}_{vmax} viz vztah (11).

Následně je nutné převést výsledek hmotnostního průtoku na objemový průtok čerstvého vzduchu v letním období, dle vztahu (13).

$$\dot{v}_{vmax} = \frac{\dot{M}_{vmax}}{\rho_i} \cdot 3600 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (13)$$

kde: \dot{M}_{vmax} viz vztah (12);

ρ_i viz vztah (8).

5 Výsledky a diskuse

První část této kapitoly je věnována zhodnocení vnitřního prostředí v halách 1 a 7 pomocí naměřených hodnot. Ve druhé části je porovnání vypočítaných potřebných průtoků vzduchu s výkonností ventilátorů instalovaných v halách. Třetí část práci doplňuje o další poznatky ze zkoumané farmy.

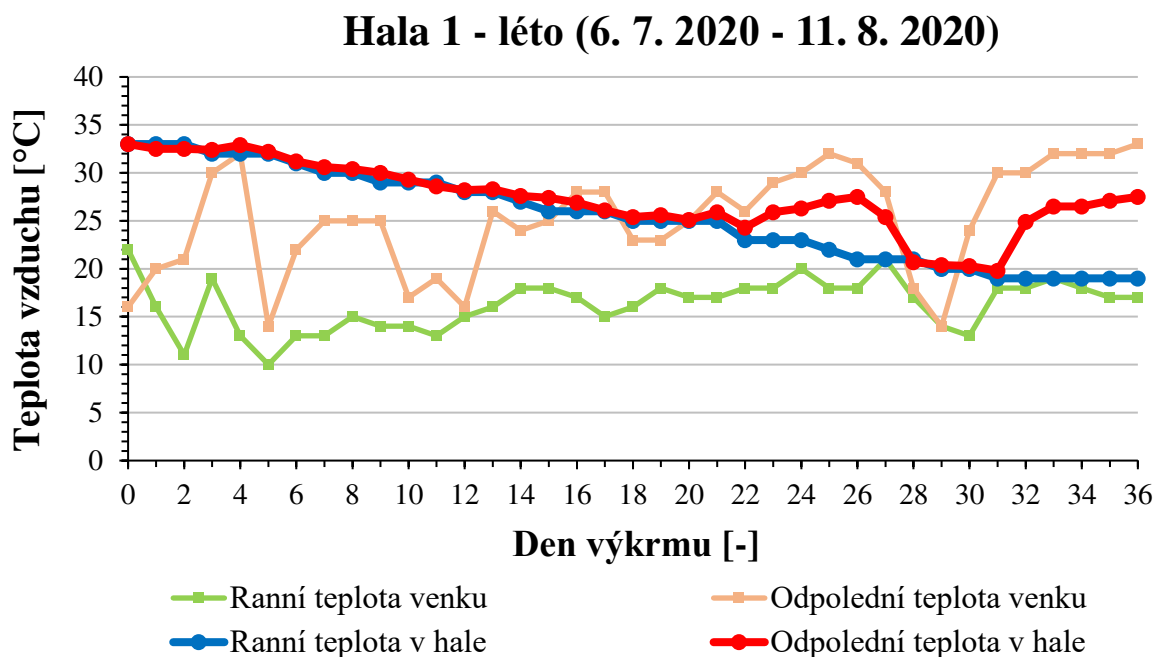
5.1 Analýza naměřených hodnot

Hlavní část analýzy, grafické zpracování naměřených hodnot v letním i zimním období, tvoří několik skupin grafů. U obou zkoumaných hal (hala 1 a 7), lze grafické zpracování rozdělit na grafy věnující se teplotám vzduchu, relativním vlhkostem vzduchu a údajům o kuřatech. Grafické zpracování údajů o kuřatech bylo zařazeno především pro dokreslení celkového průběhu jednotlivých turnusů, podrobnější analýze zootechnických parametrů na zkoumané farmě se věnovala paní Ing. Martina Jurná ve své bakalářské a následně diplomové práci - [26][27]. Dále byla farma v minulosti zkoumána i z pohledu hluku, jednalo se o bakalářskou práci a diplomovou práci pana Ing. Marka Tůmy - [28][29]. Grafické zpracování měřených parametrů haly 7 je navíc doplněno o graf spotřeb plynu. U haly 1 se spotřeby energií, jak již bylo zmíněno, nevidují jednotlivě pro danou halu. Dále se ve výsledcích objevují tabulky s obsahy oxidu uhličitého, které jsou v práci zahrnuty pro kontrolu dodržení únosných mezí obsahů škodlivých plynů. Tím je částečně ověřena i činnost řídicích jednotek, které mají přípustnou mez udržovat.

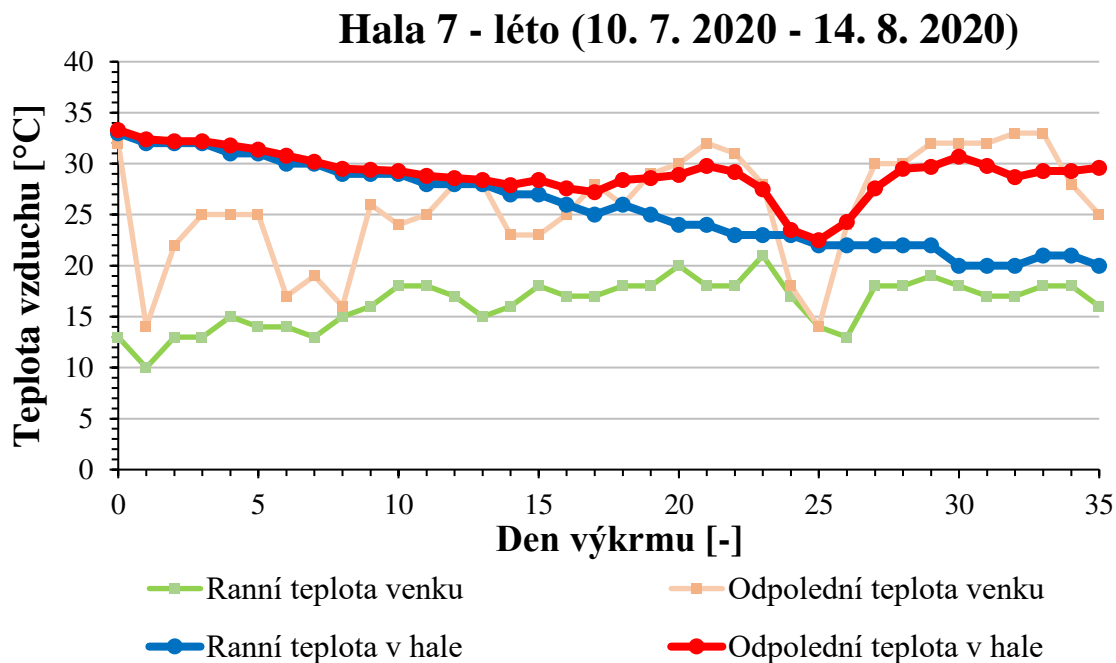
Nutné je také poznamenat, že výkrm ve velkokapacitní hale 7 začíná vždy o 4 dny později než v malokapacitní hale 1, porovnání hal je tedy částečně zkresleno neustále měnícím se počasím.

5.1.1 Teploty vzduchu

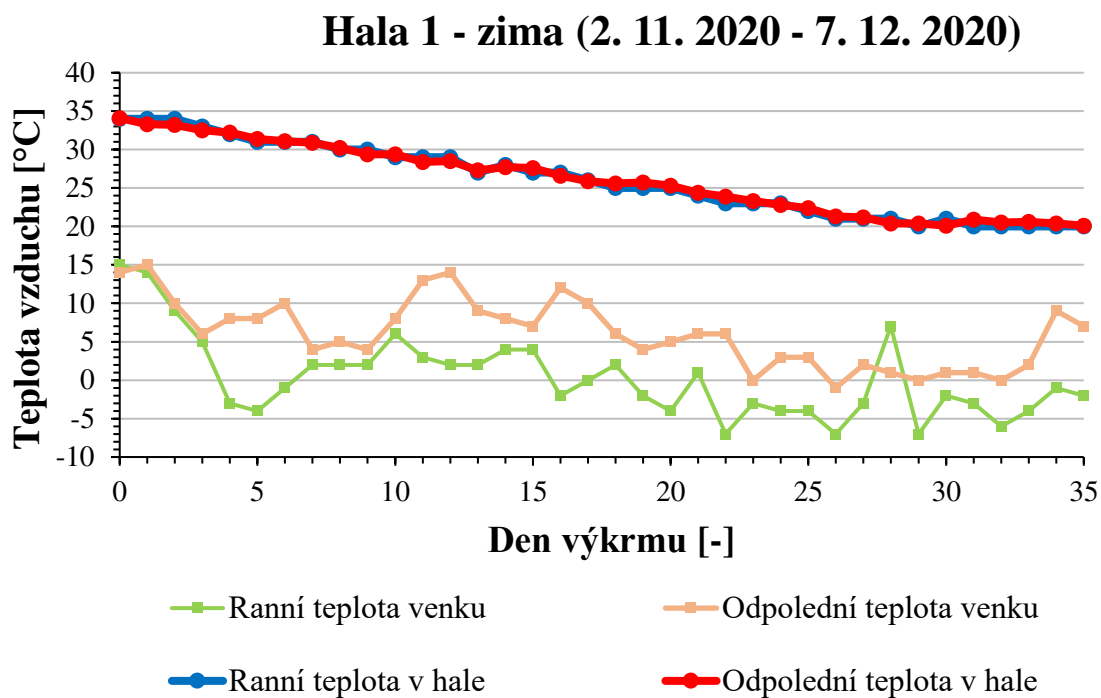
Graf 1 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C z letního období (hala 1)



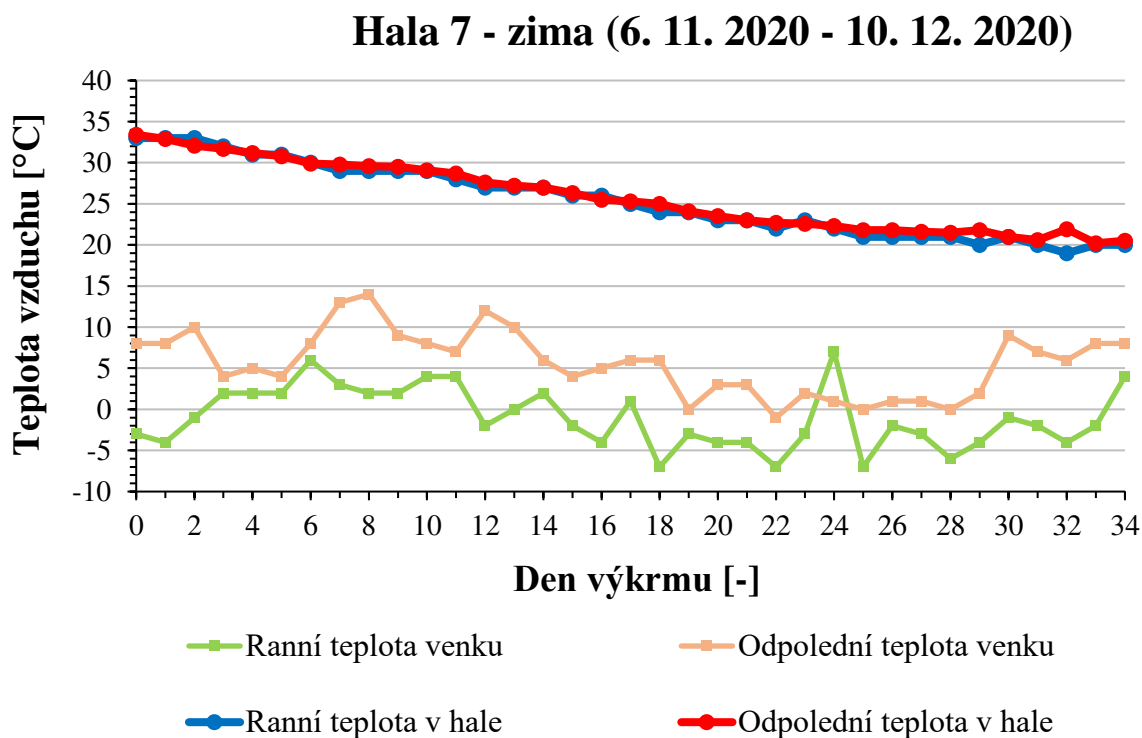
Graf 2 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C z letního období (hala 7)



Graf 3 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C ze zimního období (hala 1)



Graf 4 Naměřené teploty venkovního a vnitřního vzduchu ve °C ze zimního období (hala 7)



Z teplotních hodnot vzduchu pro halu 1 z letního období na výše uvedeném grafu 1, lze vidět, že do 22. dne výkrmu se křivky vnitřních ranních a odpoledních teplot významně neliší. Mezi 22.-28. dnem výkrmu vnitřní ranní teploty pokračovaly v klesajícím trendu, odpolední teploty však vzrostly až na rozdíl 6,5 °C oproti ranním teplotám. Mezi 28.–31. dnem se opět křivky vnitřních teplot překrývají, ale v následujících dnech odpolední teploty znova narůstaly. Celkově křivky vnitřních teplot kopírují nastavenou teplotní křivku uvedenou v kapitole „Proces výkrmu“ (4.1.3) s rozdílem do 1 °C, kromě uvedených dní, kdy odpolední teploty dosahovaly vyšších hodnot (nejvyšší naměřená teplota odchylovající se od teplotní křivky byla 27,5 °C). Venkovní teploty kolísaly s celkovým rostoucím trendem nejvyšší teplota byla 33 °C 36. den výkrmu.

Graf 2 zobrazuje letní teploty vzduchu pro halu 7. Je zde patrný stejný průběh venkovních teplot jako v případě haly 1 (den 0-32). Ve zbytku výkrmu venkovní teploty klesaly. Výkrm v hale 7 začal na ranní teplotě 33 °C, respektive odpolední 33,3 °C. Do 14. dne ranní i odpolední teploty klesaly s minimálním rozdílem do 0,9 °C, následně se rozdíl mezi teplotami zvyšoval (ranní teplota dále klesala, odpolední zastavila svůj pokles a začala růst). Ve 24. a 25. dnu výkrmu odpolední teplota klesla na hodnotu ranní teploty, následně opět vzrostla. Od 28. dne se odpolední teplota držela pod hranicí 30 °C, kterou přesáhla 30. den hodnotou 30,7 °C. Při porovnání vnitřních teplot s teplotní křivkou nastavenou v hale je možné zjistit, že ranní teploty kopírovaly nastavené hodnoty s minimálním rozdílem (do 1 °C), ale odpolední teploty byly výrazně vyšší právě v již výše zmíněné dny, kdy se odchylovaly od teplot ranních. V posledním dnu výkrmu činil rozdíl 10,6 °C od nastavené hodnoty.

Při porovnání obou hal v letním období můžeme říct, že na první pohled se pohybovaly vnitřní teploty v halách velmi podobně. V hale 7 (graf 2) začaly nárůsty teplot dříve a také jsou vyšší, než tomu bylo u haly 1 (graf 1). Rychlejší nárůst mohl být způsoben posunutím začátku výkrmu a tím, že působily na halu 7 dříve vyšší venkovní teploty. V hale 7 byly tedy rozdíly vnitřních a venkovních odpoledních teplot menší. Tyto vyšší nárůsty a menší rozdíly mohou být v hale 7 způsobeny větší plochou střechy, která absorbuje teplo ze slunečního záření. U haly 1 je plocha střechy menší a výkrmový prostor je od ní oddělen půdním prostorem. Půdní prostor je navíc odvětráván střešními turbínami, které tak pomáhají snižovat teplo pronikající do vnitřních prostor haly. Dalším pozitivem haly 1, který může pomáhat v létě proti vysokým teplotám a v zimě naopak proti mrazu je větší tepelná setrvačnost způsobená masivnějším typem obvodového zdiva. Následně může mít vliv větší množství vzduchu v hale 7 na rychlost regulace teploty řídicím systémem (snižování a zvyšování teplot trvá déle).

Při výkrmu na přelomu listopadu a prosince dosahovaly vnitřní ranní a odpolední teploty vzduchu, zobrazené na grafu 3 v hale 1 téměř stejných hodnot. Největší rozdíl byl 0,9 °C. Teploty se rovnoměrně snižovaly od ranních 34 °C, respektive odpoledních 34,1 °C do ranních 20 °C a odpoledních 20,1 °C. Teploty odpovídaly nastavené teplotní křivce, největší odchylka byla naměřena z kontrolních dní 35. den (1,1 °C). Nejvyšší venkovní teplota byla 15 °C a nejnižší -7 °C. Venkovní teploty kolísaly do 32. dne spíše klesavým trendem, následně byl trend rostoucí.

Na grafu 4 je zobrazen klesající trend vnitřních teplot v hale 7 v průběhu zimního výkrmového období. Na začátku výkrmu byla vnitřní ranní hodnota teploty 33 °C a odpolední 33,4 °C (nejvyšší naměřená teplota). Hodnoty ranních a odpoledních vnitřních teplot byly v rozdílu do 0,9 °C, kromě 32. dne (odpolední teplota byla o 2,9 °C vyšší než ranní). V naposledy zmíněném dnu byla také naměřena nejnižší teplota uvedeného turnusu (19 °C). Ve srovnání s nastavenou teplotní křivkou v hale byly teploty vyjma nultého dne nižší maximálně o 2 °C. Venkovní teploty byly do 31. dne stejné jako od 4. dne výkrmu v hale 1 (viz graf 3). Poslední dny výkrmu ranní teploty stouply nad 0 °C, odpolední mírně vzrostly na 8 °C.

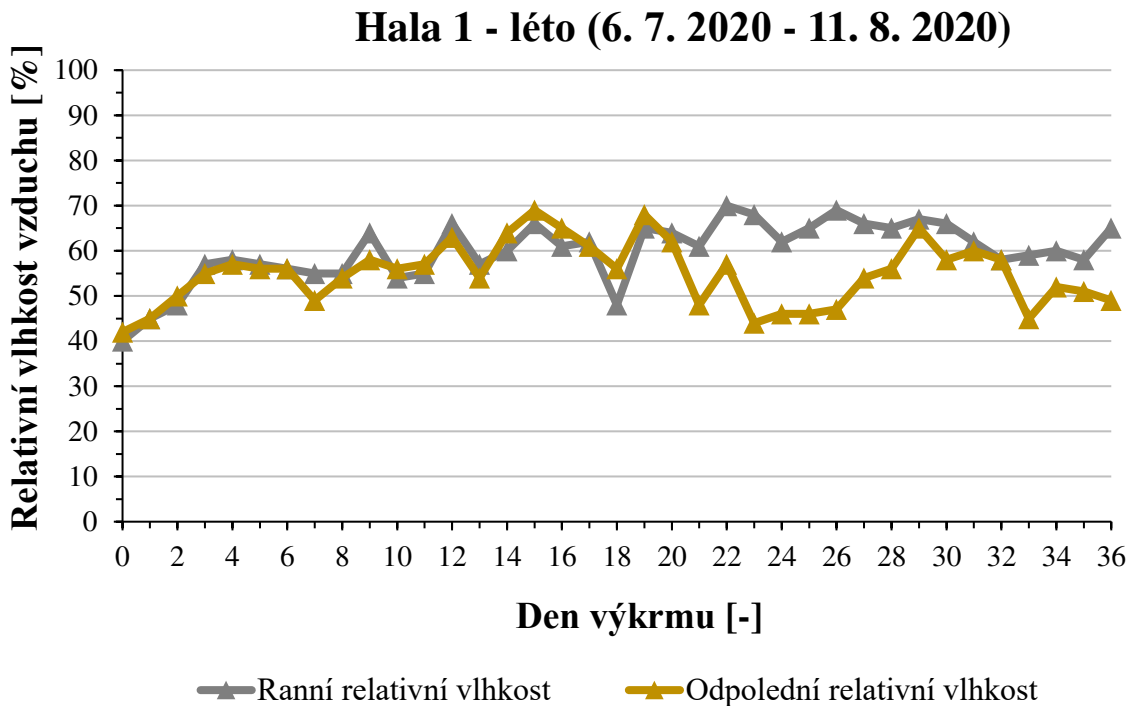
Vnitřní teploty v zimním období u obou hal se zdají téměř totožné. Není sledován výrazný rozdíl. Hodnoty jsou zobrazeny v grafech 3 a 4.

Co se týče srovnání letních a zimních teplot v halách 1 a 7 (graf 1, 2, 3 a 4) lze říct, že ranní teploty v obou obdobích venkovní teploty neovlivňují, křivky tak korespondují s nastavenou teplotní křivkou. Tento jev je možný vidět i u teplot odpoledních v zimním období. V letním období odpolední teploty narůstaly v případě, když došlo k zvýšení venkovních teplot nad nastavenou hodnotu teplotní křivky. Proto je možné poznamenat, že pokud jsou venkovní teploty nižší než nastavené, regulace teploty v halách probíhá správně. To ukazuje na správný chod vytápěcího systému. Ale je potřeba zdůraznit, že pro 100 % ověření by bylo vhodnější celodenní měření teplot, navíc v období nejnižších teplot, které se v dané oblasti mohou vyskytnout. Nárůsty vnitřních teplot podporuje také růst kuřat a je patrné, že ventilační systémy nedokážou nárůstům zabránit. Nemusí to znamenat nepohodu kuřat, jelikož záleží především na pocitové teplotě kuřat. Do hal je přiváděn teplý vzduch, teplota se tak zvyšuje, ale díky vytvoření rychlejšího proudu vzduchu vnímají kuřata teplotu jako nižší, než ve skutečnosti je. Proto by mohlo být zajímavé hodnoty pocitových teplot získat. Teplotu v hale lze snížit chlazením, které v hale 7 muselo být několikrát během letního výkrmu spuštěno. Ventilace totiž nedokázala potlačit zvyšování teplot nad 29 °C. Jak je vidět,

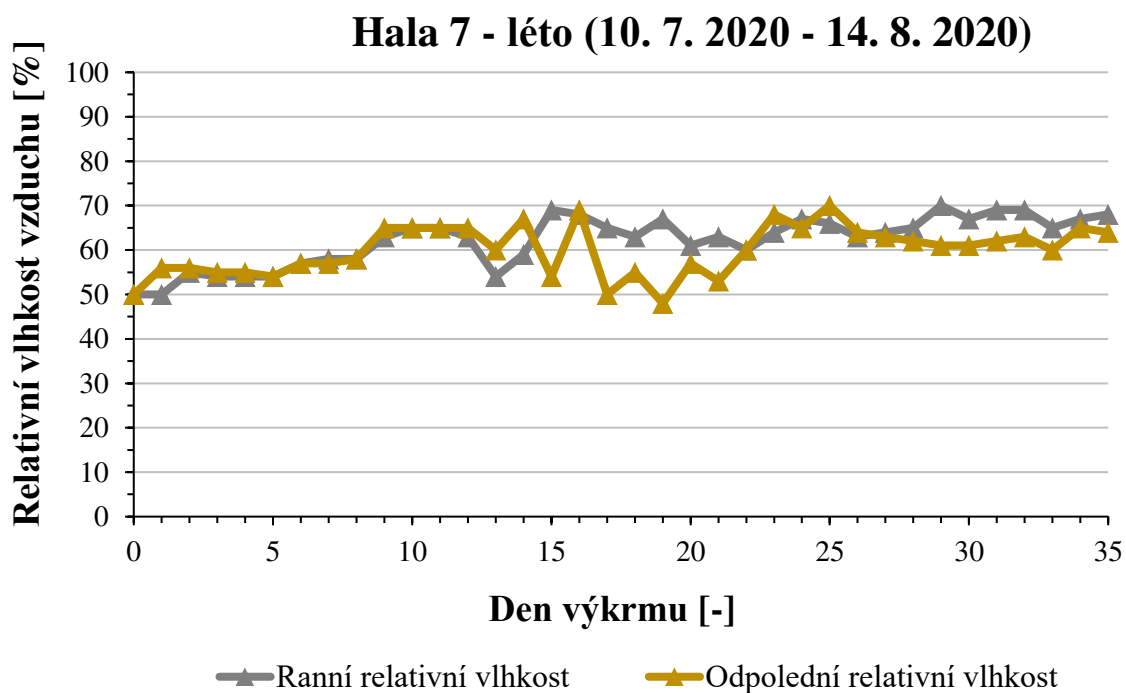
tak chlazení také nedokáže ihned zamezit dalšímu zvyšování teplot přes zmíněnou hranici (teploty stoupaly i nad 30 °C).

5.1.2 Relativní vlhkosti vzduchu

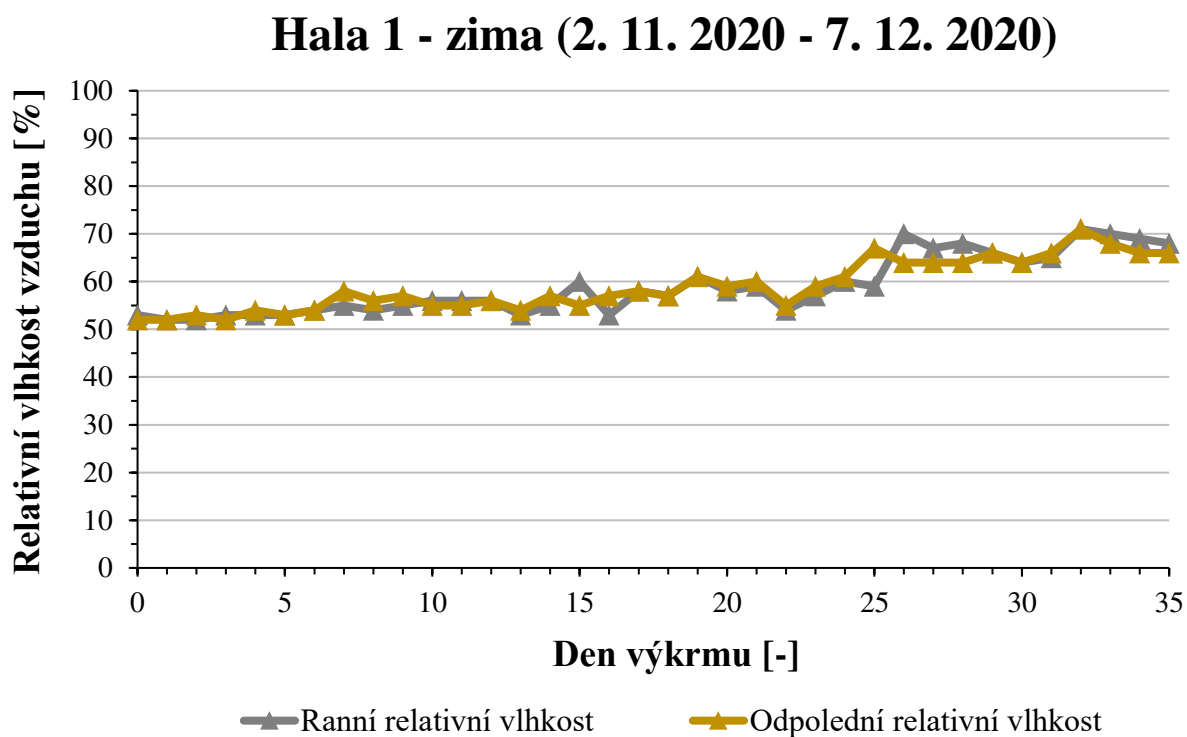
Graf 5 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % z letního období v hale 1



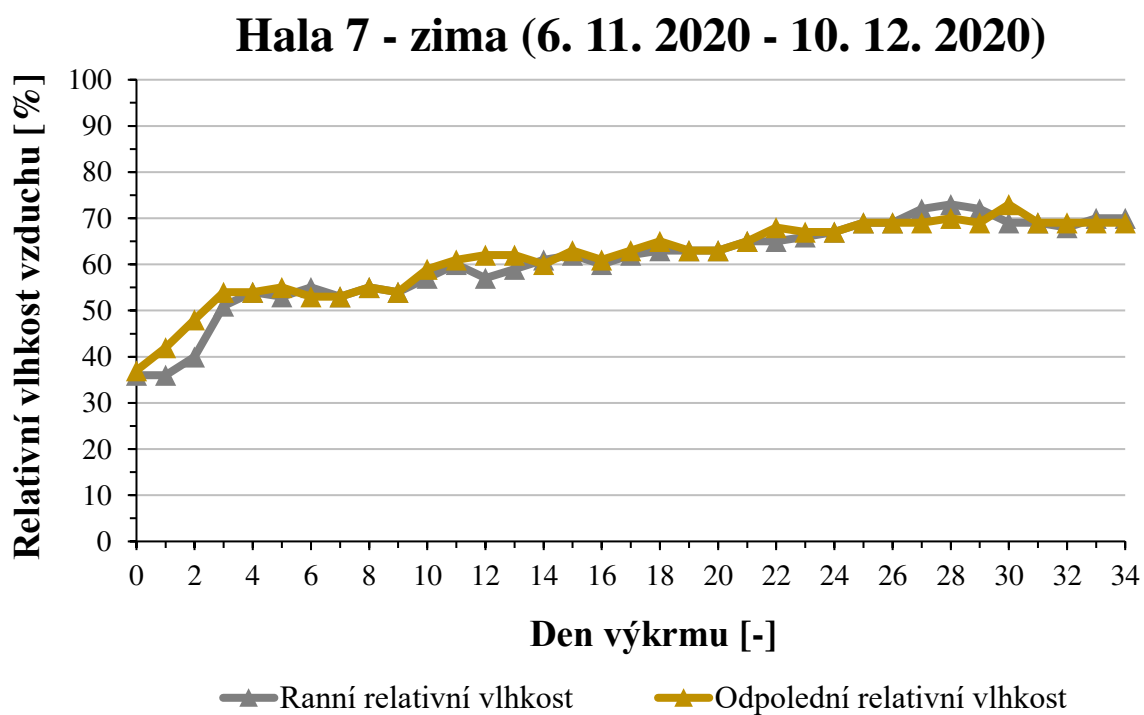
Graf 6 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % z letního období v hale 7



Graf 7 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % ze zimního období v hale 1



Graf 8 Naměřené relativní vlhkosti vzduchu v % ze zimního období v hale 7



V grafu 5 je zobrazen na první pohled patrný kolísavý trend letních hodnot relativních vlhkostí v hale 1. Celkově se dá říct, že hodnoty ranních relativních vlhkostí v průběhu výkrmu zvyšovaly svou hodnotu. U křivky odpoledních relativních vlhkostí tomu tak není. Na začátku výkrmu v den naskladnění (den 0) měla relativní vlhkosti nejnižší hodnoty, ráno byla hodnota 40 % a odpoledne stoupla na 42 %. Do 4. dne ranní i odpolední hodnoty rostly, následně začaly kolísat mezi 50–70 %, tedy dostávat se více k optimálním hodnotám uvedených v kapitole „Vnitřní prostředí haly“ (3.1.3). Výraznější odchýlení od zmíněného rozsahu bylo zaznamenáno mezi 23.-26. dnem výkrmu a 33. den výkrmu, kdy odpolední hodnoty klesly až na 44 %. Ranní a odpolední křivky relativních vlhkostí vykazovaly do 19. dne podobný průběh. Následující dny byl u odpoledních hodnot pozorován výrazný pokles, naopak ranní hodnoty dosáhly svého maxima. Mezi 29.-32. dnem se rozdíl hodnot snížil a další dny opět narostl.

V létě relativní vlhkosti vzduchu uvnitř haly 7 začínaly v nultý den na hodnotě 50 % (graf 6). Do 12. dne v několika dnech zvýšily relativní vlhkosti svou hodnotu na vyšší procentuální úroveň a pár dní v ní setrvaly. Po zmíněnou dobu se ranní i odpolední hodnoty lišily minimálně (do 2 %), s výjimkou 1. dne (o 6 %). Následující dny odpolední relativní vlhkost střídavě klesala a rostla. Ranní relativní vlhkost nejdříve klesla na 54 % (13. den), další dny vzrostla na 69 % a následně kolísala v optimu mezi 60–70 % (hodnoty 70 % dosáhla pouze 29. dne). Odpolední hodnoty relativní vlhkosti od 22. dne také kolísaly v rozsahu zmíněném u ranních hodnot. Hranice 70 % bylo dosaženo pouze 25. den. Pod 50 % relativní vlhkost, která by měla být spodní mezí uvedenou v kapitole „Vnitřní prostředí haly“ (3.1.3), klesla pouze odpoledne 19. den výkrmu na hodnotu 48 %.

Při porovnání obou hal v letním období z pohledu relativních vlhkostí (graf 5 a 6), vypadá lépe průběh v hale 7. V hale 1 byly výkyvy během dne větší ke konci výkrmu a několikrát klesly hodnoty ztelně pod 50 % relativní vlhkosti.

Hodnoty relativních vlhkostí v zimním období v hale 1 na grafu 7 měly rostoucí průběh v rozsahu 52–71 %. Hodnota 70 % relativní vlhkosti byla překročena 32. den ráno i odpoledne – vzduch byl vodní parou nasycen ze 71 %. Ranní a odpolední hodnoty se významně nelišily.

Trend průběhu vnitřních relativních vlhkostí ze zimního období v hale 7 zobrazený v grafu 8, byl rostoucí. V nultý den výkrmu byl ráno vzduch nasycen vodní parou pouze z 36 % a odpoledne z 37 %. Hodnoty převyšující 50 % nasycení, byly dosaženy 3. den výkrmu. Uvedená nízká relativní vlhkost značí sušší vnitřní prostředí, než je požadováno za vhodné.

Z dat v grafu 8 je také patrné, že v závěru výkrmu byla několikrát překročena hodnota 70 % relativní vlhkosti, tedy hodnoty byly zase naopak vyšší než optimální.

Při vzájemném srovnání relativních vlhkostí v halách v zimním období z grafů 7 a 8, dosáhla lepšího průběhu hala 1. V hale 7 byl zejména problematický začátek výkrmu z důvodu uvedeného výše.

Při srovnání letního a zimního období byl u relativních vlhkostí v hale 1 zobrazených na grafech 5 a 7 průběh v zimním období klidnější než v letním. V letním hodnoty několikrát poklesly pod 50 % relativní vlhkosti a jednou se dostala hodnota na 70 %. V zimním období se hodnoty relativní vlhkosti dostaly akorát 2 dny nad 70 %. Obecně může být snižování relativních vlhkostí způsobené nárůstem odpoledních teplot, vzduch je schopen přijmout větší množství vodní páry a tím dochází k poklesu relativní vlhkosti vzduchu. Průběhy však v tomto případě zcela neodpovídaly nárůstu teplot, může to být způsobeno mírou nasycení venkovního vzduchu, který vstupuje do haly. Také zvyšující produkce vodní páry od rostoucích kuřat může s uvedeným jevem souviset. Ze srovnání relativních vlhkostí zimního a letního období v hale 7 (graf 6 a 8) bylo naopak na začátku zimního období velmi suché prostředí a ke konci výkrmu naopak hodnoty dosahovaly 70 % nasycení i několikrát uvedenou hranici překonaly. Zajímavé by bylo znát nastavenou křivku v řídicích jednotkách hal, nicméně můžeme ventilační systémy označit za schopné zajistit odvod přebytečné vlhkosti, nejvyšší naměřené hodnoty totiž významně nepřesahovaly horní hranici optima (70 %). Nebyl pozorován výrazný nárůst relativní vlhkostí, způsobený chladícím systémem v hale 7 v dny jeho zapnutí. Nabízí se zde spíše otázka, jestli probíhá správně tvorba mlhoviny a kuřata nejsou neodpařenými kapkami zvlhčována. Pro ověření by muselo být provedeno další zkoumání.

5.1.3 Průměrné teploty a relativní vlhkosti vzduchu

Tab. 1 Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky naměřených teplot a relativních vlhkostí vzduchu

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky			Ranní teplota [°C ± s _x]	Odpolední teplota [°C ± s _x]	Ranní relativní vlhkost [% ± s _x]	Odpolední relativní vlhkost [% ± s _x]
Léto	Venku	Hala 1	16,3 ± 2,6	25,2 ± 5,5		
		Hala 7	16,3 ± 2,3	25,9 ± 5,3		
	Uvnitř	Hala 1	25,5 ± 4,7	27,4 ± 3,5	59,8 ± 6,7	54,9 ± 6,9
		Hala 7	25,8 ± 4	29,1 ± 2,2	62,2 ± 5,6	60 ± 5,5
Zima	Venku	Hala 1	0,3 ± 5,2	6,1 ± 4,3		
		Hala 7	-1 ± 3,7	5,6 ± 3,7		
	Uvnitř	Hala 1	26 ± 4,7	26,1 ± 4,5	59 ± 6	59,1 ± 5,2
		Hala 7	25,4 ± 4,4	25,8 ± 4,1	60,5 ± 9,4	61,4 ± 8,2

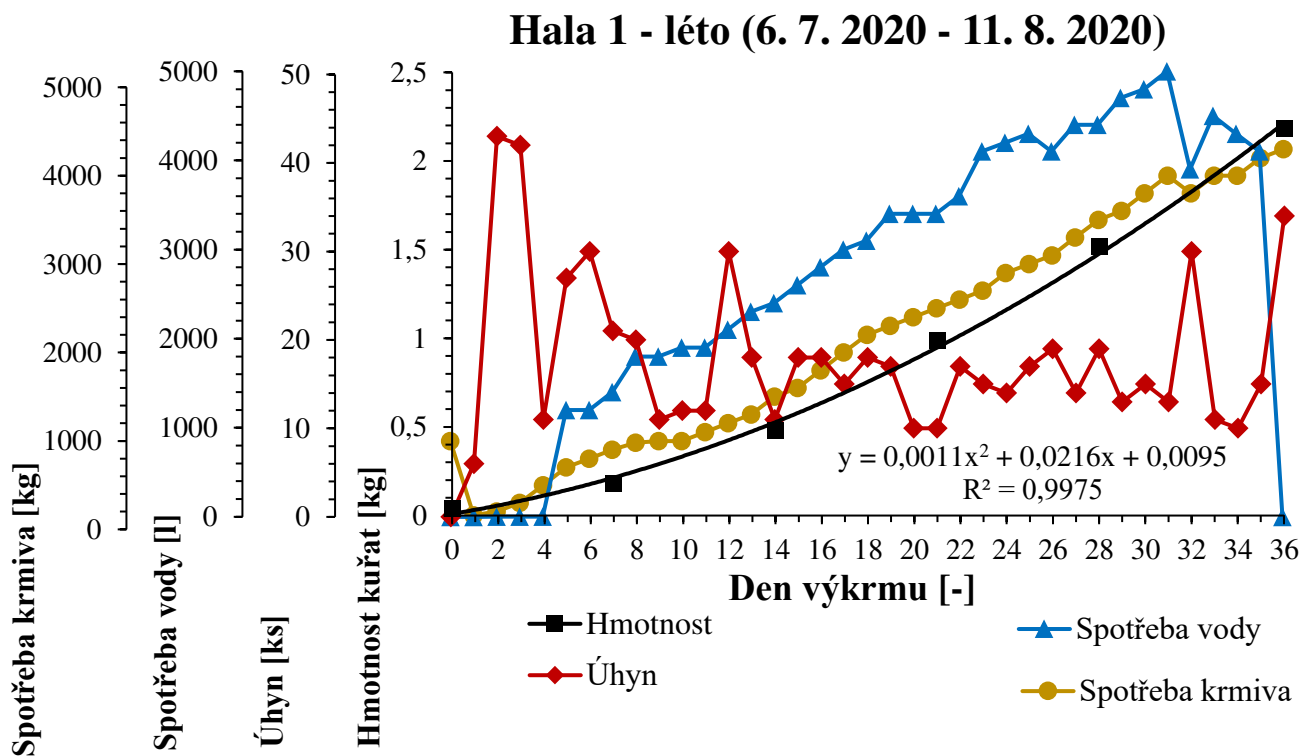
Uvedená tab. 1 zobrazuje průměry naměřených teplot a relativních vlhkostí vzduchu spolu s odpovídajícími směrodatnými odchylkami. Je zde vidět, že v letním období jsou si průměrné ranní teploty v halách 1 a 7 velmi podobné (v hale 7 je o 3 desetiny vyšší průměrná teplota a zase o 0,7 nižší směrodatná odchylka). Odpolední průměrná teplota byla v hale 7 vyšší o 1,7 °C – je to také nejvyšší průměrná hodnota. V zimním období se průměrné teploty lišily minimálně.

Je potřeba poznamenat, že červenec a začátek srpna byl deštivý. Průměrná vyšší odpolední teplota činila 25,9 °C. Nejvyšší venkovní teplota byla naměřena 11. 8. 2020 (zmíněných 33 °C). V zimním období, přesněji přelom listopadu a prosince byla naměřena nejnižší teplota zmíněných -7 °C (1. 12. 2020) a průměrná nižší teplota odpovídala -1 °C.

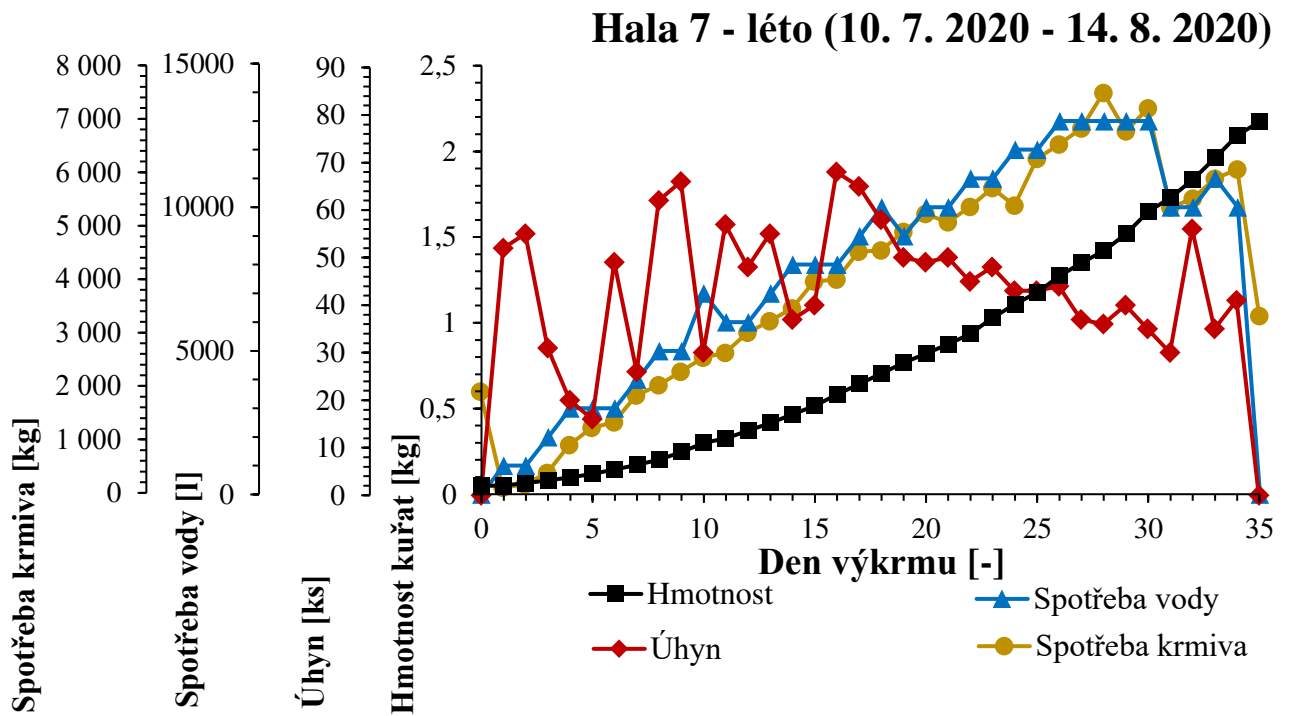
Průměrné relativní vlhkosti jsou v hale 1 v obou období lehce pod optimem (60–70 %) u haly 7 jsou u spodní hranice optimálního rozsahu. Směrodatné odchylky jsou v létě vyšší u haly 1 a v zimě naopak u haly 7.

5.1.4 Údaje o kuřatech

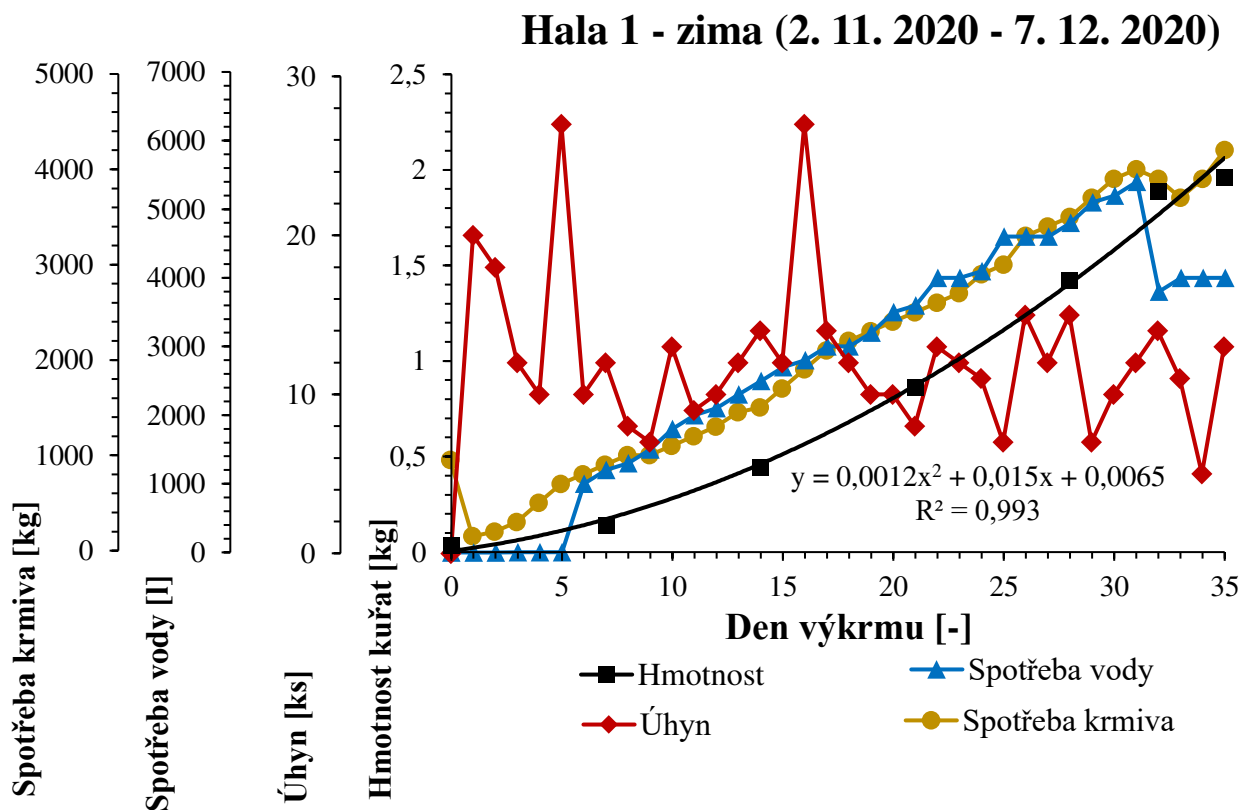
Graf 9 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 1 v letním období



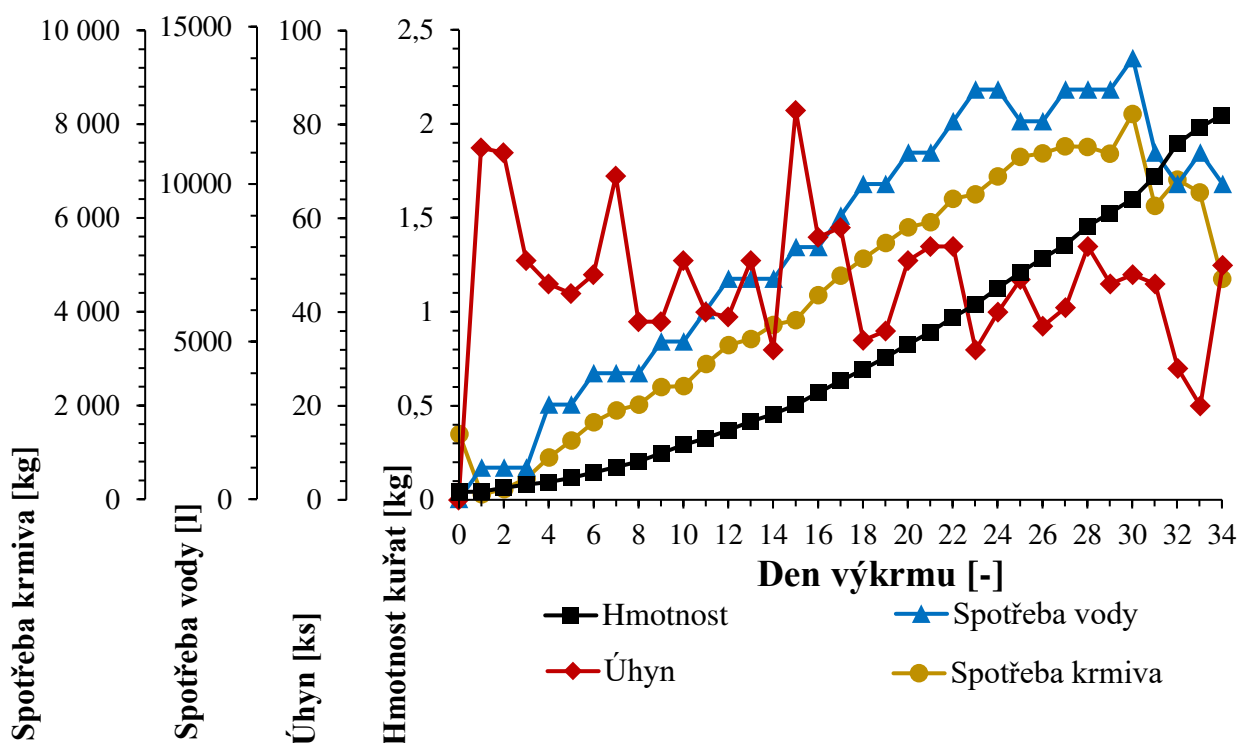
Graf 10 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 7 v letním období



Graf 11 Zaznamenané údaje o kuřatech z haly 1 v zimním období



Hala 7 - zima (6. 11. 2020 - 10. 12. 2020)



Z údajů o kuřatech z letního období v hale 1 uvedených výše na grafu 9, je možné sledovat průběh týdenních nárůstů hmotností kuřat, který odpovídá velmi silně křivce v grafu popsané kvadratickou rovnicí s koeficientem determinace $R^2 = 0,9975$. Na konci výkrmu hmotnost kuřat činila 2,184 kg. Hodnoty úhynů byly zjištěny největší ve 2. dnu (43 ks) a 3. dnu (42 ks) výkrmu. Do vysokých počtů uhynulých kuřat v prvních dnech výkrmu se promítá nízký věk kuřat spolu s vyšší citlivostí kuřat na jakékoliv změny, jelikož se u nich ještě nevyvinula schopnost termoregulace. Od 13. dne se zdá, že kuřata začala regulovat více svoji tělesnou teplotu a došlo ke snížení úhynů. Ke konci výkrmu úhyny opět narůstaly. Kolísání úhynů mohla negativně ovlivňovat teplota přiváděného vzduchu (vyšší rozdíly ranních a odpolední teplot vzduchu a kolísání teplot v průběhu dní). Celkově bylo za výkrm zaevidováno 656 uhynulých kuřat – z počtu 19 500 naskladněných kuřat byl úhyn 3,364 %. Spotřeby krmiva a vody v průběhu výkrmu rostly s přibývajícím věkem kuřat, v posledních dnech však klesaly. Poslední den jsou kuřata odvezena na porážku a údaje o kuřatech se v tento den již nemusí přesně evidovat (kuřata jsou dle domluvy s odběratelem odvážena v brzkých ranních hodinách), proto je zde například zaznamenán nulový úhyn (platí to pro každý turnus). Z důvodu zakrmení v nultý den výkrmu dosahovala hodnota spotřeby krmiva 1 000 kg (spotřebu krmiva pro zakrmení lze pozorovat u všech zkoumaných turnusů).

Graf 10 popisuje průběh údajů o kuřatech v hale 7 v letním období. Průběh nárůstu hmotností kuřat byl rovnoměrně rostoucí s konečnou hodnotou 2,173 kg. Hodnoty úhynů kolísaly s rostoucím trendem do 16. dne výkrmu, což je zároveň den s nejvyšším úhynem 68 kusů. Další dny počty úhynů klesaly až do 32. dne, kdy byl zaznamenán nárůst. Celkový úhyn činil 1 517 kusů – z 50 000 naskladněných kuřat byl úhyn 3,034 %. Spotřeba vody se spotřebou krmiva vykazovala v průběhu výkrmu růst, dá se konstatovat podobný trend růstu (v určitém poměru). Na konci výkrmu dosahovaly spotřeby téměř stejného náhlého výkyvu směrem k nižším hodnotám. Nejvyšší spotřeba vody byla odečtena 13 000 litrů shodně v 26. – 30. den výkrmu. Nejvyšší spotřeba krmiva (7 485 kg) byla odečtena 28. den.

Údaje o kuřatech ze zimního období v hale 1 jsou zachyceny v grafu 11. Hodnoty hmotnostní v kontrolní dny lze proložit křivkou popsanou kvadratickou rovnicí uvedenou v grafu 11, odhady hodnot proložené křivky dosahují 0,993 hodnoty koeficientu determinace. Průběh nárůstu váhy kuřat byl rostoucí se zmírněním nárůstu ke konci výkrmu. Výsledná hmotnost kuřat byla 1,96 kg. Hodnoty úhynů kolísaly. Nejvyšší počet uhynulých kuřat byl napočítán 5. a 16. den (uhynulo shodně 27 kusů). Celkově uhynulo 432 kusů kuřat – z 20 300 naskladněných kusů byl úhyn 2,128 %. V průběhu výkrmu byl trend spíše klesající. Spotřeby vody a krmiva postupem dní narůstaly. V grafu 11 je vidět množství krmiva pro zakrmení na začátku výkrmu. Spotřeba krmiva narůstala rovnoměrně a ke konci výkrmu opět došlo ke snížení i následnému vzrůstu. Spotřeby vody rostly od 6. dne rovnoměrně, ale 32. den došlo k náhlému snížení růstu na 3 800 litrů, další dny se spotřeba ustálila na 4 000 litrech. Spotřeba vody a krmiva mezi 6. – 31. dnem měla velmi podobný průběh růstu.

Ve výše uvedeném grafu 12 údajů o kuřatech z haly 7 (zimní období) je opět vidět plynulé narůstání hmotnosti kuřat během výkrmu. Konečná hodnota hmotnosti se zastavila na 2,046 kg. Počet uhynulých kusů kolísal, celkově měl klesající trend. Za výkrm uhynulo 1 611 kuřat – z 50 500 naskladněných kusů byl úhyn 3,190 %. Nejmenší počet uhynulých kusů byl zaevidován předposlední den výkrmu (20 kusů) a největšího počtu úhynů bylo dosaženo 15. den (83 kusů). Spotřeba vody a krmiva v průběhu dní narůstala a na konci byl zaznamenán pokles. Nejvyšší spotřeba vody a krmiva byla 30. den (14 000 litrů vody a 8 220 kg krmiva). Nultý den si je možné povšimnout množství krmiva použité pro prvotní zakrmení kuřat po příjezdu na farmu.

Jurná [27] ve své diplomové práci ze stejné farmy uvádí, že ve velkokapacitní hale bylo dosaženo živé hmotnosti 2,12 kg a v malokapacitní hale 2,14 kg. Zaznamenané hodnoty živých

hmotností ze sledovaného letního období jsou tedy o něco vyšší než uvedené hodnoty. V malokapacitní hale bylo dosaženo o 0,011 kg vyšší hodnoty než ve velkokapacitní. V zimním období však byly zjištěny živé hmotnosti rozdílné od uvedených v práci Journé [27] (hodnoty byly nižší, v hale 1 o 0,18 kg). Z dat v grafu 9 a 11 (hala 1) lze vypočítat, že úhyny v zimním období byly nižší, až na několik dní kolísaly kolem 10 úhynů denně a nejvyšší hodnoty dosáhly 27 kusů za den. V létě uhynulo až 40 kusů denně. U údajů o kuřatech v hale 7 vidíme na grafech 10 a 12, že v letním období bylo nejvyšších úhynů dosaženo kolem poloviny výkrmového období, což může souviset s výkyvy relativních vlhkostí. V zimním období úhyny vykazovaly odlišný průběh, kde na vysoký úhyn do 2. dne mohla mít vliv výše zmíněná nízká relativní vlhkost. Procenta úhynů v hale 1 jsou ve srovnání s uvedenými v práci Journé [27] rozdílné (v malokapacitní hale 2,74 % a ve velkokapacitní 3,46 %), avšak pokud bychom udělali průměr z obou turnusů, vyjde nám právě 2,74 %. Průměr z úhynu v hale 7 je o 0,348 % nižší, než zveřejňuje Journá [27]. Celkově se se dají živé hmotnosti a procenta úhynů označit za srovnatelné se zmíněnou prací. Poklesy spotřeb vody a krmiva ke konci výkrmu v obou halách jsou spojeny s předodebírkou kuřat, která probíhá 31., nebo 32. den výkrmu. Následně je vidět částečné opětovné navýšení spotřeb. V letním období byl také pozorován náhlý nárůst úhynů způsobený možná vlivem předodebírky, která způsobí zvýšení stresu kuřat.

5.1.5 Koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu

Tab. 2 Naměřené koncentrace oxidu uhličitého v ppm (hala 1 a 7)

Obsahy CO ₂ [ppm]		Den výkrmu [-]							
		0	7	14	21	28	34	35	36
Léto	Hala 1	2900	2000	1500	700	500	-	-	480
	Hala 7	2900	2000	1500	750	562	-	495	-
Zima	Hala 1	3000	2600	2200	2000	1900	-	1900	-
	Hala 7	475	1700	1800	1200	1100	950	-	-

Výše uvedená tab. 2 uvádí naměřené hodnoty koncentrací CO₂ v halách 1 a 7 v odpovídajících obdobích. Kvalitní vzduch je určen obsahem CO₂ do hranice 3000 ppm viz kapitola „Vnitřní prostředí haly“ (3.1.3). V halách je v řídicích jednotkách maximální přípustná hodnota nastavena s rezervou 100 ppm na 2900 ppm. Nejvyšších hodnot bylo v letním období v hale 1 dosaženo na začátku výkrmu (2900 ppm) a následně se koncentrace CO₂ v hale pouze snižovala až na 480 ppm v 36. den výkrmu.

Pro letní období jsou dále uvedeny v tab. 2 výsledky z velkokapacitní haly 7. Je zřejmé, že maximální nastavené hodnoty bylo dosaženo pouze na začátku výkrmu dále se hodnota množství škodlivých plynů ve vzduchu snižovala až na hodnotu 495 ppm.

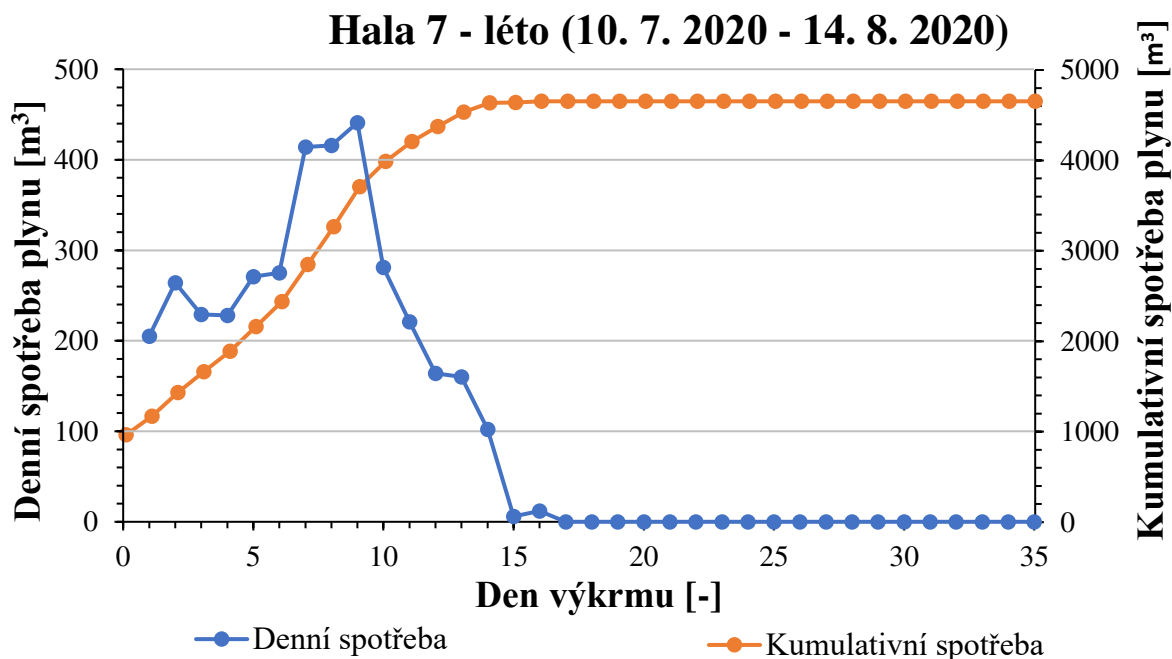
Naměřené hodnoty obsahu CO₂ pro zimní období v hale 1 se v průběhu výkrmu snižovaly. Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla 3 000 ppm v nultý den výkrmu, byla to tedy hraniční dovolená hodnota množství CO₂ ve stájovém vzduchu.

V naměřených hodnotách pro vzduch z haly 7 v zimním období je možné si všimnout nízkých zaznamenaných koncentrací CO₂ ve výkrmovém období. Hodnota v nultý den (475 ppm) je dokonce nejnižší naměřenou koncentrací ze všech hodnot v tab. 2 a koncentrace 1 800 ppm naměřená 14. den je nejvyšším naměřeným obsahem oxidu uhličitého pro daný turnus v hale.

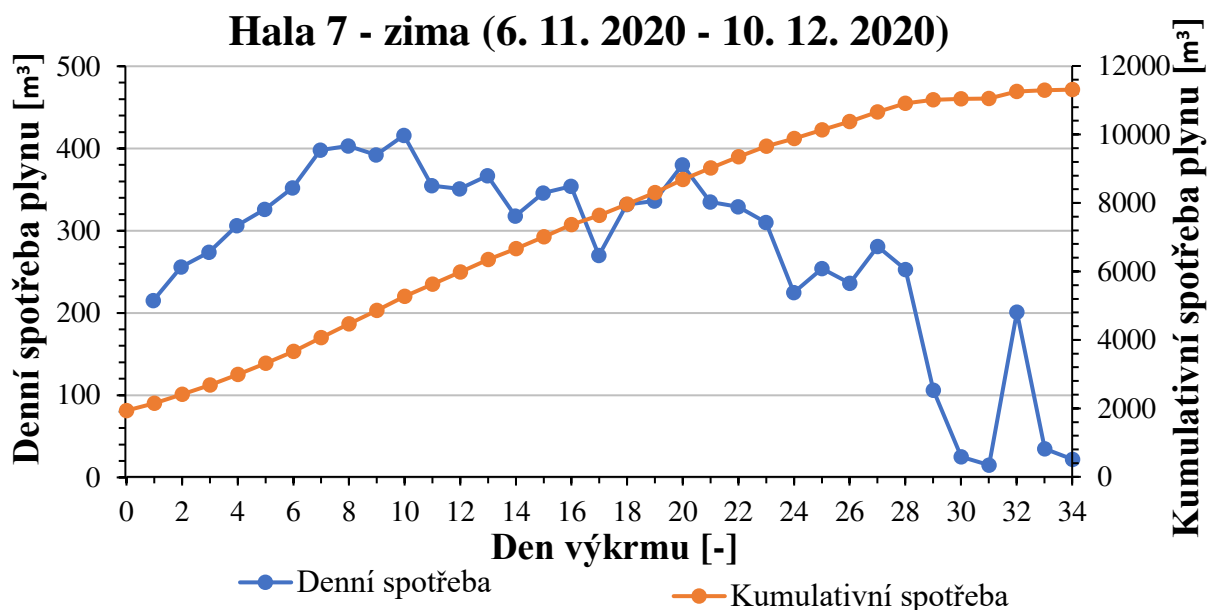
Snižující trend koncentrací je způsoben zvýšenou výměnou vzduchu v halách a lze konstatovat, že nebylo zaznamenáno překročení dovolené hodnoty obsahu CO₂. Řídící jednotky tedy regulují ventilační systém z pohledu škodlivin ve vzduchu správně.

5.1.6 Spotřeby plynu v hale 7

Graf 13 Denní a kumulativní spotřeby zemního plynu v m³ z letního období (hala 7)



Graf 14 Denní a kumulativní spotřeby zemního plynu v m³ ze zimního období (hala 7)



Jak bylo v předchozích kapitolách zmíněno, v hale 7 byla zpracována i spotřeba plynu v m³, pro letní období je uvedena v grafu 13. Z grafu lze vyčíst spotřebu plynu potřebnou na předehřátí haly na požadovanou teplotu (první hodnota kumulativní spotřeby – 965 m³). Zahřívání haly bylo zahájeno 1. 7. 2020. V grafu jsou uvedeny kumulativní spotřeby a také spotřeby v jednotlivé dny. Ze začátku výkrmu spotřeba plynu narůstala až do 9. dne, kdy bylo odečteno 441 m³, od té doby se hodnoty snižovaly až na nulovou hodnotu (vytápět halu již nebylo potřeba). Celkově se spotřebovalo 4 654 m³ zemního plynu.

Na grafu 14 jsou vidět denní a kumulativní spotřeby plynu z výkrmu v zimním období v hale 7. Vytápění bylo zahájeno 27. 10. 2020 a před započítáním výkrmového cyklu bylo pro potřeby dosažení požadované teploty spotřebováno 1 936 m³ zemního plynu. Prvních několik dní se spotřeba zemního plynu zvyšuje. Maximální hodnoty spotřeby bylo dosaženo 10. dne (416 m³), od tohoto dne měly spotřeby klesající trend. Nárůst zaznamenán 32. den lze přisuzovat předdobeírce, která se realizuje právě v období po 30. dnu výkrmu. V průběhu celého výkrmu bylo nutné vytápět, tedy žádný den nebyla zjištěna nulová spotřeba zemního plynu, jako tomu bylo v letním období viz graf 13. Celková spotřeba byla 11 310 m³ zemního plynu.

U spotřeb zemního plynu v grafu 13 a 14, je zachycena předpokládaná vyšší spotřeba v zimním období. Nejvyšší spotřeby bylo v obou případech dosaženo kolem 10. dne, v létě byla dokonce větší. Zde je vidět, že výkrm kuřat je energeticky náročný proces, jelikož současně je v provozu systém vytápění i ventilace.

5.2 Porovnání výkonnosti ventilátorů s výpočty

Tab. 3 Porovnání výkonnosti ventilátorů s výpočty požadovaných průtoků vzduchu pro zimní a přechodové období \dot{V}_v v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a pro letní období $\dot{V}_{v\text{max}}$ v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dle normy ČSN 73 0543-2 v hale 1

Hala 1 - průtoky vzduchu v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$			
Vypočítané průtoky		Výkonnosti ventilátorů	
\dot{V}_v	$\dot{V}_{v\text{max}}$	7x FC 063-6E	4x V 130
37 421	219 104	86 100	178 800
Součet výkonností ventilátorů		264 900	
Rozdíl výkonnosti a výpočtů		45 796	

Tab. 4 Porovnání výkonnosti ventilátorů s výpočty požadovaných průtoků vzduchu pro zimní a přechodové období \dot{V}_v v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a pro letní období $\dot{V}_{v\text{max}}$ v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dle normy ČSN 73 0543-2 v hale 7

Hala 7 - průtoky vzduchu v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$				
Vypočítané průtoky		Výkonnosti ventilátorů		
\dot{V}_v	$\dot{V}_{v\text{max}}$	4x DA 600 LPC-13	8x DA 600-7	6x DB 1400
87 039	608 622	63 200	136 000	222 000
Součet výkonností ventilátorů		421 200		
Rozdíl výkonnosti a výpočtů		-187 422		

Ve výše uvedené tab. 3 můžeme pozorovat, že součet průtoků ventilátory umístěných v hale 1 přesahuje o $45\,796 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ vyšší z vypočítaných požadovaných průtoků vzduchu podle normy ČSN 73 0543-2. Znamená to, že hala je z pohledu možnosti průtoku vzduchu naddimenzovaná. Je brán tedy ohled na případné extrémní hodnoty počasí nebo možné technické omezení (snižování výkonnosti vytvářením potřebného podtlaku nebo stářím atd.).

Z dat v tab. 4 zhodnocující stav výkonnosti ventilace v hale 7 je vidět, že součet průtoků ventilátory v hale je nižší o $187\,422 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ než vypočtený vyšší požadovaný průtok vzduchu dle normy jako v případě haly 1. Rozdíl stávající výkonnosti ventilace od výpočtů dle normy ČSN 73 0543-2 může být dán jinou metodikou výpočtu. Výpočet potřebného průtoku vzduchu byl pro halu 7 realizován na základě metodiky od firmy SKOV a.s., kde se vychází z hodnot nominálního a maximálního průtoku vzduchu pro 1 brojlera o hmotnosti 2 kg. Zmíněná firma tyto hodnoty rozlišuje pro 5 zón podle klimatických podmínek. Oblast zkoumané farmy spadá do zóny 2, kde nominální ventilace je rovna $4,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$ a maximální je $7,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$ (výpočet byl realizován na maximální ventilaci mezi zónou 2 a 3, respektive $7,4\text{--}8,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$). Z nominální hodnoty se vychází pro výpočet výkonnosti komínových ventilátorů a do maximální hodnoty průtoku je doplněna výkonnost ventilace o štítové ventilátory. Výpočty přitom nevycházejí z maximálního počtu kuřat v hale jako je

tomu u normy ČSN, ale z maximálního možného zatížení plochy dané vyhláškou. Podle výsledků výpočtů se volí ventilátory s rezervou na ztráty výkonnosti dané vytvořením správného podtlaku v hale. Do návrhu také vstupuje role vlastníka farmy, který může specifikovat požadavky na výkonnost ventilace například na základě vlastních zkušeností. Případné chlazení, jako je to v tomto případě, pomáhá s chlazením vzduchu v hale a je navrženo dle možností ventilace tak, aby nedocházelo zvlhnutí kuřat. Jelikož chlazení funguje na základě skupenské přeměny kapiček vody na plyn je nutné zajistit následný odvod vzniklého plynu.

Při analýze dat získaných na farmě nevyplývá, že by docházelo v letním období ke snižování pohody zvířat. Byly sice naměřeny vyšší hodnoty odpoledních teplot (grafy 1 a 2), ty však jak bylo zmíněno nemusí ukazovat na nepohodu kuřat. Úhyn je v hale 7 kolem 3 % a v době nárůstu teplot je pozorován na grafu 10 postupný pokles v počtech uhynulých kuřat.

5.3 Další poznatky ze zkoumané farmy

Technologie v halách 7 a 8 je novější a modernější než v halách malokapacitních. To však nemusí znamenat lepší výsledky výkrmu. Záleží to na mnoho aspektech. Například při analyzování naměřených hodnot teplot vzduchu byl zmíněn vliv podhledu, ten může mít pozitivní efekt i na snadnost provádění obsluhy a opravy osvětlení nebo závěsného mechanismu technologického zařízení v halách. V hale 7 je oprava či výměna nefungujícího zařízení z tohoto pohledu obtížná, strop je ve tvaru obráceného „v“ a jeho výška ve středovém pruhu je 6 m. Velký objem vzduchu má vliv i na dobu přehřívání haly před zahájením výkrmu (přehřev se zahajuje v hale 7 dříve, než je tomu u haly 1). Tomu také přispívá lepší akumulací účinek haly 1, jelikož je zděná a halu 7 tvoří lehčí ocelová konstrukce. Ve velkokapacitní hale se také zdá být problematictější průběžná vizuální kontrola kuřat a případná chyba technologie nebo výskyt onemocnění může dosahovat větších ztrát.

Jak již bylo zmíněno v kapitole „Metodika práce“ (4) haly jsou umístěné vedle sebe, tím je z tohoto pohledu rozdíl působení okolí minimalizován. Nasávání vzduchu do haly 1 je směrem od haly 7. Do naposledy zmíněné haly je vzduch nasáván jak od haly 1 tak od haly 8. Nasávaný vzduch ani u jedné z hal, není ovlivněn opouštěným vzduchem z okolních hal. Umístění hal na farmě je zobrazeno na obr. 7. Na farmě jsou nejméně vhodně umístěny haly 2 a 5, jelikož se nacházejí uprostřed dalších hal a vzduch je nasáván z jižní strany.

Prostředí z pohledu pracovníků farmy

Tvorba vnitřního prostředí v halách se zcela podřizuje vykrmovaným kuřatům. Ve výkrmových halách převládá hlavně ze začátků výkrmu sušší prostředí, které může negativně ovlivňovat dýchací soustavu člověka, nebo vyšší vlhkost může způsobit zamlžení brýlí pracovníka. V halách jsou také vyšší koncentrace škodlivin, z toho důvodu pracovníci využívají respirátory. Mezi další ochranné pomůcky patří například rukavice, vhodná obuv a brýle. Dále se používá v halách dezinfekce pro snížení rizika zanesení infekcí do hejna.

Vedoucí farmy Ing. Martina Jurná uvádí: „Na farmě práce není fyzicky náročná, jako spíš zodpovědná.“ Zejména tomu je z důvodu, že pracovník musí využívat všechny své smysly ke kontrole správné funkce technologického zařízení (například funkci ventilátorů lze ověřit pomocí sluchu), dále třeba sledovat chování kuřat. Každá nenalezená chyba může mít vliv na celý další průběh výkrmu.

6 Závěr a doporučení

Tvorba vnitřního prostředí v halách pro výkrm kuřat je velmi komplexní proces, ve kterém každé odchýlení jedné dílčí složky od jejího optimálního nastavení může významně působit na chování i v celkovém důsledku na zdravotní stav kuřat.

Práce vytváří základní přehled poznatků z využití literatury o procesu výkrmu kuřat potřebný pro návrh technologického zařízení do výkrmových hal. Upozorňuje také, že na vnitřní prostředí a pohodu kuřat má vliv okolí hal, vnější klimatičtí činitelé a provedení výstavby haly samotné. Následně uvádí principy a příklady používaných technologických zařízení v halách. Částečně se práce věnuje i budoucímu vývoji směrem k preciznímu zemědělství a snižování nákladů například omezením spotřeby fosilních paliv.

V praktické části se vycházelo z výše uvedených znalostí. Zkoumaly se 2 typově odlišné haly velikostí i použitou technologií na nejmenované tuzemské farmě – malokapacitní hala 1 pro 20 000 kuřat a velkokapacitní hala 7 pro 50 000 kuřat. Ve zkoumaných obdobích byl v halách vykrmán hybrid Ross 308. Pro ověření stavu vnitřního prostředí bylo vybráno letní a zimní období (červenec a přelom listopadu a prosince). Z důvodu pandemie onemocnění Covid-19, byly měřené hodnoty teplot vzduchu, relativních vlhkostí vzduchu, koncentrací CO₂ a spotřeb plynu pomocí čidel umístěných na zkoumané farmě. Dále byly do kontextu zahrnuty údaje o kuřatech během výkrmů (spotřeby vody a krmiva, počty úhynů a hmotnosti kuřat). Pro ověření výkonnosti ventilace byly provedeny výpočty požadovaných průtoků vzduchu dle normy ČSN 73 0543-2.

Z naměřených hodnot bylo zjištěno, že v letním období nedokázaly zamezit ventilační systémy nárůstu teplot vzduchu ve zkoumaných halách 1 a 7 (v hale 7 je ventilační systém podpořen ještě vysokotlakým chlazením). Zvyšování vnitřních teplot vzduchu koresponduje s nárůsty venkovních teplot vzduchu. V hale 7 byly nárůsty teplot pozorovány dříve a dosahovaly vyšších hodnot, k čemuž přispělo posunutí doby začátku výkrmu mezi halami (vyšší venkovní teploty působily na halu dříve), dále jiná konstrukce a velikost hal i odvětrávání půdního prostoru haly 1. Pro lepší ověření vlivu zvyšování teplot v halách na kuřata by bylo zajímavé změřit pocitové teploty v halách. Ventilační systémy totiž do haly přivádějí teplý venkovní vzduchu, ale zároveň na kuřata působí proud přiváděného vzduchu, který ve výsledku může například ještě s chladícím systémem zajistit požadovanou pohodu zvířat. Také by bylo vhodnější měření průběhů celých dní ke konci výkrmu k ověření chodu ventilace v průběhu dne a v hale 7 i chladícího systému.

V zimním období se hodnoty teplot pohybovaly kolem nastavené teplotní křivky. Vliv nižších venkovních teplot nebyl pozorován, tím pádem systém vytápění v halách je v podobných podmínkách dostatečný. Potřeba je zdůraznit, že nejnižší naměřená venkovní teplota byla $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, systém vytápění tak nemusí být dostatečný při výraznějších mrazech.

Z pohledu relativní vlhkosti bylo v letním období pozorováno větší kolísání hodnot než v období na přelomu listopadu a prosince. Hodnotami v obou halách nebyla výrazně přesažena horní hranice optimální relativní vlhkosti vzduchu (70 %). V hale 1 byla nejvyšší hodnota 71 % a v hale 7 hodnota 73 % v zimním období. Spíše bylo zaznamenáno sušší prostředí, kdy se hodnoty relativní vlhkosti dostávaly pod 50 %. V letním období byl tento jev pozorován zejména v hale 1 na začátku a v druhé polovině výkrmu. Nultý den bylo dosaženo nejnižší hodnoty 40 %. V hale 7 byla nejnižší hodnota 48 % (pouze v jednom dnu výkrmu). V zimním období naopak v hale 1 hodnoty vzduchu neklesly ani na 50 % nasycení vodní parou a v hale 7 byla velmi nízká relativní vlhkost do 2. dne výkrmu, následně již pokles nebyl zaznamenán (postupně narůstala od 36 %). Z toho vyplývá, že ventilační systémy v halách jsou schopny odvádět přebytečnou vlhkost a v hale 7 chladicí systém významně vlhkost nezvýšil. Pro ověření správného tvoření vodní mlhoviny a schopnosti ochlazování organismu pomocí odparu vodní páry dýcháním by muselo být provedeno další měření.

Z průměrných hodnot teplot a relativních vlhkostí je zřejmé, že v hale 7 byly v létě průměrné hodnoty obou veličin vyšší než v hale 1. Například průměrná odpolední hodnota teploty byla $29,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ oproti $27,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ v hale 1 a relativní vlhkost 60 % oproti 54,9 % v hale 1. V zimním období to již neplatilo, byly vyšší pouze relativní vlhkosti. Venkovní průměrná odpolední teplota byla v letním období turnusu haly 1 ($25,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a haly 7 ($25,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). V zimním období byla průměrná ranní teplota při turnusu haly 1 ($0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) a haly 7 ($-1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Hmotnosti kuřat ve všech sledovaných turnusech narůstaly rovnoměrně. V letním období byla v hale 1 konečná živá hmotnost 2,184 kg, v hale 7 byla 2,173 kg. V zimním období v hale 1 byla 1,96 kg a v hale 7 byla 2,046 kg. Úhyny v létě byly vyšší než v zimně. V letním období v hale 1 byl úhyn 3,364 %, v hale 7 byl o něco nižší 3,034 %. V zimním období v hale 1 byl úhyn nejnižší ze sledovaných turnusů (2,128 %) a v hale 7 byl 3,190 %. Denní spotřeby krmiva a vody narůstaly spolu s růstem kuřat, na konci turnusů je pozorovatelné částečné snížení spotřeb vlivem plánovaných předodebírek.

Pro ověření čistoty vzduchu byly měřeny koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší haly pouze v kontrolních dnech, jelikož udržení přípustných hodnot mají na starosti řídicí jednotky

v halách. Nejvyšší přípustné hodnoty 3000 ppm bylo dosaženo pouze v den naskladnění haly 1 v zimním období. V průběhu jednotlivých výkrmových období se koncentrace oxidu uhličitého snižovaly. To odpovídá zvyšujícím se nárokům na ventilaci a schopnosti správné regulace ventilace řídicími jednotkami.

K měření v hale 7 byla zaznamenána i spotřeba zemního plynu na vytápění. Ve výkrmech kuřat je tedy nutné v první polovině i v letních měsících využívat systém vytápění. Spotřeba v obou období narůstala v období do 10. dne výkrmu a následně se snižovala. Nejvyšší denní spotřeba byla odečtena v letním období 441 m³. Celkově se v létě spotřebovalo 4 654 m³ zemního plynu a v zimním období 11 310 m³.

Další částí práce bylo porovnání výkonnosti ventilátorů s výpočty požadovaných průtoků vzduchu dle normy ČSN 73 0543-2. Bylo zjištěno, že hala 1 má možný průtok vzduchu ventilátory oproti výpočtům částečně vyšší (o 45 796 m³ · h⁻¹). Hala 7 je naopak podle výpočtů na daný počet zvířat poddimenzovaná o 187 422 m³ · h⁻¹. To však je zřejmě způsobeno použitím jiné metodiky výpočtu (od firmy SKOV a.s.). V halách totiž kromě zvýšené odpolední teploty nebylo zaregistrováno snížení pohody kuřat, které by se promítlo například do vyšších úhynů nebo poklesu živé hmotnosti. Pro další ověření by muselo být provedeno další měření v období nejvyšších ročních teplot.

Z hlediska pracovníků může vnitřní prostředí v hale tvořené podle požadavků kuřat způsobovat nepříjemnosti spjaté například s dýcháním nebo zamlžením brýlí.

Doporučení

Při návrhu technologického zařízení cílit na spolehlivost zařízení a jejich schopnost rychle reagovat na možné změny, případně je předpovídat.

Výhodnější je halu postavit tak, aby strop byl tvořen podhledem, nad nímž je provětrávaný půdní prostor. Nižší strop v hale umožní snazší opravu a obsluhu technologického zařízení umístěného na stropě, zmírní zatížení výkrmového prostoru vnější teplotou v letním období a také sníží náklady spjaté s vytápěním haly.

7 Seznam použitých zdrojů

1. *Technologický postup pro výkrm brojlerů Ross* [online]. Aviagen. 2018, [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <http://en.aviagen.com/language-mini-site/show/cz>
2. *Zdravotní problematika výkrmu brojlerů* [online]. 2008, [cit. 2021-03-14]. ISBN 978 963 06 6219 2. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11772631-Zdravotni-problematika-vykrmu-brojleru.html>
3. KIC, Pavel. Dust pollution in buildings for chicken fattening. *Proceeding of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016* [online]. Prague: Czech University of Life Sciences Prague - Faculty of Engineering, 2016, 306 - 311 [cit. 2021-01-31]. ISBN 978-80-213-2683-5. Dostupné z: <http://2016.tae-conference.cz/proceeding/TAE2016-049-P-Kic.pdf>
4. KIC, Pavel. Microclimatic conditions in the poultry houses. *Agronomy Research* [online]. Estonian University of Life Sciences, 2016, **14**(1), 82 - 92 [cit. 2021-01-31]. ISSN 1406-894X. Dostupné z: https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14-_nr1_Kic2.pdf#abstract-4054
5. TŮMOVÁ, Eva, Michaela ENGLMAIEROVÁ, Darina CHODOVÁ a Martina LICHOVNÍKOVÁ, první, 2019. *Chov Drůbeže II*. poweprint s.r.o., Brandejsovo nám. 1219, Praha 6 - Suchdol. ISBN 978-80-213-2937-9. Skriptum. Česká zemědělská univerzita v Praze.
6. LEDVINKA, Zdeněk, Lukáš ZITA a Eva TŮMOVÁ. *Vybrané kapitoly z chovu drůbeže*. Vyd. 2. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, katedra speciální zootechniky, 2009. ISBN 978-80-213-1921-9.
7. BROUČEK, Jan. *Technologie a technika chovu drůbeže při splnění podmínek welfare: certifikovaná metodika*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2011. ISBN 978-80-7394-337-0.
8. ANDRT, Miroslav. *Technika a technologie pro chov zvířat*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-80-213-2164-9.

9. *Technologický postup pro výkrm brojlerů Cobb* [online]. 2004, [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/104691032-Technologicky-postup-pro-vykrm-brojleru.html>
10. KIC, Pavel a Václav BROŽ. *Tvorba stájového prostředí*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1995. Stavebnictví (šedá ř.). ISBN 80-7105-106-3. Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí (P. Kic)2000, ISBN80-7105-208-6.
11. LIANG, Yi, George T. TABLER a Sami DRIDI. Sprinkler Technology Improves Broiler Production Sustainability: From Stress Alleviation to Water Usage Conservation. *Frontiers in Veterinary Science* [online]. 2020, 7 [cit. 2021-03-14]. ISSN 2297-1769. Dostupné z: doi:10.3389/fvets.2020.544814
12. CAO, Van Doan, Milan ZAJICEK a Pavel KIC. *Summer ventilation of poultry house for chicken fattening in CFD modelling* [online]. In: . 2017-05-24, s. - [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: doi:10.22616/ERDev2017.16.N091
13. SKALKA, Lubor. Kvalita mikroklimatu při výkrmu kuřat. In: *Inovace studijních programů AF MENDELU směrem k internacionalizaci studia* [online]. Brno: AF MENDELU, 2014, 2. 12. 2014 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23-prezentace_skalka2.pdf
14. ALPHIN, Bob. *Impact of Light on Poultry* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3x-JFD_xa5UJ:https://extension.umd.edu/sites/default/files/_images/programs/poultry/Alphin%2520Light%2520Impact%2520on%2520Poultry%25203-11-14.pdf+%&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz
15. NOVÝ, Richard. *Technika prostředí*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02108-4.
16. KIC, Pavel a Václav BROŽ. *Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 2000. Mechanizace (modrá ř.). ISBN 80-7105-208-6.

17. CUI, Yuanlong, Elmer THEO, Tugba GURLER, Yuehong SU a Riffat SAFFA. A comprehensive review on renewable and sustainable heating systems for poultry farming. *International Journal of Low-Carbon Technologies* [online]. 2020, **15**(1), 121-142 [cit. 2021-03-14]. ISSN 1748-1325. Dostupné z: doi:10.1093/ijlct/ctz048
18. REARDON, John P., Art LILLEY, Kingsbury BROWNE a Kelly BEARD. *Demonstration of a Small Modular BioPower System Using Poultry Litter* [online]. 2002 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: doi:10.2172/794292
19. SOLIMAN, Farid N.K. a Karim EL-SABROUT. Light wavelengths/colors: Future prospects for broiler behavior and production. *Journal of Veterinary Behavior* [online]. 2020, **36**, 34-39 [cit. 2021-03-14]. ISSN 15587878. Dostupné z: doi:10.1016/j.jveb.2019.10.014
20. LOSHKAREV, I Yu, T A SHIROBOKOVA, I A BARANOVA a S D BATANOV. Implementation of the energy-saving lighting mode in the poultry-farming house due to the automated control system. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2019, **1333** [cit. 2021-03-14]. ISSN 1742-6588. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1333/4/042019
21. MALOUN, Josef. *Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2001. ISBN 80-213-0783-8.
22. VIEIRA RIOS, Heitor, Paulo Dabdab WAQUIL, Patrícia SOSTER DE CARVALHO a Tomas NORTON. How Are Information Technologies Addressing Broiler Welfare? A Systematic Review Based on the Welfare Quality® Assessment. *Sustainability* [online]. 2020, **12**(4) [cit. 2021-03-14]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su12041413
23. ASTILL, Jake, Rozita A. DARA, Evan D.G. FRASER, Bruce ROBERTS a Shayan SHARIF. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture* [online]. 2020, **170** [cit. 2021-03-14]. ISSN 01681699. Dostupné z: doi:10.1016/j.compag.2020.105291
24. JEDLIČKA, Martin. Precizní zemědělství v chovech zvířat. In: *Náš chov* [online]. 2019, 13. 8. 2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.naschov.cz/precizni-zemedelstvi-v-chovech-zvirat/>

25. ČSN 73 0543-2. Vnitřní prostředí stájových objektů: část 2: větrání a vytápění. Praha, 1997, 36 s.
26. JURNÁ, Martina. *Analýza výkrmu vybraných hybridů kuřat* [online]. České Budějovice, 2016 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/ka0hda/>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Doc. Ing. Naděžda Kernerová, Ph.D.
27. JURNÁ, Martina. *Porovnání parametrů užitkových vlastností kuřecích hybridů chovaných v odlišných technologiích* [online]. České Budějovice, 2018 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/hqpj07/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Doc. Ing. Naděžda Kernerová, Ph.D.
28. TŮMA, Marek. *Hluková zátěž v okolí farem pro odchov brojlerů* [online]. České Budějovice, 2011 [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/pb30gw/>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ing. Marie Šístková, CSc.
29. TŮMA, Marek. *Hluk na farmách pro odchov brojlerů a jeho šíření do okolního prostředí* [online]. České Budějovice, 2013 [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/mfjqyf/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Ing. Marie Šístková, CSc.

8 Přílohy

Příloha I – Výpočty požadovaných průtoků vzduchu dle normy ČSN 73 0543-2

Příloha II – Obrázky z nejmenované farmy (měřící čidla s vnitřním pohledem hal)

Příloha III – Půdorys haly 1 a 7

Výpočty požadovaných průtoků vzduchu

Výpočty jsou prováděny, dle postupu uvedeného v kapitole 4.3 odpovídající normě ČSN 73 0543-2 - [I].

Vstupní hodnoty:

Hodnoty veličin jsou odečteny z tabulek nacházejících se ve výše zmíněné normě, případně je jejich získání uvedeno v poznámce.

$$o := 1.4$$

Hmotnost 1 zvířete zvolena na základě průměrné živé hmotnosti na konci výkrmu, dle práce Ing. Martiny Jurné [II].

$$m_z := 2.1 \text{ kg}$$

$$t_i := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$f_4 := 1.3$$

$$Z_1 := 20000 \text{ ks}$$

$$Z_7 := 50000 \text{ ks}$$

$$m_{dt} := 45 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1} \quad (\text{zemní plyn})$$

$$Q_{151} := 3 \cdot 70 \text{ kW} = 210 \text{ kW} \quad \text{Výkon vytápění (hala 1).}$$

$$Q_{157} := 395 \text{ kW} \quad \text{Výkon vytápění (hala 7).}$$

$$\varphi_i := 0.55$$

$$p_a := 98000 \text{ Pa}$$

Hodnotu p_p'' odečítám z tabulek syté kapaliny a syté páry pro teplotu t_i [III].

$$p_p'' := 2338.8 \text{ Pa}$$

$$t_e := -15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Hodnotu x_e odečítám z tabulky vnějšího vzduchu uvedené v normě pro teplotu t_e .

$$x_e := 0.88 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}$$

$$m_{ut} := 55 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{zemní plyn})$$

$$K_{ut} := 4500 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$K_{ue} := 550 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Hodnotu ρ_i odečítám z psychometrického diagramu dle Molliera na základě teploty a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu.

$$\rho_i := 1.183 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$b := 1.8$$

$$d := 0.72$$

$$y_1 := 0.9 \quad \text{Hala 1 odpovídá středně těžké stavbě.}$$

$$y_7 := 1 \quad \text{Hala 7 odpovídá lehké stavbě.}$$

Hala 1 (malokapacitní 20 000 kuřat)

Zimní období a přechodové období

Výpočet průtoku vzduchu zařízením pro odvod vodní páry a oxidu uhličitého.

Produkce vodní páry 1 zvířete

V normě není uvedená hodnota pro kuřata o hmotnosti 2.1 kg, proto je nutné vypočítat potřebnou hodnotu pomocí interpolace.

$$m_{z1} := 2 \text{ kg} \quad m_{d1} = 1.7 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

$$m_{z2} := 4 \text{ kg} \quad m_{d2} = 2.7 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Hodnoty odečtené pro t_i .

$$m_d = m_{d1} + \frac{m_{d2} - m_{d1}}{m_{z2} - m_{z1}} \cdot (m_z - m_{z1}) = 1.7 + \frac{2.7 - 1.7}{4 - 2} \cdot (2.1 - 2)$$

$$m_d := 1.75 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Celková produkce vodní páry vztažená na 1 zvíře

$$m_{do} = o \cdot m_d \cdot f_4 = 1.4 \cdot 1.75 \cdot 1.3 = 3.185 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

$$m_{do} := 3.185 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Produkce vodní páry

$$M_{d1} = (Z_1 \cdot m_{do} + m_{dt} \cdot Q_{151}) \cdot 10^{-3}$$

$$M_{d1} = (20000 \cdot 3.185 + 45 \cdot 210) \cdot 10^{-3} = 73.15 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

Měrná vlhkost vnitřního vzduchu

$$x_i = 622 \cdot \frac{\varphi_i \cdot p_p''}{p_a - \varphi_i \cdot p_p''} = 622 \cdot \frac{0.55 \cdot 2338.8}{98000 - 0.55 \cdot 2338.8} = 8.273 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}$$

Rozdíl měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu

$$\Delta x_{ie} = x_i - x_e = 8.273 - 0.88 = 7.393 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}$$

$$\Delta x_{ie} := 7.393 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.v.}$$

Hmotnostní průtok čerstvého vzduchu pro odvod vodní páry

$$M_{vd1} = \frac{M_{d1}}{\Delta x_{ie}} = \frac{73.15}{7.393} = 9.894 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$M_{vd1} := 9.894 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Produkce oxidu uhličitého 1 zvířete

V normě není uvedena hodnota pro kuřata o hmotnosti 2.1 kg, proto je nutné vypočítat potřebnou hodnotu pomocí interpolace.

$$m_{z1} = 2 \text{ kg} \quad m_{u1} = 1.1 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

$$m_{z2} = 4 \text{ kg} \quad m_{u2} = 1.8 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

$$m_u = m_{u1} + \frac{m_{u2} - m_{u1}}{m_{z2} - m_{z1}} \cdot (m_z - m_{z1}) = 1.1 + \frac{1.8 - 1.1}{4 - 2} \cdot (2.1 - 2)$$

$$m_u := 1.135 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Produkce oxidu uhličitého

$$M_{ul} = Z_1 \cdot m_u \cdot f_4 + m_{ut} \cdot Q_{15l} = 20000 \cdot 1.135 \cdot 1.3 + 55 \cdot 210$$

$$M_{ul} := 4.106 \cdot 10^4 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Hmotnostní průtok čerstvého vzduchu pro odvod oxidu uhličitého

$$M_{vu1} = \frac{M_{ul}}{K_{ut} - K_{ue}} \cdot \rho_i = \frac{4.106 \cdot 10^4}{4500 - 550} \cdot 1.183 = 12.297 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$M_{vu1} := 12.297 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Požadovaný průtok čerstvého vzduchu pro zimní a přechodové období

$$M_{v1} := \max(M_{vd1}, M_{vu1}) = 12.297 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$V_{v1} = \frac{M_{v1}}{\rho_i} \cdot 3600 = \frac{12.297}{1.183} \cdot 3600 = 3.742 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$$

$$V_{v1} := 3.742 \cdot 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Výpočet průtoku vzduchu v letním období**Doporučené dávky vzduchu pro 1 zvíře**

$$m_{vmax} = b \cdot m_z^d \cdot 10^{-3} \cdot f_4 = 1.8 \cdot 2.1^{0.72} \cdot 10^{-3} \cdot 1.3 = 0.004 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

$$m_{vmax} := 0.004 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Celkový průtok vzduchu pro odvod tepla v letním období

$$M_{vmax1} = y_1 \cdot Z_l \cdot m_{vmax} = 0.9 \cdot 20000 \cdot 0.004 = 72 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{vmax1} = \frac{M_{vmax1}}{\rho_i} = \frac{72}{1.183} \cdot 3600 = 2.191 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$$

$$V_{vmax1} := 2.191 \cdot 10^5 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Hala 7 (velkokapacitní 50 000 kuřat)**Zimní období a přechodové období**

Výpočet průtoku vzduchu zařízením pro odvod vodní páry a oxidu uhličitého.

Celková produkce vodní páry vztahovaná na 1 zvíře

Výpočet viz hala 1.

$$m_{do} = 3.185 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Produkce vodní páry

$$M_{d7} = (Z_7 \cdot m_{do} + m_{dt} \cdot Q_{157}) \cdot 10^{-3}$$

$$M_{d7} = (50000 \cdot 3.185 + 45 \cdot 395) \cdot 10^{-3} = 177.025 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rozdíl měrných vlhkostí vnitřního a vnějšího vzduchu

Výpočet viz hala 1.

$$\Delta x_{le} = 7.393 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.v.}$$

Hmotnostní průtok čerstvého vzduchu pro odvod vodní páry

$$M_{vd7} = \frac{M_{d7}}{\Delta x_{le}} = \frac{177.025}{7.393} = 23.945 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$M_{vd7} := 23.945 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Produkce oxidu uhličitého 1 zvířete

Výpočet viz hala 1.

$$m_u = 1.135 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ks}^{-1}$$

Produkce oxidu uhličitého

$$M_{u7} = Z_7 \cdot m_u \cdot f_4 + m_{ut} \cdot Q_{157} = 50000 \cdot 1.135 \cdot 1.3 + 55 \cdot 395$$

$$M_{u7} := 9.55 \cdot 10^4 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Hmotnostní průtok čerstvého vzduchu pro odvod oxidu uhličitého

$$M_{vu7} = \frac{M_{u7}}{K_{ut} - K_{ue}} \cdot \rho_i = \frac{9.55 \cdot 10^4}{4500 - 550} \cdot 1.183 = 28.602 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$M_{vu7} := 28.602 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Požadovaný průtok čerstvého vzduchu pro zimní a přechodové období

$$M_{v7} := \max(M_{vd7}, M_{vu7}) = 28.602 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$V_{v7} = \frac{M_{v7}}{\rho_i} \cdot 3600 = \frac{28.602}{1.183} \cdot 3600 = 8.704 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$$

$$V_{v7} := 8.704 \cdot 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Výpočet průtoku vzduchu v letním období**Doporučené dávky vzduchu pro 1 zvíře**

Výpočet viz hala 1.

$$m_{vmax} = 0.004 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ks^{-1}$$

Celkový průtok vzduchu pro odvod tepla v letním období

$$M_{vmax7} = y_7 \cdot Z_7 \cdot m_{vmax} = 1 \cdot 50000 \cdot 0.004 = 200 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{vmax7} = \frac{M_{vmax7}}{\rho_i} = \frac{200}{1.183} \cdot 3600 = 6.086 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$$

$$V_{vmax7} := 6.086 \cdot 10^5 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Shrnutí výpočtů požadovaných průtoků pro zimní, přechodové a letní období

	Hala 1	Hala 7
Zima	$V_{v1} = (3.742 \cdot 10^4) \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$	$V_{v7} = (8.704 \cdot 10^4) \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$
Léto	$V_{vmax1} = (2.191 \cdot 10^5) \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$	$V_{vmax7} = (6.086 \cdot 10^5) \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$

Seznam použitých zdrojů:

- I. ČSN 73 0543-2. Vnitřní prostředí stájových objektů: část 2: větrání a vytápění. Praha, 1997, 36 s.
- II. JURNÁ, Martina. *Porovnání parametrů užitkových vlastností kuřecích hybridů chovaných v odlišných technologiích* [online]. České Budějovice, 2018 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/hqjp07/>. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Doc. Ing. Naděžda Kernerová, Ph.D
- III. ADAMOVSKEÝ, Daniel, Martin POLÁK a Radomír ADAMOVSKEÝ. *Sbírka příkladů z termomechaniky*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2009. ISBN 978-80-213-1924-0.

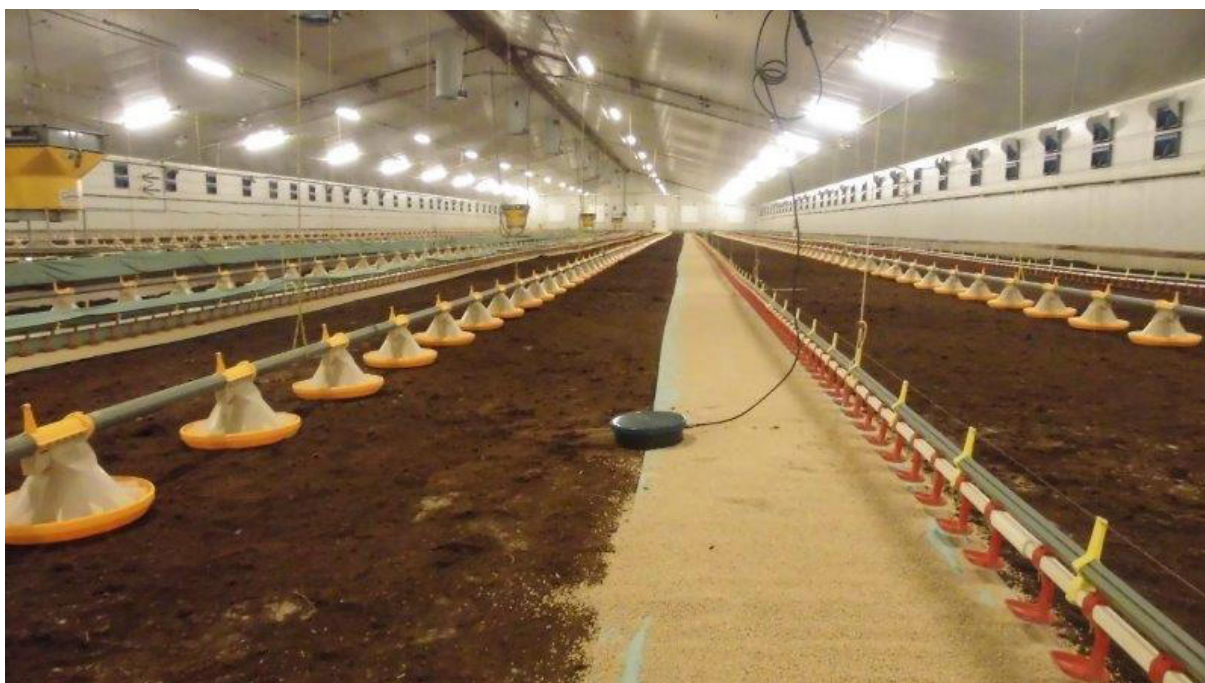
Příloha II

Obr. I Čidlo EE82-10C3 na měření CO₂ a vlhkostní čidlo EE 160 v hale 1



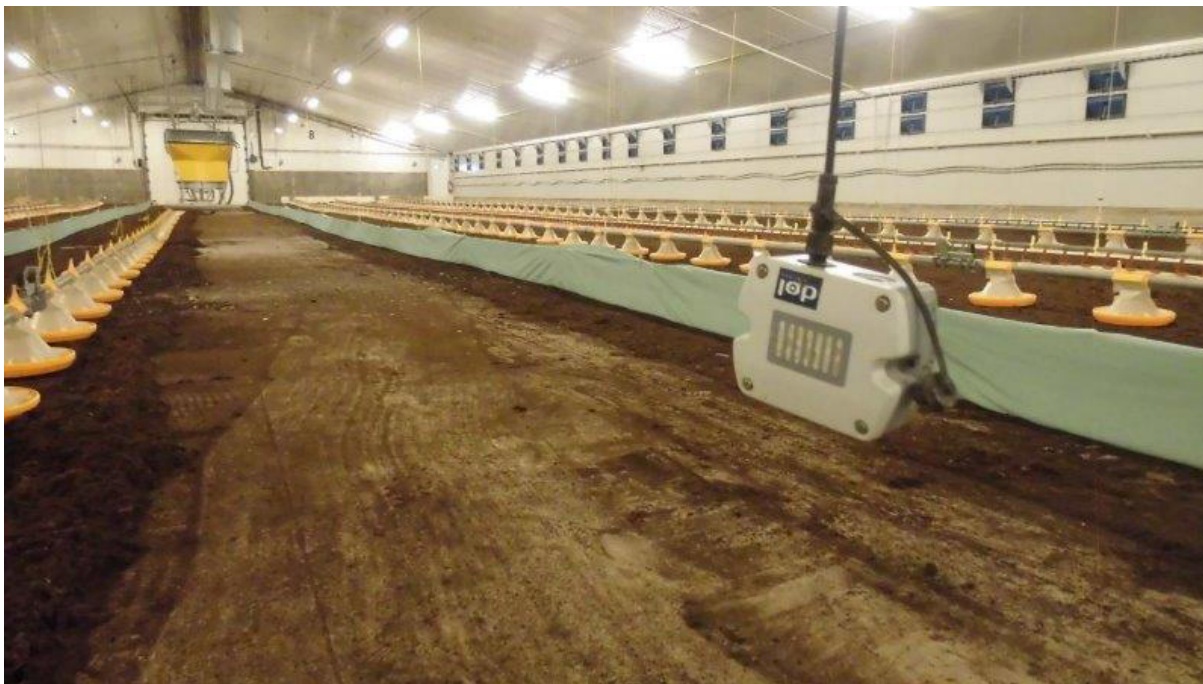
Zdroj: Ing. Martina Jurná

Obr. II Nášlapná váha DOL 94 v hale 7 připravené pro naskladnění



Zdroj: Ing. Martina Jurná

Obr. III Čidlo DOL 19 na měření CO₂ v hale 7 připravené pro naskladnění



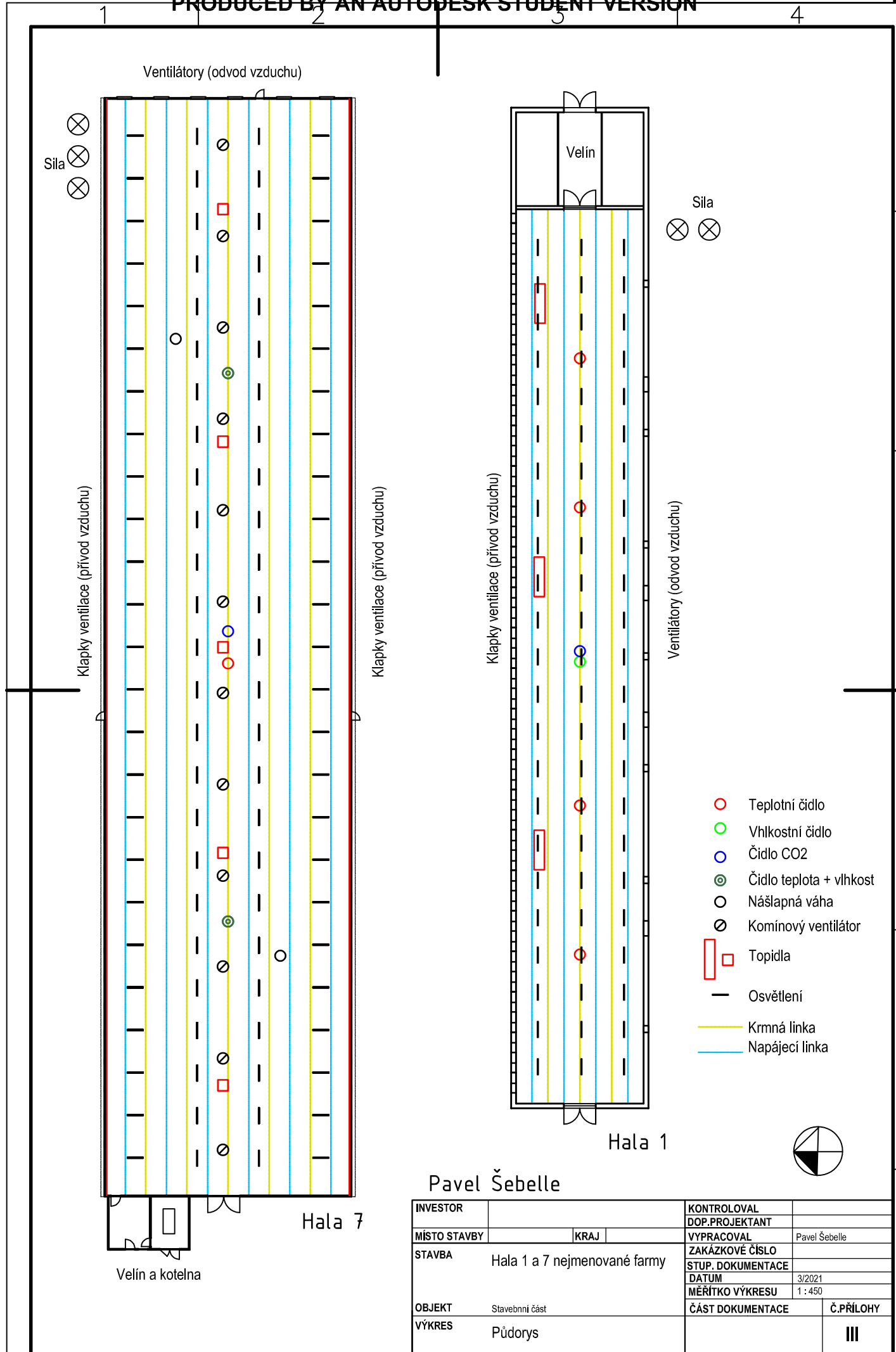
Zdroj: Ing. Martina Jurná

Obr. IV Teplotní čidlo ATM-2 v hale 1



Obr. V Čidlo DOL 114 na současné měření teploty a vlhkosti v hale 7





- Teplotní čidlo
- Vlhkostní čidlo
- Čidlo CO2
- ⊙ Čidlo teplota + vlhkost
- Nášlapná váha
- ⊙ Kominový ventilátor
- Topidla
- Osvětlení
- Krmná linka
- Napájecí linka

Pavel Šebelle

INVESTOR		KONTROLOVAL	
MÍSTO STAVBY	KRAJ	DOP. PROJEKTANT	Pavel Šebelle
STAVBA	Hala 1 a 7 nejmenované farmy	ZAKÁZKOVÉ ČÍSLO	
OBJEKT	Stavební část	STUP. DOKUMENTACE	3/2021
VÝKRES	Půdorys	MĚŘÍTKO VÝKRESU	1 : 450
		ČÁST DOKUMENTACE	Č. PŘÍLOHY
			III