

K. LÍKAŘ a kol.

ŘÍZENÍ MIKROKLIMA V CHOVU PRASAT



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky

Kamýcká 129, Praha 6 - Suchbát, ČR

tel.: +420 224 383 062

e-mail: stupka@af.czu.cz

www.czu.cz

ZDARMA - neprodejné

ISBN 978-80-213-2400-8

METODIKA

2013



Metodika je zpracována v rámci
řešení dlouhodobého koncepčního rozvoje „Institucionální podpora“,
institucionálního projektu č. 21320/1322/320-9.



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

ŘÍZENÍ MIKROKLIMA V CHOVU PRASAT

METODIKA

Autoři:

Ing. Karel Líkař, Ph.D.

doc. Ing. Roman Stupka, CSc.

doc. Ing. Michal Šprysl, CSc.

Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

Technická spolupráce:

Ladislav Šedivý

Dedikace:

2013

Ministerstvo zemědělství České republiky vydalo pro metodiku „Řízení mikroklima v chovu prasat“ osvědčení č. 17210/2013-5 o uznání uplatněné certifikované metodiky v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“.

Certifikovaná metodika navazuje na řešení dlouhodobého koncepčního rozvoje „Institucionální podpora“, institucionálního projektu č. 21320/1322/320-9.

1. Oponent: Prof. Ing. Václav Matoušek, CSc
JU v Českých Budějovicích
Studentská
České Budějovice

2. Oponent: Ing. Markéta Roubalová, CSc
MZeČR – oddělení komodit zvířat
Těšnov 65/17
110 00 Praha 1

Kontaktní adresa: doc. Ing. Roman Stupka, CSc.
ČZU v Praze
Kamýcká 129
165 21 Praha 6 - Suchdol

© Karel Líkař, Roman Stupka, Michal Šprysl, Jaroslav Čítek.

ISBN 978-80-213-2400-8

OBSAH

I.	Cíl metodiky	5
II.	Vlastní popis metodiky	5
1.	Úvod	7
2.	Požadavky na stájové mikroklima	9
	2.1. Teplota stájového prostředí	9
	2.2. Relativní vlhkost	14
	2.3. Vliv kombinace teploty a relativní vlhkosti	16
	2.4. Rychlost proudění vzduchu v zóně zvířat	22
	2.5. Obsah NH ₃ a CO ₂ v zóně zvířat	23
3.	Zásady tvorby a hodnocení optimálních životních podmínek prasat	24
	3.1. Minimální ventilace	24
	3.2. Maximální ventilace	26
	3.3. Průměrná ventilace	26
	3.4. Počet výměn vzduchu	27
	3.4. Podtlakové poměry ve stáji	29
4.	Monitoring stájového mikroklimatu	31
III.	Srovnání „novosti postupů“, zdůvodnění	33
IV.	Popis uplatnění metodiky	33
V.	Ekonomické aspekty	34
VI.	Seznam použité literatury	36
VII.	Přílohy	40

I. Cíl metodiky

Jestliže výživa hospodářských zvířat je založena na optimalizaci čtyř základních živin, tedy energie, N-látek, minerálií a vody, pak při tvorbě mikroklimatu stáje se pracuje de facto s pátou základní „živinou“, vzduchem. Svými, především teplotně-vlhkostními parametry, představuje mikroklima stáje reálnou kvalitu stájového prostředí, která odráží pohodu, zdraví a tím i efektivitu indoorových chovů hospodářských zvířat, tedy i efektivitu prasat. Princip spočívá ve správném nastavení prostředových faktorů, jejichž výsledkem jsou „komfortní“ mikroklimatické podmínky pro různé kategorie prasat.

Směrnice pro optimalizace stájového prostředí již delší dobu neodpovídají současným technologickým poznatkům (zavádění elektronických komponentů, řídicí, monitorovací technologie) i požadavkům moderních genotypů prasat. Problém spočívá v absenci dostatečně teoreticky a v přístupné formě zpracovaném návrhu na posuzování systémů tvorby mikroklimatu. Mnohé normy se odvíjejí pouze od „optimalizace“ jedné ze složek mikroklima, resp. od teploty ve vazbě na ventilaci stáje a její výkon (MZE ČR - Technická doporučení, 1999, ON 734502).

Cílem metodiky je předložit v uceleném přehledu chovatelské veřejnosti, projektantům a orgánům veterinárního dozoru, možnosti technologického řešení a techniky tvorby, řízení a posuzování stájového mikroklimatu v indoozech pro prasata. Komplexní výsledek stájového prostředí je funkcí interakcí systémů větrání, vytápění a chlazení stájového vzduchu. Na základě uvedených skutečností se metodika zabývá

- požadavky na stájové mikroklima jednotlivých kategorií prasat,
- zásadami při tvorbě a hodnocení optimálních životních podmínek prasat směřujících k vytvoření teplotně-vlhkostní „komfortní zóny“,
- možnostmi technologických systémů, resp. provozních souborů řízení mikroklimatu jako celku (systémy ventilace, vytápění a chlazení mikroklimatu včetně jejich interakcí),
- monitoringem stájového prostředí, tedy zjištěním skutečně dosahovaných parametrů stájového mikroklima.

II. Vlastní popis metodiky

Metodika se ve svých okruzích zabývá technologickými požadavky stájového prostředí v objektech pro jednotlivé kategorie prasat. Vychází z popisu a monitoringu hlavních proměnných, které v provozních souborech tvoří výslednou kvalitu mikroklima.

První okruh specifikuje požadavky na jednotlivé složky prostředí.

Druhý okruh pojednává o zásadách tvorby a hodnocení stájového prostředí z fyzikálního hlediska včetně interakcí a správného nastavení hlavních proměnných limitujících stájové prostředí.

V oblasti nastavení proměnných tvořících optimální stájové prostředí jsou v chovech prasat značné rezervy. Ty jsou skrytými možnostmi umožňující snížení provozních nákladů. Jejich redukcí je možné postupně zvyšování užitkovosti prasat. Toho cíle lze dosáhnout především testy subpopulací prasat (STUPKA et al., 2006), jejichž výsledky jsou vodítkem chovatelům k optimalizaci zootechnicko – plemenářsko organizačních opatření v chovech. Přitom je však souběžně nutné při této činnosti sledovat faktory prostředí. Potvrzuje se totiž, že právě tyto faktory se významně podílejí na manifestaci genotypu v konkrétních podmínkách prostředí. Vzhledem k tomu, že i genotypy prasat se mění, je nutné posuzovat vliv jednotlivých složek prostředí na zvíře v celém komplexu v relativně krátkém období. Jde o sledování jednotlivých složek prostředí, tedy teploty, relativní vlhkosti, proudění vzduchu a obsahu plynů ve stájovém vzduchu. S ohledem na danou stáj, kategorii zvířat, věk, včetně proměnlivosti jednotlivých parametrů vnitřního prostředí vlivem externího klimatu v dané oblasti v průběhu roku. Je nutné si uvědomit, že středoevropské klima není příliš vhodné pro chov prasat právě vzhledem k extrémním klimatickým rozdílům v průběhu roku. Jde o nízké venkovní teploty v zimním období (vysoké náklady na vytápění stájí), a vysoké teploty v období léta (vysoké nároky na ventilaci a chlazení stájového vzduchu).

Metodika dále zavádí pojem

- teplotně-vlhkostní „komfortní zóna“, což znamená vyjádření ideálního stavu stájového prostředí z hlediska užitkovosti, chování a zdravotního stavu prasat, přičemž jejich realizace na farmách přinese zlepšení jejich celkové ekonomiky,
- „pocitová teplota“, což je teplota korigovaná primárně relativní vlhkostí vzduchu ve stájovém prostředí a sekundárně rychlostí proudění vzduchu.

Třetí okruh řeší systém monitoringu kvality mikroklimatu a kontrolu jeho funkčnosti ve stájích pro prasata. Význam spočívá v možnosti použití získaných výsledků pro korekci, tedy optimalizaci nastavení stájového mikroklima. Dále v možnosti porovnávání výsledků chovu v různých podmínkách při různém nastavení proměnných stájového mikroklima. Pozitivní vliv kvalitního mikroklima na zdravotní stav prasat je jednou z funkcí výsledků efektivnosti chovů, resp. jednou z cest snížení nákladů (NOVÁK, 1993).

Vzhledem k vývoji legislativy EU je možné očekávat i certifikaci stájí pro prasata z hlediska kvality prostředí, tedy welfare, a to v podobném smyslu jako směrnice 2007/43/ES (ochrana kuřat chovaných na produkci masa). V jejím případě je dlouhodobě sledovaná úroveň teploty, relativní vlhkosti, úrovně NH_3 a CO_2 základní

metodou hodnocení pohody zvířat. K tomu jsou však zapotřebí vytvářet a sledovat průběžné databáze výsledků monitoringů stájových prostředí.

1. Úvod

Z celosvětového pohledu představuje chov prasat jedno z nejvýznamnějších odvětví živočišné výroby. Díky jejich multiparitě, krátkému generačnímu intervalu a vysoké růstové intenzitě je nepostradatelným zdrojem živočišné bílkoviny v lidské výživě.

Prasata se chovala již v pradávných dobách a měla významné postavení mezi jinými hospodářskými zvířaty (FILIP, 1996). Limit jejich chovu byl, je a bude funkcí spotřeby vepřového masa, která v posledních letech celosvětově mírně roste. V prostoru střeoevropském, však již od počátku 21. století, stagnuje. Přesto se předpokládá, že z celkové spotřeby masa na 1 obyvatele bude vepřové maso tvořit 40-45%, drůbeží maso 25-30 %, hovězí maso 25-30 % a ostatní druhy masa 1-5 %.

Ačkoliv se ve světě neočekává proporcionální růst produkce vepřového masa, poptávka po něm bude růst v závislosti na populačním nárůstu, posilování ekonomik, a tím koupěschopnosti obyvatel významných kontinentů jako Asie, Pacifik, Jižní Amerika.

Produkty z vepřového masa obsahují důležité množství proteinů, vitamínů, minerálií včetně stopových prvků, jež jsou esenciální pro tělesný růst a vývoj člověka. Zatímco celková spotřeba masa na hlavu v některých průmyslově vyspělých zemích je poměrně vysoká, spotřeba v rozvojových zemích bývá považována za nedostatečnou (méně než 10 kg). Odhaduje se, že více než 2 miliardy lidí na světě trpí deficitem klíčových vitamínů (A), minerálů (I, Fe, Zn), což je způsobeno omezeným přístupem lidské populace k potravinám bohatým na stopové prvky (maso, ryby, ovoce, zelenina). Výroba a konzumace vepřového masa je však v mnohých oblastech planety ovlivněna náboženstvím (islám). To znamená, že obyvatelé těchto zemí konzumují méně jak 20 g živočišných bílkovin na osobu a den, resp. 7,3 kg bílkovin/rok, což odpovídá roční spotřebě 33 kg libového masa. Rostoucí světová populace spolu s rostoucími příjmy jsou příčinou zvyšující se poptávky po mase, což vede k rozvoji živočišné výroby (FAO, 2011).

Pomalý, resp. stagnující populační nárůst obyvatel evropských zemí znamená pro chovatele prasat udržet výrobu vepřového masa na stávající úrovni, přičemž cílem je kontinuální zlepšování jeho kvality s využitím všech progresivních poznatků z oblastí genetiky, výživy, technologií, technik a managementu chovu (STUPKA et al., 2009).

Všeobecně opomíjenou skutečností v chovech prasat bývá tvorba mikroklima a nezalost jeho vlivu a dopadu na výsledky užitkovosti zvířat, jako je spotřeba a využití krmiv, úroveň zdraví, stres, reprodukce. S ohledem na pohodu zvířat, využití

krmiv a celkovou efektivnost chovu za významné složky prostředí považuje NOVÁK (1993) zejména

- teplotu stájového vzduchu (ideálně měřeno v zóně zvířat TINT),
- relativní vlhkost stájového vzduchu v zóně zvířat (RV),
- rychlost proudění vzduchu v zóně zvířat (VINT),
- obsah škodlivých plynů v zóně zvířat (zejména NH_3 , CO_2), s čímž dle OBERREUTERA (2005) souvisí
 - minimální ventilace pro odvod vznikající vlhkosti a NH_3 (v chladném období),
 - maximální ventilace pro odvod vznikajícího tepla (v teplém a horkém období),
 - počet výměn vzduchu ve stáji,
 - podtlakové poměry ve stáji.

Mikroklima lze ovlivňovat technickými prostředky (instalací provozních souborů), jejich nastavením a interakcemi mezi nimi (stájový management). V podmínkách ČR nelze uvažovat o systémech bez nucené ventilace a úpravě parametrů mikroklima bez temperace, alternativně i bez chlazení vzduchu. S ohledem na výše uvedené skutečnosti je nutná instalace systémů tvorby a řízení mikroklima, tedy provozních souborů zajišťujících

- ventilaci, umožňující různou intenzitu větrání, resp. kvantitativní výměnu vzduchu stáje,
- vytápění, tedy temperaci vzduchu stáje v období nižších teplot než požadovaných pro danou kategorii prasat,
- chlazení vzduchu, snižující teplotu vzduchu v teplém a horkém období roku,
- řízení stájového mikroklima, což představuje nastavení instalovaných prvků s cílem optimální funkčnosti a co nejnižší energetické náročnosti.

Kvalitu stájového prostředí a jeho složení, které je kvantifikováno dle této metodiky jako teplotně-vlhkostní komfortní zóna, ovlivňují jak jednotlivé složky, tak kombinace jejich vzájemného spolupůsobení. To lze posuzovat metodou založenou na interakci

- **teploty a relativní vlhkosti** [metody hodnocení pomocí teplotně-vlhkostního indexu (THI), teplotního indexu (HI) nebo teplotně-stresového indexu (HSI)],
- **teploty, relativní vlhkosti a proudění vzduchu** [metoda hodnocení pomocí efektivní teploty (EET)].

Správně fungující stájový systém musí být navržen, instalován a provozován zejména s ohledem na spolupůsobení výše uvedených proměnných.

Nevyhovující stájové systémy u velké části provozovaných farem či stájí jsou způsobeny zastaralými technologiemi, což vede k nekvalitnímu stájovému mikroklimatu. To přímo souvisí s bakteriální zátěží. Stav je tedy výslednicí

- chybějící kvalitní, jednoduché metodiky,
- neznalosti fyzikálních zákonitostí ze strany obsluhy,
- obecně špatným stavem technologických systémů ventilace, vytápění, chlazení a řízení mikroklimatu,
- velkých ročních výkyvů teploty na území ČR,
- neznalostí základních pojmů z oblasti bioklimatologie.

2. Požadavky na stájové mikroklima

Správně navržený a provozovaný systém tvorby a řízení stájového mikroklimatu musí umožňovat dosažení optimálních hodnot hlavních proměnných pro jednotlivé kategorie prasat, tedy vytvoření teplotně – vlhkostní komfortní zóny. Ta je předpokladem výrobní zóny s nejvyšší efektivitou produkce vepřového masa.

2.1. Teplota stájového prostředí (TINT)

Teplota vzduchu je nedílnou součástí hodnocení fyzikálního prostředí. Významně ovlivňuje fyziologii organismů, chování zvířat, welfare, užítkovost prasat. Vypovídá zejména o stavu tepelné zátěže či subjektivním pocitu tepelné pohody zvířete. Je jedním z faktorů zajišťujících optimální stájového prostředí. Optimální teplotu lze charakterizovat jako určitý stav rovnováhy mezi subjektem a okolím bez zátěže regulačního systému termoregulace prasete.

Ze všech nealimentárních vlivů je vliv teploty nejsnáze kvantifikovatelný (HEL, 1983). V důsledku životních procesů spojených se záchovou a růstem, produkuje prase teplo, sloužící k udržení jeho stále tělesné teploty. Tento efekt je spojený s optimálními podmínkami prostředí a je funkcí správné zootechnické práce (BUCHOVÁ et al, 1990).

Teplota je nejdůležitější veličinou používanou v biofyzice stájového prostředí. Je to základní stavová veličina pro hodnocení mikroklimatického prostředí a pro návrhy ventilačních, vytápěcích a regulačních zařízení.

Všeobecně rozšířenou chybou praxe je, že pro vnímání teploty stáje se používá pouze hodnota teploty odečtená na běžném teploměru bez vazby na odpovídající relativní vlhkost vzduchu dané stáje. Pro stanovení výsledné teploty stáji lze použít teploměry, a to

- *suchý teploměr*, kterým se měří teplota standardně; výsledek je teplota suchého teploměru, resp. dry bulb temperature (TDB),
- *mokrý teploměr*, který udává teplotu vzduchu takovou, jaká by byla při jeho 100 % RV; výsledek je teplota mokrého teploměru, resp. wet bulb temperature (TWB). Pokud je RV=100 %, potom se hodnota naměřená vlhkým teploměrem rovná teplotě suchého teploměru. Mokrý teploměr má měřicí sondu (baňku) obalenu textilií, která je nepřetržitě zvlhčována vodou. Mokrá teplota vzduchu, nazývaná psychrometrická, resp. teplota mokrého teploměru, bývá měřena v proudícím vzduchu a bývá nižší než TDB.
- psychrometr, kterým lze porovnat hodnoty teploty vzduchu na jak suchém (TDB), tak vlhkém teploměru (TWB).

Teplota zjištěná běžným, suchým teploměrem, má pro charakteristiku prostředí jen omezenou vypovídací schopnost. Pokud se v této fázi neuvažuje o vlivu proudění vzduchu, je nutné v bioklimatologii pracovat s pojmem teplota vlhkého vzduchu. Tím se rozumí teplota směsi suchého vzduchu a vodních par. Relativní vlhkost (RV) stájového vzduchu, tedy absolutní obsah jeho vodních par ovlivňuje zásadním způsobem vnímání teploty. Pro hodnocení kvality mikroklimatu a pohody zvířete tedy pouhé sledování teploty suchým teploměrem nestačí. Bohužel, ukazatel suchá teplota se stále běžně používá (ON 734502 – AGROPROJEKT, 1988). Prodejci různých genotypů prasat tak za suchou teplotu deklarují tzv. pocitovou teplotu, zaručující optimální užitkovost zvířat. Ta však nebere v úvahu relativní vlhkost. Skutečná pocitová teplota není tedy teplota suchého teploměru, ale tato hodnota je ovlivněná vyšší relativní vlhkostí ve stáji, jak dokumentuje Mollierův diagram (<http://www.qpro.cz/Mollieruv-diagram>). To znamená, že teplotu vzduchu ve stáji je nutné posuzovat dle pocitové teploty, tedy teploty odečtené přes teplotně – vlhkostní index THI (teplota TTHI). Tak se zohlední vliv relativní vlhkosti vzduchu. Hodnota TTHI se tak vždy nachází mezi teplotou suchého a mokrého vzduchu (MORRISON et al., (2005).

Tabulka 1. Návrh standardní teplotní křivky (TTHI) pro RV=50% (jiná RV znamená jinou interpolaci hodnot teplot)

Kategorie prasat		Věk (dny)		Dolní hranice teplotního pásma (°C)*	Doporučená teplota(°C) (TTHI při RV50)	Horní hranice teplotního pásma (°C)*
		Min.	Max.			
Selata	narozená	0	14	32,5	35	38,5
	s vyvinutou termorg.	14	21	30	33	36
	při odstavu	21	28	29,5	32	24,5
Selata v dochovu	7 - 13,4 kg	28-44	50	29,5	32	24,5
	13,5 - 22,4 kg	44-60	67	24	27	30
	22,5 - 29,9 kg	60-77	84	19	22	25
Výkrm prasat	30 - 49,9 kg	77-117	124	19	22	25
	50 - 89,9 kg	117-158	165	16	20	24
	90 - 120 kg	158-200	207	12	18	22
Prasničky	nad 60 kg	od 120	od 127	16	20	24
Prasnice	v laktaci	.	.	11	16	21
	březí	.	.	11	16	21
Kanci		.	.	11	16	21

* kalkulováno pro RV=50%

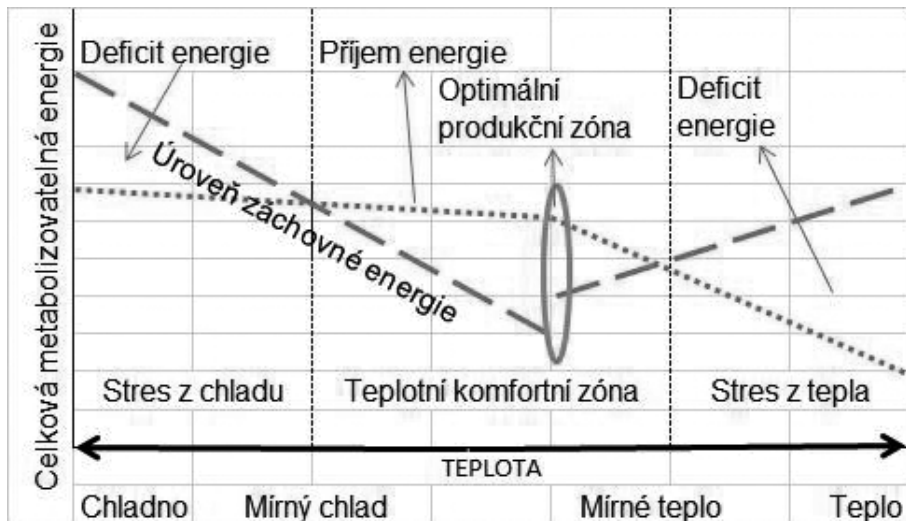
Ideální hodnocení prostředí z hlediska teploty, která je ovlivněna dalšími faktory prostředí, vychází z definice teplotně-vlhkostní „komfortní zóny“ a z interakce výživa x produkce tepla zvířetem. Prostředkem k bilanci a pochopení tepelných procesů v těle prasete je vztah mezi energií přijímanou (krmivo) a vydávanou (záchova + produkce), jejichž podíl má být co nejvyšší. Je vyjádřen rovnicí závislosti denního příjmu energie na stájové teplotě a hmotnosti prasete.

Horní kritická teplota (UCT) je parametr limitující maximální teplotu stájového prostředí. Je nižší u těžších zvířat, jejichž povrch těla je relativně větší, množství podkožního tuku vyšší. Starší prasata tedy reagují na vyšší stájovou teplotu výraznějším poklesem žravosti. Cílem je tedy udržet zvíře v tepelně neutrální zóně, ve které tělesná tepelná produkce odpovídá optimu využití přijaté energie jak pro záchovu tak produkci. Energie je tak ukládána v bílkovině i tuku.

Tepelně neutrální zóna je interval teplot, ve kterém se zvíře má chovat. V něm zvíře při stálé úrovni příjmu krmiva vykazuje konstantní minimum produkce tepla. Je ohraničena horní (UCT) a dolní (LCT) kritickou teplotou stájového prostředí.

Níže uvedený graf 1 uvádí teplotní rozpětí, ve kterém se má zvíře nacházet z hlediska tepelně vlhkostní pohody (optimální výrobní zóna). Jde o zónu, ve které bude maximum přijaté energie využito pro produkci. Graf rovněž dokumentuje vztah mezi produkcí tepla, tepelnými ztrátami a tělesnou teplotou s ohledem na teplotu okolí (PITCHER, 2000).

Graf 1. Průběh přijímané a záchovné energie při různé teplotě (PITCHER, 2000, LÍKAŘ, 2009).



Jak je zřejmé, pod LCT převládá vnímatelná tepelná ztráta, nad UCT ztráta výparem. Zóna mezi nimi je pásmo teplotní neutrality, tedy komfortní zóna. Její realizaci ve stáji lze docílit optimálně navrženými a umístěnými topnými zdroji (se započtením produkce tepla zvířaty), nebo chladicím systémem. Pokud se jedná o RV, ta, oproti teplotě, je ovlivněna ve stáji více zdroji (zvíře, vnější vzduch, napájecí voda, výkaly, apod.). Udržení jejího optima je možné pouze technickou úpravou přes teplotu a přívod čerstvého vzduchu, což ovlivňuje absolutní množství vodních par ve vzduchu. Pokud se regulace komfortní zóny nedaří, u zvířete začne fungovat fyzikální termoregulace (ZEMAN, 1979). Tou se zvíře snaží dosáhnout zóny komfortu. Je ovlivněna tělesnou regulací toku tepla, která je funkcí výšky tuku, ochlupení (srstí), pocením, intenzitou dýchání, omezením, či zvýšeným příjmem krmiva. Na venek se projevuje změnami chování zvířete (PEDERSEN et al., 2003). Účelem je udržet

tělesnou teplotu v úzkých hranicích dynamické rovnováhy tepelných ztrát a produkce. Jak bylo již uvedeno, jedná se o interval neutrální zóny, ohraničené LCT a UCT.

Pokud je organismus v neutrální zóně, pak jeho metabolismus, závislý na tělesné teplotě, nevykazuje nadměrné výkyvy fyziologických funkcí (REECE, 1998). Jeho tělesná teplota, s výjimkou povrchové, je, bez ohledu na teplotu vnějšího prostředí, relativně stálá. Jedná se o pásmo termální neutrality, zaručující dosažení nejvyšší užitkovosti prasat. Pokud je tělesná teplota mimo toto pásmo, dochází k aktivaci regulátorů teploty (REECE, 1998).

V případech podchlazení (stres z nízké teploty), kdy teplota organismu je pod hranicí LTC, se u prasete zvyšuje žravost, větší část energie však používá na záchovu, nikoliv na produkci. U teploty nad UTC, naopak, žravost a příjem energie z krmiva klesá, intenzita růstu klesá. Příjem energie je tedy funkcí kvality mikroklimatu, vyjádřenou převážně teplotou, resp. teplotní pohodou (CLOSE, 1989).

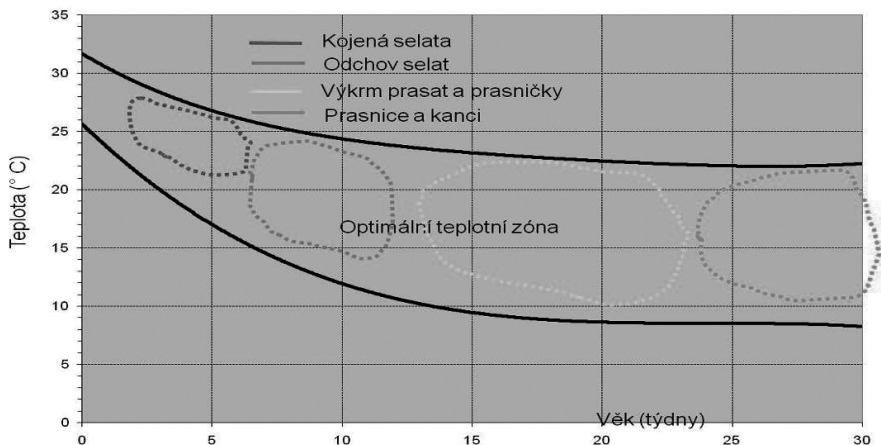
Jak dalece energetický metabolismus, termoregulaci, tepelné a behaviorální efekty u jednotlivých kategorií prasat ovlivňuje výživa, uvádějí PEDERSEN et al., (2003). V tomto ohledu autoři došli k závěru, že

- parametry prostředí ovlivňují produkci tepla,
- teplota významně ovlivňuje produkční vlastnosti všech kategorií prasat,
- existuje interakce teplota x výživa,
- nejproblematictější termoregulaci vykazuje kategorie selat.

Pokud se jedná o selata, jejich termoregulace je jedním z klíčových faktorů jejich přežití a následného vývoje (THOMPSON et al., 1967). Z hlediska teplotního komfortu je tato kategorie prasat nejnáročnější (LÍKAŘ, 2004). Zvláště kritické období je u nich 24-48 hodin post partum. Dle McGLONE (2002) selata

- vykazují velmi nízkou schopnost termoregulace,
- mají po narození tělesnou teplotu 10-14°C pod LCT,
- jejich tepelně izolační schopnost (tučnost) odpovídá maximálně teplotě 26°C.

Graf 2. Zjednodušené schéma komfortní zóny (OBERREUTER, 2005)



2.2. Relativní vlhkost (RV)

Obecně vzduch, tedy i stájový, je směsí vodních par, kyslíku, dusíku, a dalších plynů. Přestože vzduch obsahuje objemově méně než 1% vodních par, tyto představují hlavní faktor jeho fyzikálního chování. To je ovlivněno hlavně jeho energetickým obsahem, resp. tepelnou kapacitou, která na Zemi udržuje teplotu přijatelnou pro život (AIRSTREAM, 2000).

Relativní vlhkost ve stáji (RV_{INT}) udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl mít vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Relativní vlhkost φ udává míru nasycení vzduchu. $\varphi = 100\%$ znamená nasycený vzduch $pV = pVn$, což představuje hustotu samotných vodních par. Poměr obsahu skutečného obsahu vodních par k hmotnosti vodních par nasyceného vzduchu mV je RV_{INT} . Obsah vlhkosti ve vzduchu je dynamický proces, který se mění v závislosti na řadě faktorů. Stav vlhkého vzduchu může být

- nenasyčený, kdy při téže teplotě je parciální tlak vodních par (pV) ve vzduchu menší tlaku sytých par (pVn), tedy $pV < pVn$,
- nasycený, kdy $pV = pVn$,
- přesycený, kdy nasycený vzduch obsahuje ještě další vodu v kapalném či tuhém skupenství.

Pak platí, že

$$\varphi = \frac{m_v}{m_v''} = \frac{\rho_v}{\rho_v''} = \frac{p_v}{p_v''} \quad [-] \quad \varphi[\%] = 100 \cdot \varphi[-]$$

kde

- φ [Pa] relativní vlhkost,
 p_v [Pa] parciální tlak vodních par ve vzduchu,
 p_v'' [Pa]. tlak sytých vodních par ve vzduchu,
 ρ_v [kg/m³] hustota (měrná hmotnost) vlhkého vzduchu,
 ρ_v'' [kg/m³] hustota (měrná hmotnost) nasyceného vlhkého vzduchu,
 m_v [kg] hmotnost vodní páry obsažené ve vzduchu,
 m_v'' [kg] hmotnost suchého vzduchu.

Svémi vlastnostmi se vzduch (suchý/vlhký) blíží ideálnímu plynu, pro který platí Daltonův zákon (MAREŠ, 2006). Ten říká, že ve směsi plynů se každá složka chová tak, jakoby daný prostor za stejných podmínek vyplňovala sama, a to při svém parciálním tlaku. Rovněž uvádí, že úhrnný tlak plyné směsi je dán součtem parciálních tlaků všech složek. Lze pak konstatovat, že statický tlak vlhkého vzduchu je roven součtu parciálních tlaků suchého vzduchu (p_a) a vodních par (p_v). Množství vodních par ve vzduchu je jeho vlhkostí. Vyjadřuje se různě,

- často jako absolutní vlhkost, což je poměr mezi hmotnostmi vodních par (m_v) a objemem vzduchu (V),

$$a = \frac{m_v}{V} = \rho_v \quad [\text{kg/m}^3; \text{g/m}^3]$$

- pro vzduchotechnické výpočty jako měrná vlhkost (x), což je hmotnost vodních par (m_v) vztažená k hmotnosti suchého vzduchu (m_a)

$$x = \frac{m_v}{m_a} \quad [\text{kg/kg s.v.}; \text{g/kg s.v.}]$$

Problematika snižování/zvyšování RV stájového vzduchu včetně její korekce na teplotu je značně složitá. Příliš vysoká vlhkost stájí podporuje rozvoj mikroorganismů, příliš nízká způsobuje prašnost, dýchací problémy (AEROTECH, 2000). Složitost prohlubuje navíc interakce teplota x RV vzduchu, která tak určuje pocitovou teplotu. Ta je funkcí vlhkosti vnějšího vzduchu přiváděného do stáje, dýcháním zvířat, evaporací, systémem a kapacitou vytápění, větrání, odparu, technologiemi krmení a ustájení.

Tabulka 2. Doporučené hodnoty RV vzduchu pro jednotlivé kategorie prasat

Kategorie prasat	Živá hmotnost (kg)	RV (%)	
		Optimum	Maximum
Selata	do 6 - 7	50 - 60	65
	7 - 15	50 - 65	70
	15 - 25 (30)	50 - 70	75
Odchov prasniček	30 - 60	50 - 70	75
Prasnice nezapuštěné, nízkobřezí, březí a kanci	nad 60	50 - 75	75 - 80
Prasnice kojící	180 - 250	50 - 70	75 - 80
Výkrm prasat	30 - 50	50 - 70	75
	50 - 90	50 - 75	80
	90 - 120	50 - 70	85

(MZE ČR-Technická doporučení 1999)

Vzhledem k existenci vazby RV na určitou teplotu stáje, je nutné přesný stav vzduchu měřit Assmannovým aspiračním psychrometrem. Jeho výstupem jsou 2 teploty. Teplota suchého a mokrého teploměru. Mokrý teplota bývá tím nižší, čím nižší je RV vzduchu měřeného prostředí. Principem je odpar vody na mokřem teploměru, tedy chlazení. Tímto principem lze ochlazovat vzduch až na úroveň „mokrý teploty“, tedy na úroveň teploty mezního adiabatického ochlazení (JOKL, 1977). Poznatek je extrémně důležitý pro modulaci stájového vzduchu, jež podmiňuje charakteristické chování prasat.

Například suché teplotě (TDB) 30°C a RV 30%, odpovídá mokrý teplota (TWB) cca 18°C. Ze znalosti TDB a TWB vzduchu je možné z Mollierova diagramu či psychrometrických tabulek určit stav vzduchu, tedy teplotu, RV, vodní obsah, entalpii a další hodnoty. RV nad 70% vyvolává při vysoké teplotě vzduchu pocit dusna, vzniká šíření plísní a roztočů (CHMELA, 1993).

2.3. Vliv kombinace teploty a relativní vlhkosti

Důležitější než vliv samotné teploty či RV jsou jejich kombinace. Dle NOVÁKA et al.(1998) RV zkresluje působení teploty na zvíře. Při vysoké teplotě se vzrůstem RV pociťuje prase vyšší teplotu, než je TDB. V určité konfiguraci se dostává za hranici teplotního stresu, přestože TDB ve stáji zůstává konstantní, subjektivně v optimálních hranicích. Při nízkých teplotách s rostoucí RV prase nižší teplotu pociťuje intenzivněji. Obdobné zásady platí při opačné konfiguraci. Se snižující se

RV při stabilní teplotě se snižuje vnímaná úroveň teploty. Teplotní optimum je tedy důležité neposuzovalo pouze dle TDB, která má dle BOTTCHERA (2001) prakticky minimální vypovídací hodnotu (pseudoteplota), nýbrž tuto posuzovat přes RV (teplotně-vlhkostní komfortní teplota/zóna).

Pokud jde o praxi, nejčastějším nedostatkem mikroklimatu ve stájích prasat je vysoká RV. Je proto nutné větrat tak, aby vlhkost stájového vzduchu nepřekročila doporučené hodnoty, a to i za cenu snížení teploty až na spodní hranici komfortní zóny (LÍKAŘ, 2000). Rovněž platí, že čím mladší prase, tím užší pásmo jeho teplotní neutrality (ALBRIGHT, 1990; LÍKAŘ, 2006).

Skutečnou teplotu, resp. úroveň teplotně-vlhkostního mikroklimatu lze posuzovat pomocí

- teplotně vlhkostního indexu (THI),
- teplotního indexu (HI),
- teplotního stresového indexu (HSI).

2.3.1. Teplotně vlhkostní index (THI)

Teplotně vlhkostní index (temperature and humidity index=THI) (MORRISON et al; 2005) vyjadřuje vztah mezi teplotou a RV z hlediska pocitového vnímání ve °C platí, že

$$THI = T_{ab} + (0,36 \times T_{dp}) + 41,5, \text{ kde}$$

T_{ab} je teplota suchého teploměru,

T_{dp} je teplota rosného bodu.

THI je metodou hodnocení pohody zvířete a lze ji považovat za základní pomůcku při hodnocení teplotně-vlhkostního mikroklima v zóně zvířat. THI má na ose x teplotu prostředí, na y RV vzduchu. Je používán ve formě grafů s křivkami, které spojují stejné hodnoty THI. Tyto křivky zobrazují odpovídající úroveň pocitové teploty. Lze tak odvodit požadovanou teplotu při měnící se RV a naopak. Index má na jedné straně zóny pro optimální pocitovou teplotu, mírně chladné až chladné mikroklima, na opačné straně zóny teplého, horkého a velmi horkého mikroklima. Grafy pak existují pro každou kategorii prasat (graf 3.).

Z pohledu optima zvířete se THI musí pohybovat v hodnotách 72-76, pro starší kategorie méně 70 (OBERREUTER, 2005). Hodnoty THI vyšší 90 (vzduch bez úpravy) znamená výraznou nepohodu, stres, a tím i snížení dosahované užitkovosti.

Z uvedeného vyplývá, že pokud RV stájového vzduchu stoupá, musí se vzduch chladit, pokud stoupá teplota, musí se snížit RV. Výše THI je tak ukazatelem komfortu prostředí bez ohledu na rychlost proudění vzduchu v zóně zvířat.

Graf 3. THI diagram pro prasata věku 0-5 týdnů (OBERREUTER, 2005)

RH (%)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Tdb (°C)										
0	31	34	36	37	38	39	39	40	41	41
1	32	35	37	38	39	40	41	41	42	43
2	34	37	38	40	41	41	42	42	43	44
3	35	38	40	41	42	43				45
4	36	39	41	42	43	44				47
5	38	40	42	44	45	45				48
6	39	42	44	45	46	47				49
7	40	43	45	46	47	48	49	50	50	51
8	41	44	46	47	49	49	50	51	52	52
9	43	46	47	49	50	51	52	52	53	53
10	44	47	49	50	51	52	53	54	54	55
11	45	48	50	51	53	53	54	55	56	56
12	46	50	51	53	54	55	56	56	57	58
13	48	51	53	54	55	56	57	58	58	59
14	49	52	54	55			58	59	60	60
15	50	53	55	57			60			
16	52	55	57	58			61			
17	53	56	58	59			62			
18	54	57	59	61	62	63	64	64	65	66
19	55	59	61	62	63	64	65	66	66	67
20	57	60	62	63	65	66	66	67	68	68
21	58	61	63	65	66	67	68	68	69	70
22	59	62	65	66	67	68	69	70	71	71
23	61	64	66	67	69	70	70	71	72	72
24	62	65	67	69	70	71	72	73	73	74
25	63	66	68	70	71	72	73	74	75	75
26	64	68	70	71	73	74	74	75	76	77
27	66	69	71	73	74	75	76	77	77	78
28	67	70	72	74	75	76	77	78	79	79
29	68	72	74	75	77	78	78	79	80	81
30	69	73	75	77	78	79	80	81	81	82
31	71	74	76	78	79	80	81	82	83	83
32	72	75	78	79	80	82	82	83	84	85
33	73	77	79	81	82	83	84	85	85	86
34	75	78	80	82	83	84	85	86	87	87
35	76	79	82	83	84	86	87	87	88	89
36	77	81	83	84	86	87	88	89	89	90
37	78	82	84	86	87	88	89			92
38	80	83	85	87	88	90	91			93
39	81	84	87	88	90	91	92			94
40	82	86	88	90			93	94	95	96
41	83	87	89	91			95	95	96	97
42	85	88	91	92			96	97	98	98
43	86	90			95	96	97	98	99	100
44	87	91			96	98	99	100	100	101
45	88	92	95	96	98	99	100	101	102	102

CHLADNÉ
MIKROKLIMA

MÍRNĚ
CHLADNÉ
MIKROKLIMA

OPTIMÁLNÍ
MIKROKLIMA

TEPLÉ
MIKROKLIMA

HORKÉ
MIKROKLIMA

VELMI HORKÉ
MIKROKLIMA

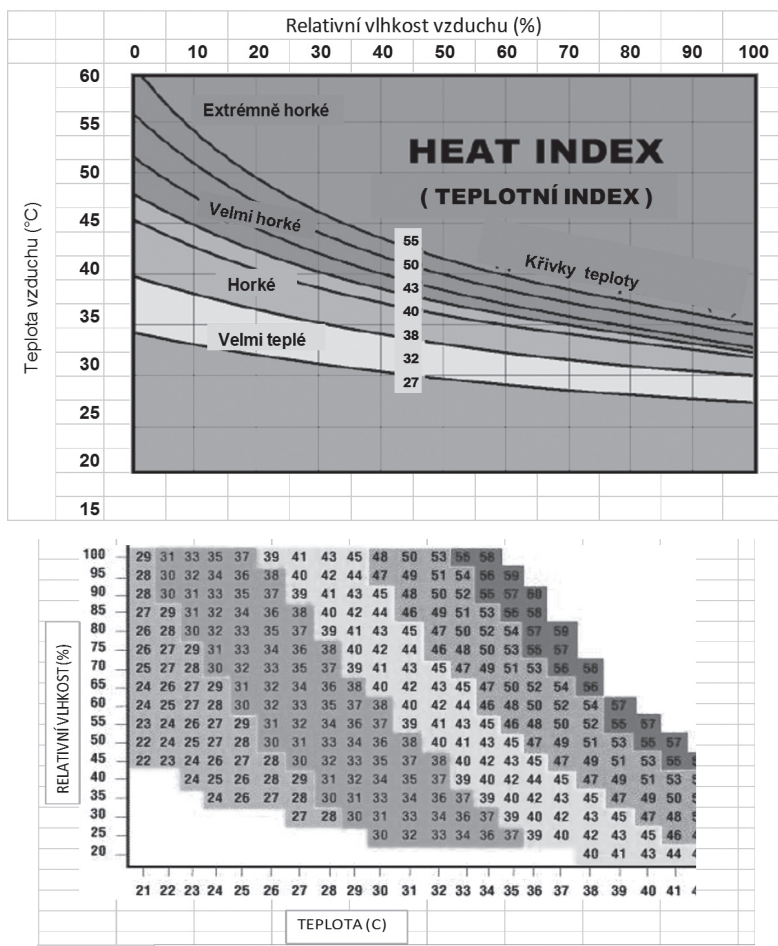
Teplota stáje, korigovaná k RV vzduchu ve stáji podle THI, je teplotou určující hranice pásma teplotní neutrality, tedy indexem pohody.

2.3.2. Teplotní index (HI)

Stanovení teplotního indexu (heat index) je další významná možnost hodnocení mikroklimatu. Zohledňuje vnímání teploty zvířetem, ovlivněnou RV. Tento index udává vztah pocitové teploty při konstantní RV, nebo změny RV při konstantní teplotě.

Zvířecí tělo se ochlazuje pocením, čímž odvádí přebytečné teplo. Pokud je RV vysoká, rychlost odpařování se snižuje. Teplota těla se však nesníží tak, jak v případě suchého vzduchu. Dochází tak k přehřátí organismu, což fatálně v negativním směru ovlivňuje užitek a zdraví prasat (FANGER, 1972). Pro zootechnickou praxi se za optimální HI (graf 4) považuje hodnota 30, výjimečně 40.

Graf 4. Teplotní index v závislosti na teplotě a RV



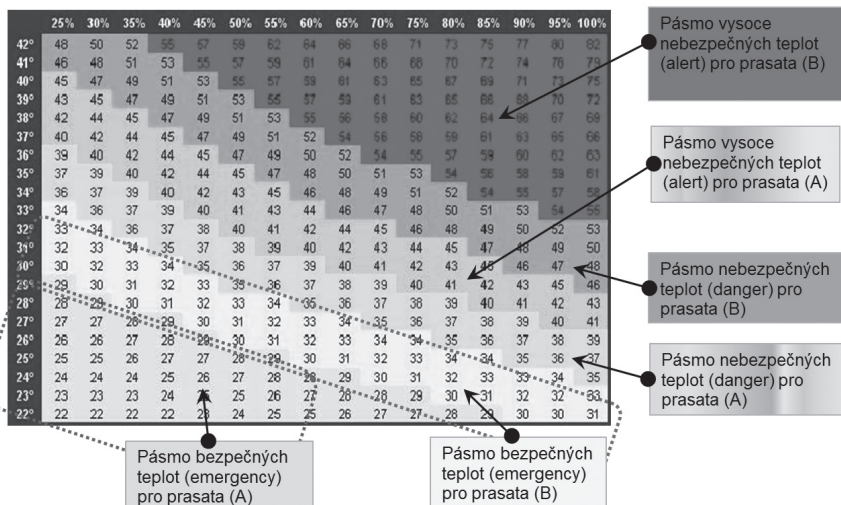
2.3.3. Teplotní stresový index (HSI)

Obdobou HI je metoda určující teplotně-vlhkostní závislosti vnímání teploty. Jedná se o heat stress index. HSI vyjadřuje pocitovou teplotu (závislost teploty suchého teploměru na RV) přijatelněji než THI. Nadměrná vzdušná vlhkost nedovoluje tělu se potit, což pak působí dojmem vyšší stájové teploty. HSI chovateli umožňuje nastavit ventilační systém v závislosti na vnějších meteorologických podmínkách, nebo na teplotně vlhlostních podmínkách stáje (ROZEBOOM et al., 2000). V zásadě HSI dělí různé úrovně kombinací teplot a RV z hlediska působení na organismus do 3 zón (tabulka 3). Tyto jsou

- *alert*, vysoce nebezpečná, hodnotami nad 50,
- *danger*, nebezpečná, hodnotami v intervalu 35-50,
- *emergency*, bezpečná, hodnotami v intervalu 30-35.

S ohledem na rozdílnou vnímavost druhů zvířat i jejich kategorií k teplotě a RV, je členění zón přibližné. Pokud se jedná o prasata, z důvodu absence potních žláz, mají výše uvedené zóny posunuty níže.

Tabulka 3. HSI prasat 60-90kg (A) a 90-120kg (B) (GANONG, 1995; OBERREUTER, 2005)



Zónu alert nutno chápat jako hranici přežití zvířat. Nad ní, pokud se mikroklima nezačne řešit příslušnými technickými prostředky (chlazení, ventilátory, voda ad libitum, zvýšené proudění vzduchu), dojde k teplotnímu stresu s následnou smrtí.

2.3.4. Kombinace teploty, relativní vlhkosti a proudění vzduchu- efektivní teplota (EET)

Jak bylo výše uvedeno, posuzování mikroklimatu stáje suchým teploměrem je zavádějící. Teplota nikdy nevyjadřuje skutečnou pocitovou teplotu zvířete. Pro běžné účely postačuje teplotu mikroklimatu hodnotit dle THI, HI, či HSI. Pokud se u výše uvedených hodnocení rovněž zohlední efekt proudění vzduchu, lze hovořit o metodě efektivní teploty (EET). Stanovení „pocitové teploty“ metodou effective environmental temperature (tabulka 4) se jeví optimální pro hodnocení skutečné, zvířetem vnímané teploty prostředí, zejména při použití specifických systémů větrání (tunelová ventilace).

Mezi prasaty a vnějším prostředím probíhá stálá tepelná a látková výměna, která vytváří pocit tepla či chladu. Mikroklima stáje působí bezprostředně na životní pochody v organismu. Snížení EET pod optimum zvyšuje žravost (STORLIDE, 2006). Vlhkost, teplota a proudění vzduchu ovlivňují produkci tepla a v jistém poměru vytváří pocit pohody. Tento je dán minimem poměru energie na záchovu a maximem podílu využitelné energie na produkci. Pro EET pak platí, že

$$EET = T_{db} - T_{de} - T^w, \text{ kde}$$

T_{db} - teplota suchého teploměru,
 T_{de} - teplotní rozdíl dosažený v závislosti na RV vzduchu evaporací,
 T^w - ochlazení zvířete prouděním vzduchu (wind chill)

V podstatě T_{de} je rozdíl teplot $T_{db} - T_{wb}$ (tedy suchý - vlhký teploměr dle Mollierova diagramu).

Tabulka 4. Rozpětí EET pro jednotlivé kategorie prasat (STORLIDE, 2006).

Hmotnost (kg)		Interval EET		LCT
Min.	Max.	Min. (°C)	Max. (°C)	(°C)
5	7	29,4	32,2	25,6
7	11	23,9	26,7	21,1
11	23	19,4	23,9	18,3
23	68	15,6	21,1	12,8

Pro praxi je důležité (STORLIDE, 2006), že snížení EET o 2,8 °C pod optimum znamená snížení intenzity růstu o 10-15%.

2.4. Rychlost proudění vzduchu v zóně zvířat

Proudění vzduchu je významným kvalitativním faktorem mikroklíma. Tu zahrnuje interakci vlastního proudění vzduchu a vnímání teploty zvířetem, což je funkcí množství výměn vzduchu ve stáji spolu s jejími podtlakovými poměry. Rychlost proudění vzduchu V ($m.s^{-1}$) je veličinou charakterizující pohyb vzduchu v prostoru. Má svou velikost a směr. Protože v prostoru značně kolísá, je nutné změny vyjadřovat střední hodnotou v čase.

Vliv proudění vzduchu ve stáji na teplotu udává teplota kulového teploměru (T_g). Ten monitoruje teplotu okolí zvířete a zahrnuje vlivy současného působení teploty vzduchu, okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu (tabulka 5).

Tabulka 5. Doporučené nejvyšší rychlosti proudění vzduchu (Technická doporučení MZE ČR, 1999)

Kategorie prasat	Doporučená nejvyšší rychlost proudění vzduchu ($m.s^{-1}$)		
	minimum do	optimum	vyšší optima
Dochov selat	0,05	0,2	0,3 – 0,5
Výkrm prasat	0,08	0,3	1,0 (v závěru do 1,5 m/s)
Odchov ♀ ♀ zapaštěné a březí ♂	0,08	0,3	2
♀ kojící	0,05	0,2	0,5

Regulaci rychlosti proudění vzduchu se využívá k pozitivnímu účinku proudícího vzduchu na pocitové vnímání teploty v teplém až horkém období roku. V chladném období se jeho negativní vliv projeví při průvanu. V tomto případě se zvíře ocitá mimo zónu teplotní neutrality, což se projeví na zdravotním stavu a užitkovosti (AIRSTREAM, 2000; OMDVEDT et al, 2004). V horkém období, ve stájích s nedokonalou vzduchotechnikou, naopak, zvýšená rychlost proudění vzduchu pomáhá posouvat hranice „pocitové“ teploty blíže k neutrálnímu pásmu.

Vliv proudění vzduchu na pocit teploty vyjadřuje indexem proudění vzduchu (WCI). Měrné jednotky wind chill indexu (též new indexu) jsou v $^{\circ}C$, resp. km/hod. Platí, že

$$T_{WC} = 13,12 + 0,6215 T_{INT} - 11,37 v^{0,16} + 0,3965 T_{INT}^* v^{0,16}, \text{ kde}$$

T_{WC} - efektivní wind chill teplota ($^{\circ}C$),

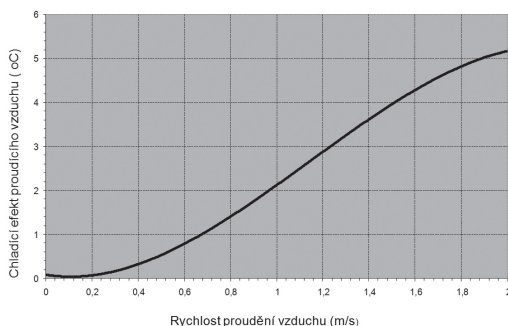
T_{INT} - teplota vzduchu ($^{\circ}C$),

v - rychlost proudění vzduchu (km/h).

Uvedený vztah dokumentuje, jak prase pociťuje teplotu při různé rychlosti proudění vzduchu, konstantní teplotě a RV (tabulka 6, graf 5).

Tabulka 6, graf 5. Vliv rychlosti proudění vzduchu na pocitovou teplotu v podmínkách ČR

Rychlost proudění vzduchu (m/s)	„Wind chill“ teplota (°C)
0,1	0
0,25	0,5
1,5	4
3	6
5	7
8	8
10	9



Podmínka úspěchu využití tohoto jevu je kvalitní regulace rychlosti proudění vzduchu. V praxi je nutné rychlost proudění vztahovat k četnostem výměny vzduchu ve stáji. Ta závisí od kubatury stáje, danou zejména její výškou. U nízkých stájí se totiž požadavky na výkony ventilace při snaze o wind chill - efekt zvyšují, čímž stoupá rychlost proudění vzduchu. U nových stájí lze správnou výškou stáje rychlost vzduchu úspěšně regulovat. V každém případě by počet výměn vzduchu neměl přesáhnout 35-40 výměn/hodinu (FUNKI, 1999).

2.5. Obsah NH₃ a CO₂ v zóně zvířat.

Ve stájovém vzduchu je na 150 druhů škodlivých plynů. Z nich největší problém pro zvířata představuje amoniak (NH₃), oxid uhličitý (CO₂). Dalšími významnými jsou sirovodík, metan, merkaptany. Všechny tyto negativně působí na zdraví a užitkovost prasat, a to v momentu, kdy jejich koncentrace překročí doporučenou mez. Ta je pro CO₂ <1500 ppm, NH₃ <10 ppm a H₂S <3-4 ppm (DOLEJŠ et al; 2003). Jejich produkce je výsledkem jak běžných biologických procesů ve stáji, tak i dalších faktorů, které působí proti homeostázi organismu (nekvalitní prostředí, stres, špatná výživa).

3. Zásady tvorby a hodnocení optimálních životních podmínek prasat

Systém stájového mikroklima musí zahrnovat všechny složky a prvky tak, aby v každém období roku byl schopen optimalizovat minimálně teplotní a vlhkostní parametry stájového vzduchu, tedy zaručil zvířatům pohodu žití (welfare). Základem jeho funkčnosti je správný návrh ventilačního systému ve vazbě na topný, chladicí a řídicí systém, zabezpečující 3 základní režimy ventilace, a to

- minimální pro chladné období,
- maximální pro teplé a horké období,
- průměrnou pro běžné období roku (jaro, podzim).

Správná realizace každého uvedeného režimu nutně vyžaduje

- separátně zohlednit požadavky uvedené v části 2,
- správně kalkulovat počet výměn vzduchu ve vztahu ke kubatuře stáje, rychlosti proudění vzduchu a podtlakové poměry ve stáji,
- navrhnout systém přírodních a odtahových prvků ventilačního systému (jejich typ, počet a umístění) a odpovídající topný, chladicí a řídicí systém.

3.1. Minimální ventilace

Při návrhu nebo posuzování kvality stájového prostředí v období, kdy vnější vzduch je chladnější než požadovaná stájová teplota, je z ekonomických důvodů potřeba snížit výkon ventilace na *minimální ventilaci*. Její správná funkčnost (systém se vždy nastavuje na vyšší úroveň níže uvedených proměnných) je podmíněna

- odvodem vodních par, tedy vzdušné vlhkosti, vznikající ve stáji zvířaty dýcháním, odparem, přičemž výsledná RV se má udržet pod 75-80 %,
- koncentrací NH_3 ve stáji, která se má udržet u selat pod 10ppm, prasnic 10-12ppm, výkrmu 10-15ppm.

Minimální ventilace v chladném období s úspěchem využívá efektu, kdy chladný vzduch s malým obsahem vodních par vstupuje do stáje, kde se nasycuje vodními parami a takový vzduch je následně spolu s touto vzdušnou vlhkostí odváděn ze stáje (MEYER, 2001). Tendence obsluhy stáji omezit přívod vnějšího vzduchu zvyšuje úroveň RV ve stáji, důsledkem čehož jsou, zdravotní problémy, stres (podstata THI, HSI). Množství odváděné vodní páry vychází z rozdílu množství vodních par mezi venkovním a vnitřním vzduchem a absolutním množstvím vody ve stájovém vzduchu při dané teplotě a RV. Po přepočtu přes parametry vnějšího vzduchu se získá nová, změněná úroveň RV. Ta je odvozená z teploty vzduchu uvnitř stáje a sníženého absolutního obsahu vodních par (ACME, 1994). Jde o dynamický proces měnící se plynule i skokově s časem, včetně změny parametrů venkovního vzduchu, růstu zvířat a dalších parametrů.

Při simulování interakce teploty a rychlosti proudění vzduchu je nutno konstatovat, že při sníženém proudění vzduchu se zvýší schopnost odvodu vlhkosti (resp. vodních par). Ve stáji se tímto zvýší rychleji teplota, tedy i schopnost vzduchu pojmout více vodní páry. Čím teplejší vzduch, tím větší schopnost snížit RV, avšak do momentu, kdy ztráty tepla konstrukcemi již proporcionálně převýší možnosti zvyšování teploty (ACME, 1994). Příliš malá či velká výměna vzduchu tak znamená vždy vlhké povrchy. ACME (1994) uvádí, že pro systém vytápění, odpovídající kapacitně požadovaným kritériím v takovém období, lze orientačně kalkulovat 0,69 kW/1kg vody/hod.

Schopnost vzduchu pojímat vodní páry je zásadně ovlivněna rychlostí proudění vzduchu ve stáji. Přiváděný studený venkovní vzduch, který se pohybuje napříč stájí, se pod stropem ohřeje. Pokud je rychlost proudění vzduchu v doporučených mezích, teplota studeného venkovního vzduchu od vstupu do stáje, při správném nastavení ventilace, se zvyšuje na každých 1,2 metru v horizontálním směru o 1/2 rozdílu obou teplot. Studený, suchý vzduch, vstupuje do budovy a objemově přibližně stejné množství teplého, vlhkého vzduchu, opouští budovu (rozdíl je způsoben úrovní podtlaku). Teplota a vlhkost vzduchu opouštějícího budovu je vyšší, než byly hodnoty vzduchu vstupujícího do budovy. Teplota, nadměrná vlhkost, patogeny včetně plynů jsou tak vysávány ze stáje (BOTTCHEER et al., 2001).

Minimální ventilace by měla být dostatečná i pro snížení koncentrace NH_3 na deklarovanou hodnotu 10-15ppm. Při výpočtu produkce NH_3 se minimální objem ventilace kalkuluje jako poměr mezi maximální a požadovanou úrovní NH_3 ve stáji.

Vzhledem k tomu, že roční produkce N/ha (podmíněná řadou faktorů, včetně emisí NH_3) je v EU limitujícím faktorem velikosti chovu, výpočet produkce NH_3 vychází ze zákona č.86/2002 Sb. O ochraně ovzduší a Věstníku MŽP. Pro vykazování roční bilance NH_3 se emise NH_3 stáji prasat počítají jako součin průměrného ročního počtu zvířat a součtu dílčích emisních faktorů (tabulka 7). Kalkulace minimální ventilace se provádí obdobně jako výpočet pro snížení RV ve stáji.

Tabulka 7. Produkce NH_3 jednotlivými kategoriemi prasat

Kategorie	Emisní faktor pro kejdu [kg NH_3 /zvíře-1.rok-1]
selata	2
prasnice (rodící a kojící)	2,8
prasnice jalové a březí	4,1
prasata výkrm a odchov	2

3.2. Maximální ventilace

V teplém/horkém období se ventilace dimenzuje na kapacitu snižující teplotu stáje. K tomu je třeba

- správné dimenzování výměny vzduchu ve stáji (ventilace) na maximální odvod tepla,
- možnost ochlazení vstupního vzduchu,
- ochlazením zvířat pomocí zvýšené rychlosti proudění vzduchu tunelovou ventilací,
- mícháním vzduchu cirkulačními ventilátory,
- instalací chladicího zařízení (McGLONE et al., 2003).

V případě přibližně stejné tělesné teploty prasat a cirkulujícího vzduchu je efektivní chladicí potenciál vzduchu, v případě prvních dvou opatření, nulový. Při této situaci je nutné snížit teplotu vstupujícího vzduchu do stáje chladicím zařízením. Nižší teplota vzduchu pak absorbuje přebytečné tělesné teplo. Jeho produkce se sníží, prase se cítí komfortněji (BRUCE, 1999). Použití chladicího systému na jedné straně sice snižuje teplotu stájového vzduchu, na druhé však zvyšuje RV (MOBERG, MENCH, 2000). Reálná schopnost pro chlazení vzduchu zařízením využívající princip odparu je jeho zchlazení na úroveň rozdílu mezi teplotou suchého a mokrého teploměru (BOTTCER et al, 2001). V podmínkách ČR lze počítat, že snížení teploty o 1°C vyvolá zvýšení RV o 1,3-1,4 %. Odpařovací zařízení používá k přeměně tekuté vody na vodní páru latentní teplo. Proces odpařování tak odstraňuje teplo ze vzduchu.

3.3. Průměrná ventilace

V období kdy se venkovní teploty pohybují na úrovni průměrných ročních teplot, je provozování běžných systémů ventilace nejjednodušší. Řídicí systémy se nastavují na střední hodnoty výkonu (tabulka 8).

Návrh technologických systémů větrání, vytápění, chlazení a tvorba optima mikroklimatu stájí, v souladu s kritérii welfaru, závisí významně i od kvality stavby. Doposud se tyto systémy hodnotily v ČR podle ON 734502, resp. vyrovnané energetické bilance stáje. V zásadě se jedná o výpočet ztrát tepla obvodovými konstrukcemi, ztrát tepla ventilací a jejich zápočet proti produkci živočišného tepla. Postup však je velice komplikovaný, z pohledu nových skutečností již nevyhovuje (LÍKAŘ, 2005). Nicméně lze kalkulovat, že chladné, špatně izolované, nebo studené stavby, do chovů prasat vůbec nepatří. V nich prakticky nelze zajistit odpovídající prostředí již jen z titulu variability teplot a RV v průběhu dne, resp. roku (PEDERSTREN et al., 2003).

3.4. Počet výměn vzduchu

Jestliže problém minimální ventilace je v minimu množství čerstvého vzduchu přiváděného do jednotlivých míst stáje, problémem maximální ventilace je funkce počtu výměn vzduchu (kapacita větracího systému po odečtení ztrát na objem stáje) za časovou jednotku. V současnosti se vychází z požadavků ON 734502 a Technických doporučení (MZE ČR, 2006). Hodnoty v nich uvedené však již jednoznačně neodpovídají potřebám zvířat (FRASER et al., 1990; Komise ES, 2001). Nedostatečnost systémů větrání, dimenzovaných podle těchto norem tedy nedostatečné výkony větracích systémů, jsou v období vysokých teplot u většiny stájí v ČR velkým problémem. Lze to dokázat bilancí produkce tepla zvířaty v optimálních teplotách. Pokud se však výkon ventilace nekontrolovatelně zvýší nad určitý rámec, stáj nemá přitom odpovídající objemové parametry, nastává průvanu. Ten je nejvíce rizikový v určité vazbě na nízkou teplotu přiváděného vzduchu v chladném období či vysokou RVEXT v teplém období. V létě však vyšší rychlost proudění vzduchu zvířata ochlazuje (wind chill-efekt). Navržené ventilační systémy s ohledem na teplotně - vlhkostní pohodu musí rovněž být schopny kontrolovat počet výměn vzduchu ve stáji, přičemž jejich četnost především ovlivňuje výška stáji (FUNKI, 1999). Ta je podmínkou dosahu proudu vzduchu, který je maximálně 2,5-3 násobkem efektivní účinné výšky (od podlahy po spodní hranu přívodní vzduchové klapky).

U stájí mající rovný podhled se doporučuje počet výměn vzduchu maximálně 30-35x/hod, v případě šikmého podhledu 35-40x/hod.

Tabulka 8. Požadované hodnoty kapacity ventilace (výměn vzduchu)

Kapacity vzduchu na období a zvíře									
Kategorie prasat	Živá hmotnost (kg)	Chladné období	Období středních teplot	Horlé období					
				Větrání bez tunelového efektu		Tunelové větrání bez chlazení (*a)		Tunelové větrání a chlazení (*a)	
				Kapacita (m ³ /h/ks)	Výměny vzduchu (m ³ /h/ks)	Rychlost proudění (m/s)	Výměny vzduchu	Rychlost proudění (m/s)	Výměny vzduchu
Prasnice rodící	180	34	136	1100	40 (*b)	****	****	****	****
Předvýkrm	4,27	3,9	25	65	****	****	****	****	****
Výkrm	27-100	9,17	59	200	40	1,7	30-40	1,7	30-45
Prasnice březi	147	20	68	255	35	1,7	30-35	1,7	30-45
Kanci	181	24	85	510	35	1,7	30-35	1,7	30-45

*a - podmínka max. proudění vzduchu do 2,2 metrů/sekundu,

*b - používání chladicího systému minimálně 45 sekund,

**** - nedoporučuje se používat

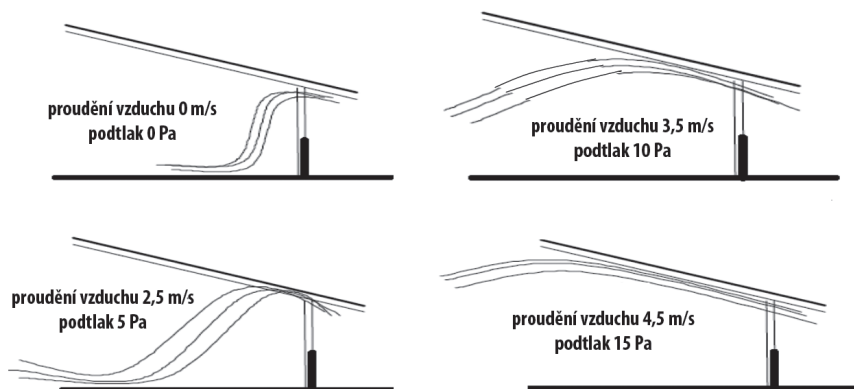
3.5. Podtlakové poměry ve stáji.

Prioritou každého funkčního systému ventilace je volba způsobu odvětrání stáje, komponentů systému řízení mikroklimatu a jejich umístění ve stáji. Dosažení optima funkce systému (kvalita vzduchu ve všech místech stáje, tedy především v zóně zvířat, bezproblémové odvětrání všech míst stáje, dané rozprostřením vzduchu, optimální teplotou a RV), lze pouze v případě, že odpovídá a je v pořádku kubatura přiváděného a odváděného vzduchu a podtlak ve stájovém prostoru (resp. rozdíl předchozích dvou veličin).

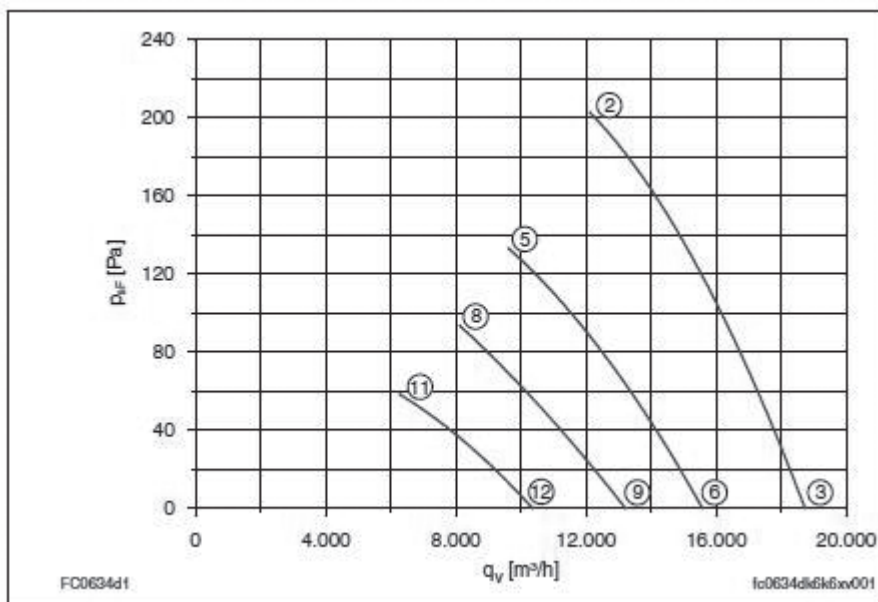
Význam podtlaku a jeho vliv na odvětrání stáje a stabilitu parametrů stájového mikroklimatu se všeobecně podceňuje (BOTTCHEER et al, 2001). Zcela jinak se nastavuje, včetně dalších parametrů v létě, jinak v zimě. Pokud parametry podtlaku neodpovídají dané stáji a instalovaným prvkům, nelze dosáhnout ve stáji optimálních podmínek. Skutečnost v podstatě diskriminuje rovnotlaké či difuzní systémy ventilace, kde parametry podtlaku lze regulovat a kontrolovat jen obtížně, zejména při minimální ventilaci. CZARICK (2000) uvádí, že je proto důležité znát fungování a interakci rychlosti proudění vzduchu a zvyšování podtlaku.

Poznatky o fungování podtlaku lze účelně využít při regulaci dopadu vzduchu do zóny zvířat. Zvýšenou rychlostí vzduchu na vstupu do stáje lze eliminovat studený průvan v zóně prasat v chladném období, naopak lze tohoto poznatku ideálně využít v režimu maximální ventilace, kdy je potřeba rychle zajistit přísun čerstvého vzduchu v zóně prasat u obvodové stěny. Chování vzduchu při různém podtlaku dokládá graf 6. Vzduch vstupuje do stáje pod stropem, ohřívá se a zpomaluje. Při rychlosti 4,5 m/s se na přírodní klapce zpomalí na méně než 0,5 m/s před tím, než dosáhne oblasti prasat, kde je optimální statický tlak. Zde má vzduch nejen optimální rychlost, ale i teplotu. V létě je proces opačný. Vzduch je nutno dostat do zóny prasat co nejdříve, než se ve stáji ohřeje. To je funkcí ventilátorů (AIRSTREAM, 2000). Závislost jejich výkonu na podtlak uvádí graf 7.

Graf 6. Vliv podtlaku na proudění vzduchu ve stáji (BOTTCHEER et al., 2001).



Graf 7. Vliv podtlaku na výkon ventilátoru

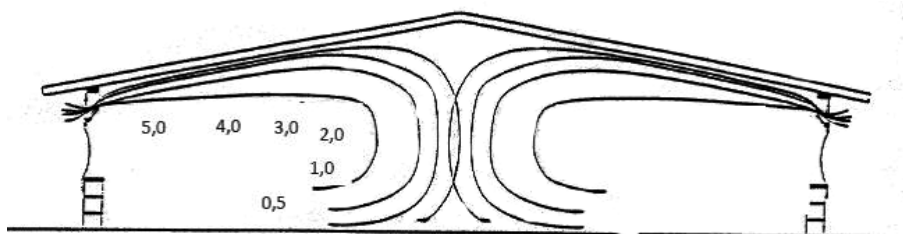


Lze konstatovat, že

- správný statický tlak (podtlak) v chladném období zadrží přicházející studený proud vzduchu u stropu a ohřeje ho tím více, čím se blíží více středu stáje,
- každých 2,5 Pa nárůstu statického tlaku přesune přicházející studený vzduch přibližně o 600 mm horizontálním směrem, blíže k centru stáje,
- růst statického tlaku zvyšuje rychlost vzduchu,
- správné nastavení statického tlaku v chladném období sníží proudění chladného vzduchu do zóny prasat na úrovni podlahy; přicházející vzduch má dostatek času k ohřátí a zpomalení před dosažením životní zóny prasat u podlahy,
- správné nastavení statického tlaku nasměruje proud vzduchu napříč stájí, čímž se ohřeje a absorbuje vlhkost,
- v teplém a horkém období se musí snížit podtlak a zvýšit rychlost proudění pomocí vyššího výkonu ventilačního systému.

Je důležité si uvědomit, že s rostoucím podtlakem ve stáji rostou i ztráty výkonu ventilátorů (viz výkonové křivky výrobců ventilátorů). Standardní uvažovaný podtlak ve stájích pro prasata vychází z přibližné podmínky na dimenzování systému 1Pa/1m šířky stáje. FUNKI (1999) uvádí optimální hodnoty podtlaku pro projektování ventilace v intervalu minima 2-3Pa a maxima 25-30Pa.

Graf 8. Profil proudění a rychlosti vzduchu ve vazbě na podtlak (AIRSTREAM, 2000)



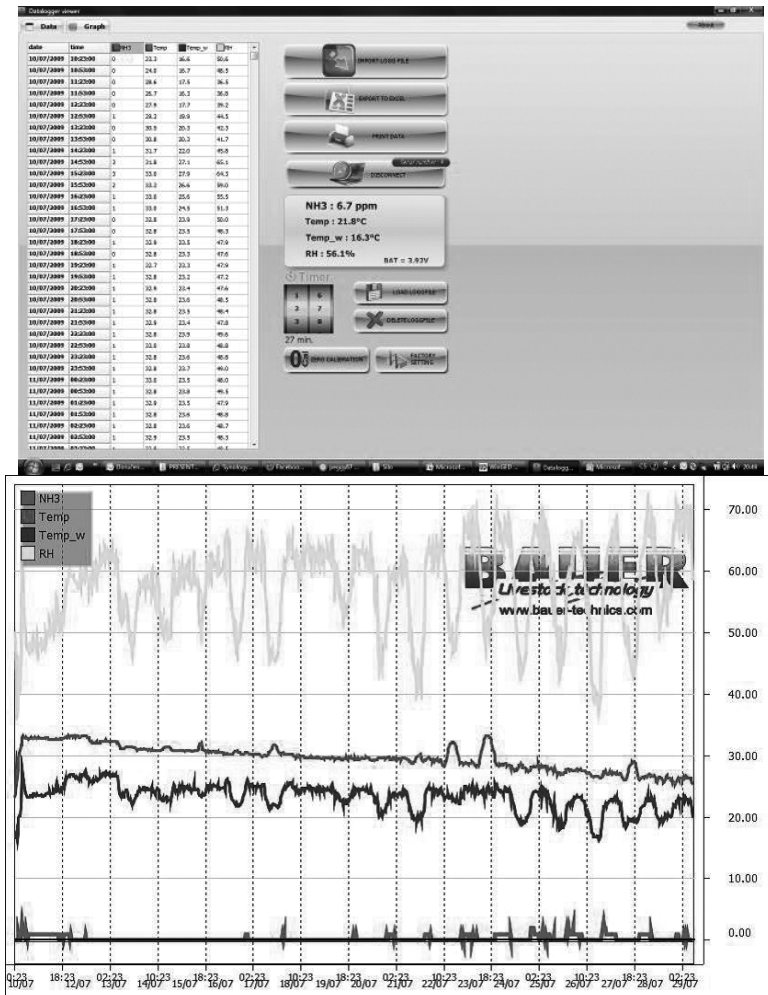
4. Monitoring stájového mikroklimatu

Monitoring mikroklima je v současnosti v moderních chovech prasat nepostradatelný. S ohledem na sensitivnost současných genotypů prasat, každý provozovatel stáje musí znát, v jakých podmínkách chová svá zvířata. Standardem je

celoroční monitoring užítkovosti a mikroklima. Dle jejich proměnných lze pro dané genotyp optimalizovat, resp. nastavit systém řízení mikroklima s ohledem na daná období. Toto lze realizovat moderními záznamníky monitorující úroveň teploty, RV, NH₃, CO₂ a následným dopočtem TTHI, TWB včetně snadného přenosu dat a práce s nimi.

Většina dataloggerů je uživatelsky velice jednoduchých, spolehlivých, mající nové typy NH₃-čidel se zabudovanými čpavkovými hodinami, kontrolujícími životnost čidla. Výstup bývá v datové, či grafické podobě, možnost záznamu dat na SD-kartu či on-line připojení na PC.

Graf 9. Příklad výstupu data loggeru



III. Srovnání „novosti postupů, zdůvodnění

Metodika se komplexně zabývá požadavky, zásadami a hodnocením optima mikroklima ve stájích pro prasata. Na základě prací, zabývající se danou problematikou, lze dokumentovat, že při běžném managementu a odpovídající kvalitě budov, technologií a dalších vstupů, hraje mikroklima významný, limitující faktor zdraví prasat, z toho plynoucí užítkovosti, a tím i efektivnosti jejich chovu.

Metodika sleduje cíl eliminovat jeden ze současných významných problémů v chovech prasat. Ten se týká nastavování parametrů vnitřního prostředí stájí, resp. korekcí teplotních křivek chovateli bez znalostí významu a žádoucího optima parametrů prostředí. Problematika se týká interakcí mezi monitorovanými proměnnými stájového prostředí a novými, moderními genotypy prasat. V tomto ohledu metodika rovněž přináší ucelený přehled o parametrech charakterizující stájové prostředí, jejich význam a metody jejich úprav tak, aby výsledný pocit teploty u zvířete odpovídal kritériím teplotně-vlhkostní pohody.

Hypotéza metodiky oproti současným postupům vychází z předpokladu, že

- kvalita mikroklima stáje je podmíněna komplexem proměnných, jejichž výsledný efekt je teplotně-vlhkostní pohoda zvířete, přičemž nejvýznamnější z nich je teplota, ovlivňovaná vlhkostí a prouděním vzduchu,
- lze definovat pásmo pohody, tedy komfortní zónu, jako zónu optimálního prostředí, ve kterém zvíře je zdravé a tak většinu přijaté energie krmiva přetváří na požadovanou užítkovost,
- komfortní zóna je výsledkem interakce teploty, RV_{INT} a proudění vzduchu,
- mikroklima je funkcí ekonomiky a efektivnosti chovu.

IV. Popis uplatnění metodiky

Konkrétním výstupem je metodika pro chovatele prasat, umožňující jednoduchou formou se seznámit se základními proměnnými stájového mikroklimatu. Skloubením těchto znalostí spolu se znalostmi zootechnické praxe je pak chovatel schopen spolu s technologickými firmami navrhnout a hodnotit technologický systém, který zohlední stav teplotně – vlhkostního mikroklima z hlediska předpokládané pocitové teploty zvířete. Výše uvedená metodika používá nových principů hodnocení mikroklimatu pomocí teplotně – vlhkostní „komfortní zóny“ a teploty T_{THI} , jako pocitové teploty zvířete.

Index THI je dnes běžně používanou veličinou při meteorologických předpovědích, zejména v zemích s vysoce kolísající RV vzduchu. Významem THI, interferencí mezi T_{WB} a T_{DB} a redukcí hodnot evaporací se zabývali BOHMANOVA et al, (2007),

kteří srovnávali vliv TWB a TDB na teplotně – vlhkostní komfort u člověka a skotu. U člověka má TWB až 6x větší vliv než TDB, u skotu pouze 2x. To souvisí se ztrátami evaporací z metabolizované tepelné produkce (u člověka 190%, u skotu 105%). Prase se nachází mezi těmito hodnotami, neboť při vysokých teplotách a nízké RV_{INT} dokáže skot odbourat teplo podstatně efektivněji, díky své vysoké schopnosti pocení, prase nikoliv. Naopak, u vysoké teploty a RV_{INT} se hranice teplotního stresu nachází u skotu níže než u prasat, a to díky jak vyšší produkce potu, tak frekvenci dýchání.

Uvedené pak podporuje potřebu vytvoření pomůcky pracující na bázi TTHI. Je tak využito křivek různých RV_{INT} teplot, kategorií prasat. Zavedení TTHI lze považovat za plně postačující pro kontrolu a optimalizaci mikroklima stájí, které doposud byly řízeny jen pouze dle TDB, nikoliv korigované RV_{INT} . Při tezi, že střed teplotní křivky je definován pocitovou teplotou při RV_{INT} 50%, lze konstatovat, že při

- zvyšující se RV_{INT} musí klesat teplota pro udržení stejné pocitové teploty,
- klesající RV_{INT} musí teplota stoupat.

Podle psychrometrického diagramu se při RV_{INT} 50% a požadované teplotě prostředí skutečná pocitová teplota pohybuje mezi TDB a TWB. Lze pak dospět k THI tak, že

$$THI = T_{db} + (0,36 \times T_{dp}) + 41,5 \text{ (}^\circ\text{C)}, \text{ kde}$$

T_{db} - teplota suchého teploměru,

T_{dp} - teplota rosného bodu odvozeného z psychrometrického diagramu od TWB.

Následně lze vynést křivky pro různé hladiny THI, jejichž propojením se získají isothermické křivky TTHI. Pro danou kategorii prasat se určí věk, resp. požadovaná teplota a dle skutečné nebo předpokládané RV_{INT} se odvodí hodnota TTHI pro nastavení řídicí jednotky.

V. Ekonomické aspekty

Vliv mikroklima na užitkovost všech kategorií prasat je znám. Chovatelské i technologické poznatky, spolu s literaturou uvádí, že efekt kvality mikroklima na hospodářském výsledku představuje 10-20 %. Lze se však domnívat, že úměra mezi užitkovostí zvířat a kvalitou mikroklima není lineární. Zhoršující se kvalita mikroklima znamená zhoršení zdravotního stavu. Z pohledu ekonomiky se doporučuje chov repopulovat tehdy, když z celkové koruny nákladů se vydá 15% na léčbu.

Pro představu lze uvést, že pokud vlivem zhoršeného mikroklimatu klesne intenzita růstu o 10 %, pro farmu s 1000 ks prasnic základního stáda a následnou

produkcí 23.000 prasat ve výkrmu může jít o ztrátu při ceně 30Kč/kg živé hmotnosti a rozdílu v přírůstku 70g/ks/den cca 12 880 Kč/den, resp. 4,7 mil. Kč ročně.

Pro zlepšení ekonomiky farem lze doporučit následující

- mikroklima prasat v podmínkách ČR řídit jak dle teploty, tak RV_{INTP} (platí zvláště pro kategorie mladých prasat), ideálem je teplotně – vlhkostní řízení u všech kategorií,
- rozdíly užitkovosti prasat mohou dosahovat mezi stájemí řízenými pouze na bázi teploty a stájemí řízenými dle RV_{INT} a teploty 4-7 %, v extréměch až 10% (LÍKAŘ, 2012),
- výkyvy mimo teplotně-vlhkostní zónu (komfortní zóna) způsobují porušení homeostáze organismu, stres, zhoršení zdravotního stavu, ztráty užitkovosti, nízkou efektivnost přeměny krmiv,
- komfortní zónu nelze jednoznačně definovat pouze jednou teplotní křivkou, však vždy několika, pro každou RV_{INT} zvlášť, vyjadřujících vztah teploty a RV ,
- standardní, v praxi používané, teplotní křivky pro jednotlivé kategorie prasat jsou platné jen za určitých specifických podmínek,
- protože teplotní křivky vyjadřují ideální stav, v praxi dosažitelný jen výjimečně, musí být definovány pro jednotlivé kategorie prasat maximální/minimální teplotní odchylky (teplotní, resp. teplotně – vlhkostní), zaručující komfortní zónu,
- teplotní doporučení dodavatelů genotypů prasat (TDB) platí pouze při RV_{INT} blízké 50 %,
- minimální ventilace (při RV_{INT} 65-75 %), zaručuje v běžných podmínkách stáje koncentraci NH_3 12-13ppm,
- byl vyvinout uživatelsky jednoduchý elektronický data-logger pro monitoring kvality stájového prostředí.

Na základě poznatků vlastních sledování a literatury Metodika praxi doporučuje

- používat pojem pocitová teplota, jako vyjádření interakce teploty a vlhkosti (THI) na pohodu zvířat (TTHI),
- optimalizovat mikroklima stáji na bázi teploty a RV_{INT} vzduchu,
- instalovat na farmách ventilaci, eliminující typické klimatické rozdíly léta a zimy v ČR, jedná se o takovou ventilaci, kterou lze nastavit a udržet teplotně-vlhkostní parametry vzduchu a která umožňuje jinak řídit mikroklima v chladném a teplém období roku,
- řídit provoz stáji na základě primárních fyzikálních vlastností vzduchu s respektováním zákonitostí vyplývajících ze změn teploty a RV_{INT}

VI. Seznam použité literatury

ACME Air systems (1994): Handbook for livestock Confinement, Muskogee, USA, 1-20.

AEROTECH Inc., Raleigh, NC (2000): Ventilation system guide. Singletary IB, 1-20.

AGROPROJEKT (1998): ON 734502 Projektování větracích a vytápěcích zařízení ve stájových objektech. Praha, 10-23.

AIRSTREAM, G., S., I. (2000): Ventilation system guide. Assumption, USA, 13-15.

ALBRIGHT, L., D. (1990): Environment control for animals and plants. ASAE Textbook 4, St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers, 33.

BOHMANOVA, J., MISZTAL, I., COLE, J., B. (2007): Temperature - Humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. Dairy Science, 90, 10, Department of Animal and Dairy Science, University of Georgia, 1947-1956.

BUCHOVÁ, B., ZEMAN, L. (1990): Vplyv příjmu krmiva a plodnosti prasníc na produkciu jatočných ošípaných. Czech J. Anim. Sci., 35, 661-670.

BOTTCHER, R., W., MATTHIS., S., ROBERTS, J. (2001): Ventilation in the pig farm – swine facilities ventilation from Tudory to application. Greenville, N.Carolina healthy hogs seminar., 2-8.

BRUCE, J., M. (1999): Environmental control of livestock housing. University of Missouri, CIGR Handbook of Agricultural Engineering., MWPS-32, Vol. II: Animal Production & Aquacultural Engineering, 54-87.

CLOSE, W., H. (1989): Effect of air movement and ambient temperature on the zootechnical performance and behavior of growing-finishing pigs. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, 2001, ASAE Annual Meeting, 25-35.

CZARICK, M., LAY, M., P. (2000): Negative pressure ventilation basics. Cooperative extension service., Univ. Georgia, Proceeding 5/2000, 15-30.

DOLEJŠ, J., TOUFAR, O., ADAMEC, T. (2003): Snížení emisí amoniaku v technologiích výkrmu prasat. Aktuální problémy chovu prasat, VUŽV Praha, 20-25.

FAO (2011): Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Corporate Document Repository., World Livestock 2011, Livestock in food security. Rome, 2-7.

FILIP, J. (1996). Keltská civilizace a její dědictví. Academia Praha, 257.

FRASER, A., F., BROOM, D., M. (1990): Farm animal behaviour and welfare. Bailiere, Tindall, London, 32-34.

- FUNKI (1999): Ventilation systems for pig stables. Funki Gjellerup (Firemní literatura), 2-20.
- GANONG W., F. (1995): Přehled lékařské fyziologie. Nakladatelství a vydavatelství H&H, Jinočany, 681.
- HEL, W. (1983): The effect of ambient temperature on diurnal rhythm in heat production and activity in pigs kept in groups. Springer Berlin/Heidelberg, 10-54.
- CHMELA, J. (1993): Ochranná a ohnisková deratizace. Sdružení DDD Praha, 40.
- JOKL, M. (1977): Teorie vnitřního prostředí budov. ČVUT Praha, skriptum, 34-45.
- KOMISE ES (2001): Směrnice komise 2001/93/ES ze dne 9. listopadu 2001, měnící směrnici 91/630/EHS, stanovující minimální požadavky ochrany prasat.
- LÍKAŘ, K. (2000): Kvalitní selata – základ úspěchu. Sborník Aktuální problémy chovu prasat, ČZU Praha, 86 - 92.
- LÍKAŘ, K. (2004): Vliv mikroklimatu na zdravotní stav prasat. Sborník VÚŽV Nitra, Větrání zemědělských staveb, 10-15.
- LÍKAŘ, K. (2004): Technologické prostředky ve snižování nákladovosti výroby vepřového masa. Sborník, Aktuální problémy chovu prasat, ČZU Praha, 59-71.
- LÍKAŘ, K. (2005): The influence of the controled microclimate level for the achieved parametres of the livestock efficiency by the selected pig categories. Seminář Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat. ZF, JČU Č. Budějovice, 82-86.
- LÍKAŘ, K. (2005): Zásadní vliv prostředí a technologických prvků ventilace na zdravotní stav selat. Sborník Aktuální problémy chovu prasat, ČZU Praha, 81-92.
- LÍKAŘ, K. (2007): Ventilace – prostředek minimalizace obsahu čpavku a dalších škodlivých látek ve stájovém prostředí prasat. Sborník Aktuální problémy chovu prasat, ČZU Praha, 17-31.
- LÍKAŘ, K. (2012): Vliv různé úrovně řízeného mikroklimatu na dosahované parametry užitkovosti u vybraných kategorií prasat. DP, ČZU Praha, KSZ, 193-197.
- MAREŠ, L. (2006): Vlhkost vzduchu a její měření. TZB info, 13.3., <http://www.tzb-info.cz/313>.
- MEYER, D. (2001): Minimum ventilation. Proceedings, University of Wisconsin, 15-50.
- MIDWEST PLANNING SERVICE (2002): Swine housing and equipment handbook. MWPS-8, 5th Edition, Handbook 1/2002.
- McGLONE, J., J., POND, W., G. (2002): Ventilation, air quality and environmental management. Swine Care Handbook, National Pork Producers Council, 13.

- McGLONE, J., POND, W., G. (2003): Pig Production: Biological principles and applications. Delmar Publishers, USA, 480.
- MOBERG, G., MENCH, J., A. (2000): The biology of animal stress. Basic principles and implications animal welfare. Dep. of Anim. Sci. Univ., California, USA, Handbook, 384.
- MORRISON, S. R., HEITMAN, H., BOND, T., E. (2005): Effect of humidity on swine at temperatures above optimum. Dep. of Agric. Eng., University of California, 15.
- TECHNICKÉ DOPORUČENÍ MZe ČR(1999): Základní provozně technologické ukazatele pro prasata. 11/1999.
- MZe ČR (2002): Vyhláška č. 191 ze dne 7. května 2002 o technických požadavcích na stavby pro zemědělství.
- NOVÁK, P. (1993): Systém vyhodnocování mikroklimatických faktorů ve vztahu k zabezpečení pohody ve stájích pro skot a prasata. HP, VFU Brno, Ústav zoohygieny, 7-23.
- NOVÁK, P., ŠOCH, M., VOLF, O., ZABLOUDIL, F., HAUPTMANOVÁ, K., DOUSEK, J. (1998): Záchrana zvířat. SPBI Ostrava, Cicero, 209.
- OBERREUTER, M. (2005): Swine ventilation. GSI International, AP-book, Illinois, USA, Proceedings, 142.
- OMTVEDT, I., T., Nelson, R., E., Edwards, R., L., Stephens, D., F., Turman, E., J. (2004): Influence of heat stress during early, mid and late pregnancy on gilts. J. Anim. Sci., 32, 312-317.
- ON 734502: (1988) Projektování větracích a vytápěcích zařízení ve stájových objektech. Agroprojekt Praha, 10-23.
- PEDERSEN, S., SOUSA, P., ANDERSEN, L., JENSEN, K., H. (2003): Thermoregulatory behaviour of growing-finishing pigs in pens with access to outdoor areas. J. Sci. Res. and Dev., Manuscript BC 03 002, 40-45.
- PITCHER, P. (2000): Swine facilities environment. Swine production., Univrsity of Pennsylvania, School of Veterinary Medicine, 1.
- REECE, W., O. (1998): Fyziologie domácích zvířat. Grada Publishing, Praha, 313-449.
- ROZEBOOM, K., J., TODDSEE, M., FLOWERS, W., (2000): Management practices to reduce the impact of seasonal infertility on sow herd produktivity. Dep.of Anim. Sci., North Carolina State University, 34-67.
- SIEMENS BUILDING TECHNOLOGIES, Landis&Staefa Division (2000): Mollierův h-x diagram, 1-7.

STORLIE, M. (2006): Ventilation basics for swine. The pig site com., Iowa State Univ., Article 5,1-3.

STUPKA, R., ČÍTEK, M., ŠPRYSL, M. (2006): Vyhodnocení produkčních ukazatelů u vybraných hybridních kombinací jatečných prasat v podmínkách testačního zařízení. Sborník Aktuální problémy chovu prasat, ČZU Praha, 121.

STUPKA, R., ŠPRYSL, M., ČÍTEK, J., (2009) : Základy chovu prasat. Power Print Praha, 182.

SMĚRNICE (2007): Rady o minimálních pravidlech pro ochranu kuřat chovaných na maso., 2007/43/ES.

THOMPSON, E., C., HEIDENREICH, C., J., STOB, M. (1967): Effect of post-breeding thermal stress on embryonic mortality in swine. J. Anim. Sci., 26, 377-380.

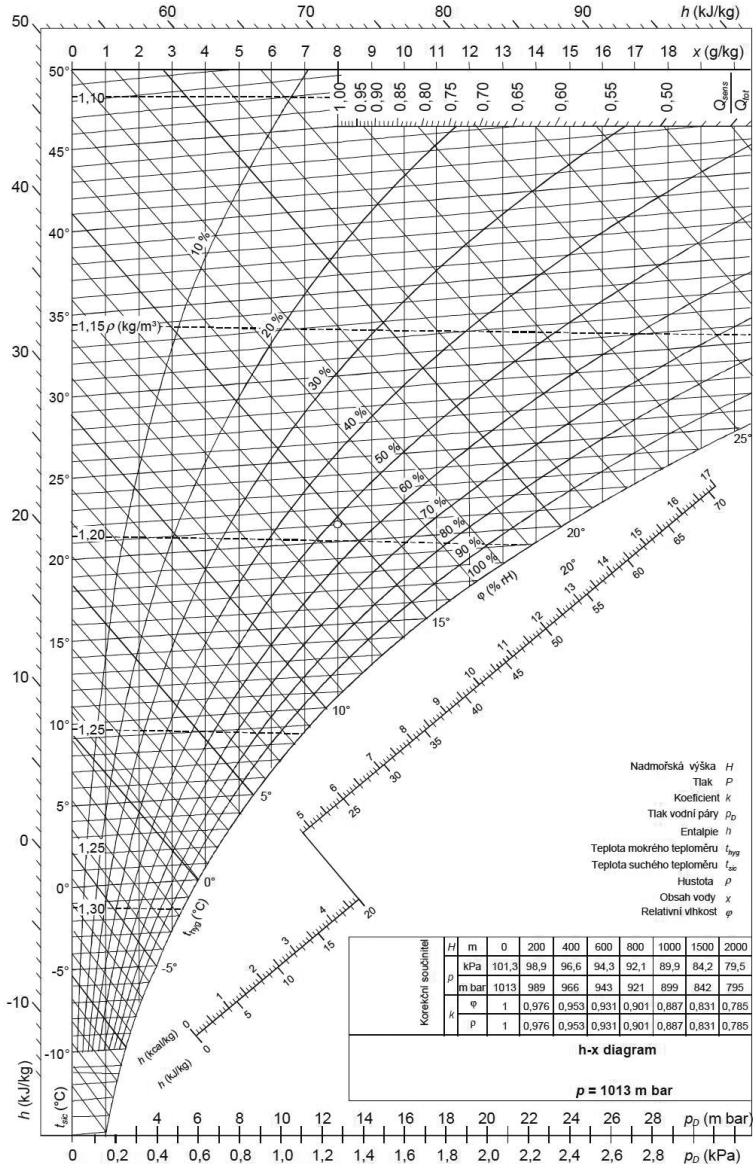
[www.qpro.cz/vypočty/hx diagram](http://www.qpro.cz/vypočty/hx-diagram).

ZÁKON č.86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a související předpisy.

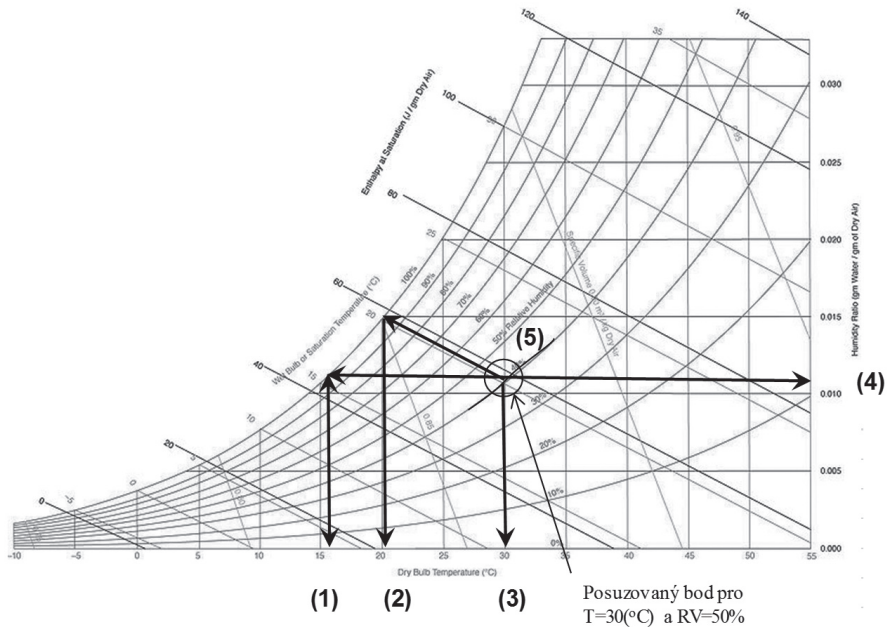
ZEMAN, J. (1979): Obecná zoohygiena. Studijní materiál pro přípravu veterinářských lékařů laboratorní diagnostiky k atestaci I. stupně. Stud. inform., ÚDVVL, ÚVO Pardubice, 11.

VII. Přílohy

Příloha 1. Mollierův h-x diagram (Siemens, Landis & Staefa division)



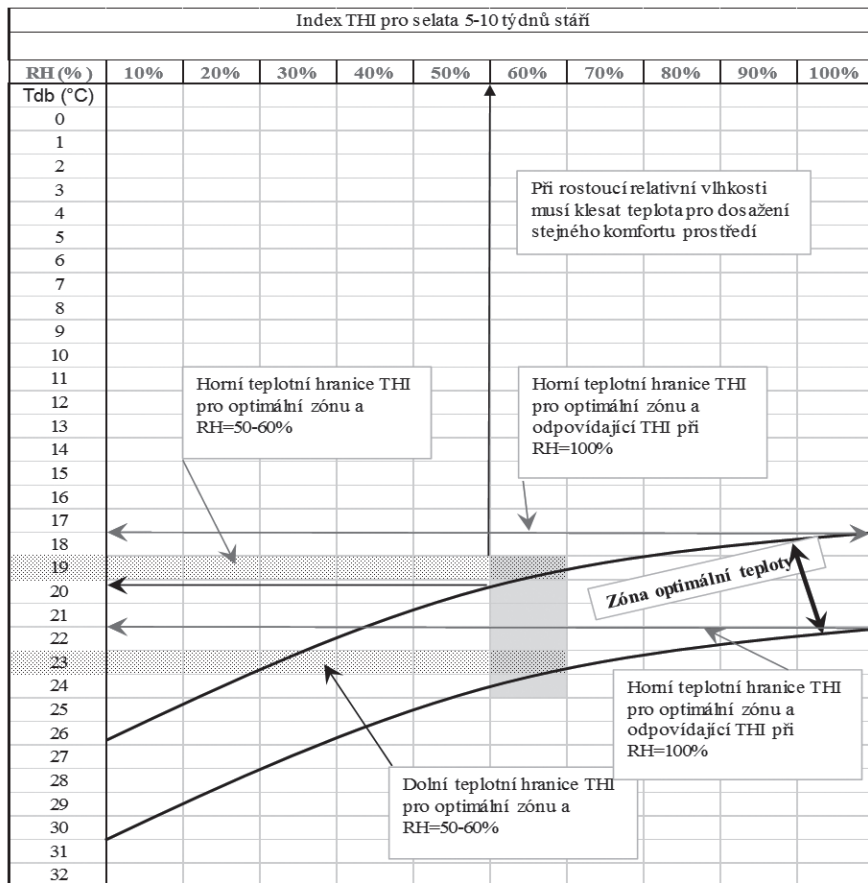
Příloha 2. Práce s Molierovým h-x a psychrometrickým diagramem



(použito z Wikipedia Commons, upravil Líkař,2007)

- (1) teplota rosného bodu T_{dw} (°C),
- (2) teplota „mokrého“ teploměru T_{wb} (°C),
- (3) teplota „suchého“ teploměru T_{db} (°C),
- (4) absolutní vlhkost vzduchu (v g vody/kg vzduchu),
- (5) relativní vlhkost (%).

Příloha 3. Práce s THI diagramem pro prasata věku 0-5 týdnů (Líkař, 2005)



Název: Řízení mikroklima v chovu prasat
METODIKA

Autor: Ing. Karel Líkař, Ph.D.
Doc. Ing. Roman Stupka, CSc.
Doc. Ing. Michal Šprysl, CSc.
Ing. Jaroslav Čítek, PhD.

Technická spolupráce: Ladislav Šedivý

Vydal: Česká zemědělská univerzita v Praze,
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů,
Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchdol

Tisk: Powerprint s.r.o.,
Brandejsovo nám. 1219/1,
165 00 Praha 6 Suchdol

Náklad: 50 ks
Vydání: první
Rok vydání: 2013
ISBN: 978-80-213-2400-8

Vydáno bez jazykové úpravy