

EVALUATION OF CLIMATIC PARAMETERS IN STABLES DURING SUMMER TIME

Jana Lendelová¹, Lubomír Botto², Tímea Reichstädterová¹

¹Slovak University of Agriculture in Nitra, Department of building, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic

²Animal Production Research Centre Nitra, Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky, Slovak Republic

Abstract. This work deals with climatic assessment in summer period for dairy stables in order to eliminate the heat stress risk formation. There were observed two dairy stall accommodations on experimental farm with the same ground plan dimension (67x29 m). One of them passed the considerable building and technological reconstruction. Original four-rowed stall has solid walled external walls, with two windows 0.8x0.9 m in the height of 1.3 m in each of six-metre modulus. There are two feeding alleys closed with two-rows of cubicles 1.2x2.05m. Roof-light ridge remaining in original (enclosed) state. New reconstructed stall has no conventional side walls, but only a short – 600 mm high parapet. Remaining part is created by large vent opening up to height of 1.8 m with folded curtains. Roof ridge was opened by b=0.9 m width and 56 m longitude. There was mounted equipment for vapour cooling of animals – low pressure watering with motion scanners of animal detection presence. There were measured temperature and relative humidity of external air and internal, too – by datalogger COMET. After analysis of 10-minute recording the data were found, that during period of June 1st to August 31st occurred 46% days with average temperature exceeding 25°C and 48.91% days with average Temperature and Humidity index THI>72. From collected critical days were selected timezones for detailed climatic analysis, in which the measurements in special place grid were it was found, that the both compared average local temperatures were nearly equal and lower by 1.5 to 2.0°C due to double-cup insulation roofs. But relative humidity was demonstrably higher in old stable because of insufficient ventilation and vapour cumulation. Even a shower amount did not cause the overdamp in reconstructed stall and THI values did not rise excessively either. Here was found a risk of heat stress formation too, namely in hot windless and time with range of direct sun radiation into cubicle lying area. Consequences of heat discomfort during these days are possible to eliminate by vents and shadow technique with considering of physiological and economic rentability.

Úvod

Tepelný stres v letnom období preukázateľne znižuje produkciu mlieka, ako i obsah tukov i proteínov v mlieku. Viacero publikácií používa k jeho stanoveniu environmentálny diagram teploty a relatívnej vlhkosti. Teplotno-vlhkostný index (THI) je v celom svete všeobecne používaný k určaniu rizika tepelného stresu dojníc. Pôvodne bol spracovaný Thomom (1959) pre človeka ako funkcia teploty suchého teplomera a teploty rosného bodu. Neskôr Johnson et al. (1965) zistil, že produkcia mlieka u dojníc sa znižuje so zvyšovaním THI.

Index bol adaptovaný pre hodnotenie produkčných podmienok dojníc v špecifických environmentálnych podmienkach výskumu. Podľa Johnsona (1985) tepelný stres nemá vplyv na dojivosť pri hodnotách THI od 35 do 72. Avšak pri dosiahnutí hodnoty THI = 72, dochádza hlavne u Holsteinského plemena v porovnaní so zimným obdobím k prudkému klesaniu dojivosti, od 10 až po 40%,

$$THI = T_{db} + 0,36T_{dp} + 41,2 \quad \text{Johnson et al. (1965),}$$

kde THI – je index teploty vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu (-)

T_{db} – je teplota meraná suchým teplomerom, °C

T_{dp} – je teplota rosného bodu, °C

Buffington, et al. (1981) zistil, že BGHI – tzv. „Black Globe Humidity index“ využívajúci teplotu guľového teplomera namiesto teploty suchého teplomera z dôvodu možnosti zahrnutia aj účinkov solárnej radiácie zefektívňuje definíciu pojmu THI:

$$BGHI = T_{bg} + 0,36T_{dp} + 41,5 \quad \text{Buffington, et al. (1981),}$$

kde T_{bg} – je teplota meraná guľovým teplomerom, °C

T_{dp} – je teplota rosného bodu, °C

Vo vnútrozemí - podľa štúdie Bouraouiho et al. (2002) – dochádza pri zvýšení THI zo 68 na 78 k poklesu dojivosti o 4 kg. Regrésnou rovnicou autori preukázali, že pri skúmaných podmienkach klesala dojivosť o 0,41 kg na kravu na každý bod zvýšenia THI (nad hranicu THI = 69). Aj rektálna teplota a dojivosť sú úmerné THI (Igono et al., 1985; Knapp, Grummer, 1991).

Dnešné dosahované produkčné parametre dojníc sú však oveľa vyššie ako u dojníc zapojených do výskumu uvedených autorov spreď viac ako 20 rokov. Zvyšovaním dojivosti narastá citlivosť kráv na tepelný stres a redukuje sa hraničná hodnota vzniku stresu, kedy už nastávajú straty v dojivosti (Berman, 2005). Je to odôvodnené tým, že pri zvyšujúcej produkcii sa zvyšuje tvorba metabolického tepla. Napríklad produkcia tepla dojníc s produkciou 18,5 a 31,6 kg/d/zv. bola o 27, 3 a 48,5% vyššia ako u nelaktujúcich kráv (Purwanto et al., 1990). Berman (2005) indikoval, že zvýšenie produkcie mlieka z 35 na 45 kg/d/zv. znížilo prahovú hodnotu teploty vzniku stresu o 5°C. Ravagnolo et al (2000) tiež analyzovali dojivosť v horúcom letnom období a zistili zníženie produkcie mlieka o 0,2 kg/d na zvisera s narastaním o každý bod THI nad hodnotu THI=72.

Aj v našom klimatickom pásme sa v horúcom letnom období mnoho chovateľov trápí so stratami dojivosti a mnoho z nich váha pred investične náročnými úpravami maštali a ich vetrania.

Príspevok je venovaný porovnaniu kvality prostredia v dvoch pôvodne identických objektoch, z ktorých jeden

prešiel významnou rekonštrukciou a druhý ostal ako porovnávací.

Materiál a metódy

V dvoch experimentálnych objektoch boli skúmané mikroklimatické parametre v letnom období r. 2010. K hodnoteniu bolo vybrané obdobie letných až tropických dní so súčasným sledovaním dojivosti.

Oba objekty mali pôdorysný rozmer 67 x 29 m, výškou v hrebeni 4,7 m a svetlíka 7,4 m. Výška bočnej steny bola 2,8 m.

Pôvodný štvorradový objekt má plné bočné murované steny, v každom 6-metrovom module po dve okná 0,8x0,9 m vo výške 1,3 m. Krmivo je zakladané v dvoch kfmných chodbách, ku ktorým prislúchajú dva rady boxov o šírke 1,2 m a dĺžke 2,05 m. Hrebeňový svetlík je v pôvodnom (uzatvorenom) stave, pričom pôvodne v ňom bolo osadených 12 strešných odťahových ventilátorov – dnes už všetky nefunkčné.

Novorekonštruovaný objekt nemá podĺžne bočné steny, resp. sú skrátené, s priebežnou výškou parapetu 600 mm. Zvyšnú plochu tvoria veľkoplošné vetracie otvory do výšky 1,8 m opatrené zvinovacími plachtami.

Strešný hrebeňový svetlík bol otvorený na šírku $b=0,9$ m a prekrytý ľahkým prístreškom. V objekte bolo inštalované zariadenie k evaporačnému ochladzovaniu zvierat – nízkotlakové sprchy s ťažkými kvapkami riadenými pohybovými snímačmi zvierat.

V oboch objektoch boli permanentne snímané ako teplota, tak aj relatívna vlhkosť vzduchu systémom COMET, z ktorých boli vypočítané hodnoty THI upravené podľa Thoma (1959) a podľa Kadzere, et al. (2002).

Z obdobia zistených 5-tich po sebe nasledujúcich dní s letnými až tropickými teplotami bola spracovaná podrobnejšia analýza hodnôt THI.

Výsledky a diskusia

Hodnotené boli denné teploty od 9.00 hod do 21.00, teda 12 hodinový interval v období od 1.6. do 30.8. 2010. V sledovanom období v lokalite stredu Západoslovenskej nížiny bola priemerná denná teplota (uvažovaná z dôvodu porovnania najnepriaznivejšieho obdobia vo vnútri ustajňovacích objektov od 9.00 do 21.00 hod) $\theta_{priem}^{VI} = 24,56^{\circ}\text{C}$ v júni, $\theta_{priem}^{VII} = 26,76^{\circ}\text{C}$ v júli, $\theta_{priem}^{VIII} = 23,26^{\circ}\text{C}$ v auguste, pričom v júni bola priemerná hodnota $\text{THI}_{priem}^{VI} = 71,44$, v júli $\text{THI}_{priem}^{VII} = 73,60$ a v auguste $\text{THI}_{priem}^{VIII} = 70,24$ (tab. 1). Augustové hodnoty sa zhoršili iba vďaka atypicky studenému frontu koncom mesiaca. Priemernú dennú teplotu vyššiu ako 25°C sme zistili v júni v 13-tich dňoch, v júli v 18 dňoch a v auguste v 12-tich dňoch. Počet dní s THI vyšším ako 72 bolo v júni 14, v júli 18 a v auguste 13 (tab. 1). Podľa niektorých autorov u vysokoprodukčných dojnic (s dojnou nad 7000 litrov) vzniká stres už pri teplote 21°C , čo by v súčte pre všetky tri mesiace predstavovalo 78 dní, resp. za štvrtročné obdobie iba 15,2% dní v zóne mimo ohrozenia tepelným stresom. Vo vybranom období od 8. Do 18. júla, kedy bol počet horúcich dní a ich

zotrvanie najväčšie, dosahovali denné maximá od 36,7 do $35,3^{\circ}\text{C}$.

Tab. 1. Priemerné denné exteriérové teploty merané v areáli experimentálnej farmy v lete 2010 a príslušný THI

Deň	Jún		Júl		August	
	θ °C	THI	θ °C	THI	θ °C	THI
1	23,9	71,7	29,3	75,62	27,6	75,21
2	23,4	70,89	29,7	76,04	28,1	75,57
3	24,3	72,06	29,0	75,06	25,0	73,38
4	25,9	74,03	26,1	71,68	23,4	70,17
5	26,5	74,35	24,9	71,5	25,0	72,42
6	23,4	71,27	21,8	68,87	21,1	69,59
7	24,9	73,03	21,2	66,49	18,4	64,75
8	23,2	71,31	24,6	69,92	21,3	68,61
9	17,6	63,00	26,9	72,40	23,0	70,14
10	20,7	66,29	29,5	75,61	25,8	72,62
11	24,6	70,39	30,8	77,61	26,2	74,08
12	25,1	71,30	32,0	79,13	27,9	75,44
13	26,7	73,66	31,9	79,67	29,1	77,80
14	24,6	71,94	32,2	78,37	26,7	75,49
15	27,6	75,51	32,9	80,20	23,3	72,94
16	28,0	75,52	31,7	79,87	22,3	70,31
17	26,2	74,63	33,0	80,75	20,7	66,83
18	23,7	71,77	23,1	71,55	21,9	68,54
19	19,3	64,69	25,5	73,30	24,2	71,13
20	21,2	66,62	29,0	77,26	23,3	68,87
21	25,0	72,65	29,7	78,07	25,4	71,90
22	29,7	77,94	32,3	80,06	26,7	74,28
23	29,7	75,03	31,5	79,96	26,8	73,94
24	23,2	69,22	20,7	67,76	21,0	69,24
25	20,4	65,57	15,7	60,32	23,2	69,15
26	19,8	64,77	20,7	66,65	24,9	71,81
27	24,4	70,89	22,9	68,87	24,7	72,97
28	26,8	73,69	23,5	70,08	19,4	65,60
29	28,1	74,10	24,3	70,75	18,5	63,31
30	28,8	75,4	18,4	65,03	13,7	56,72
31			24,9	73,27	12,6	54,72
Priemer	24,56	71,44	26,76	73,60	23,26	70,24
Minimum	17,6	63	15,7	60,32	12,6	54,72
Maximum	29,7	77,94	33,0	80,75	29,1	77,80
Smer. od.	3,067	3,730	4,74	5,32	3,89	5,15
Počet dní s $\theta > 25^{\circ}\text{C}$	13		18		12	
Počet dní s $\text{THI} > 72$		14		18		13

Z podrobných ambulatných meraní v dôležitých životných zónach zvierat vyplnilo, že teplotné pásmo bolo v oboch objektoch vyrovnané a vďaka izolovanej dvojplášťovej strešnej konštrukcii o 1,5 až 2°C nižšie oproti vonkajším teplotám. Relatívna vlhkosť bola však v starej uzatvorenej maštali preukázateľne vyššia z dôvodu nedostatočného vetrania a hromadenia vodných pár (tab. 2 a 3). Dokonca ani sprchové dávky v rekonštruovanom objekte nespôsobili prevlhčenie vzduchu a nadmerné zvyšovanie THI (obr. 1 a 2). Nastavenie výstrekového času na 8 sekúnd s objemom vody 0,2 l pre jednu sprchovú dávku sa ukázalo dostatočne účinné k ochladzovaniu zvierat a neškodné voči relatívnej vlhkosti vzduchu v objekte. Nový objekt bol prevetrávaný veľkoplošnými otvormi so sumárnou

plochou 230,7 m², čo znamená 1,32 m² na dojnicu a možnosť pri minimálnych rýchlostiach prúdenia vzduchu (0,1 m.s⁻¹) vymeniť objem vzduchu v maštali za 5,3 min.

Tab. 2. Výsledky ambulantných meraní mikroklimatických parametrov v priečných rezoch rekonštruovanej maštale

- a – ležisko, úroveň hlavy ležiaceho zvieratá
- b – hnojná chodba, úroveň hlavy stojaceho zvieratá
- c – ležisko, úroveň hlavy ležiaceho zvieratá
- d – krmná/hnojná chodba, úroveň hlavy stojaceho zvieratá
- e – krmisko, úroveň hlavy žerúceho zvieratá
- * – zrkadlový obraz

Miesto merania	Teplota, °C	Relatívna vlhkosť, %	Rýchlosť prúdenia vzduchu, m.s ⁻¹
a	32,68	43,70	0,35
b	32,43	43,10	0,44
c	32,50	44,10	0,33
d	32,17	46,18	0,41
e	32,20	44,60	0,24
e*	32,55	44,50	0,23
d*	32,21	46,21	0,28
c*	32,42	42,30	0,21
b*	32,38	40,69	0,40
a*	32,88	40,53	0,42

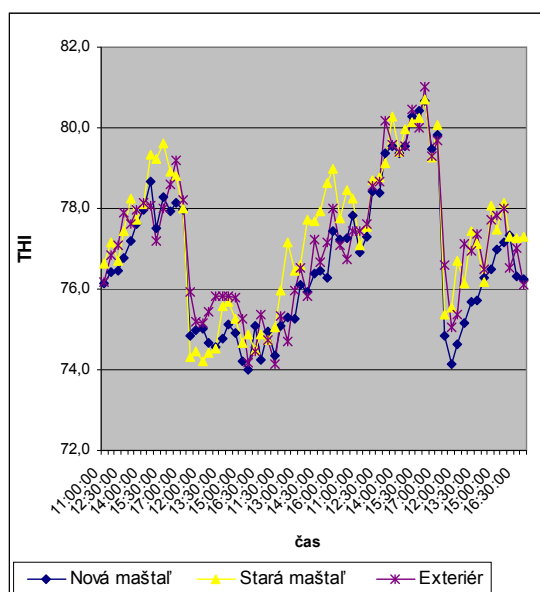
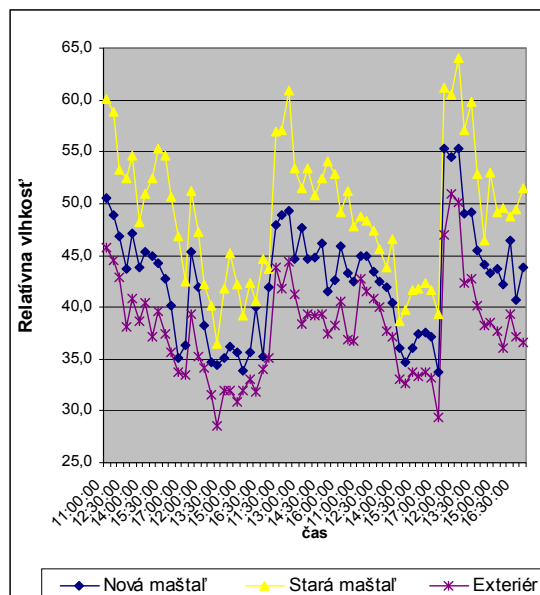
Tab. 3 Výsledky ambulantných meraní mikroklimatických parametrov v priečných rezoch pôvodnej maštale

- a – ležisko, úroveň hlavy ležiaceho zvieratá
- b – hnojná chodba, úroveň hlavy stojaceho zvieratá
- c – krmisko, úroveň hlavy žerúceho zvieratá
- d – krmisko, úroveň hlavy žerúceho zvieratá
- e – hnojná chodba, úroveň hlavy stojaceho zvieratá
- f – ležisko, úroveň hlavy ležiaceho zvieratá
- * – zrkadlový obraz

Miesto merania	Teplota, °C	Relatívna vlhkosť, %	Rýchlosť prúdenia vzduchu, m.s ⁻¹
a	32,91	50,92	0,12
b	32,66	49,66	0,11
c	32,88	47,76	0,16
d	32,93	48,67	0,12
e	33,23	46,72	0,23
f	33,80	46,39	0,12
f*	34,12	47,98	0,13
e*	34,29	46,50	0,14
d*	34,17	45,12	0,24
c*	34,15	47,90	0,12
b*	34,08	48,11	0,06
a*	34,01	49,82	0,07

Prirodzené vetranie však dobre funguje pri adekvátnom rozdielne teplôt, resp. tlaku vzduchu. Experimenty boli uskutočnené v objektoch pri otvorení čelných vstupných brán, čo napomáhalo nielen v režime prúdenia vzduchu, ale hlavne v rekonštruovanom objekte k vyrovnaniu teplôt i tlaku. Nakoľko sa v sledovanom letnom období roku 2010 vyskytlo za trojmesačné obdobie (z 92 dní) až 43 dní s priemernou dennou teplotou vyššou ako 25°C (tab. 1), pripravili sme v ďalšom roku pokus s posilnením ochladzovacieho účinku zvierat ventilátormi. Ich inštalácia umožňuje chovateľom pripraviť podľa stavu

počasie niektorých z možností: nočné vetranie s otvorenými čelnými i bočnými plachtami, prirodzené vetranie v kombinácii so sprchami a prirodzené vetranie so sprchami a ventilátormi, s možnosťou využitia novej tieniacej techniky.



Záver

K riešeniu rizika vzniku tepelného stresu je potrebné analyzovať nielen priemerné denné teploty v danej lokalite, ale aj relatívnu vlhkosť vzduchu, nakoľko správne riešenie by malo umožniť zvieratám odvádzanie prebytočného tepla z tela organizmu. Evaporácia je považovaná za najúčinnjší spôsob výdaja tepla, ak však procesu nebráni vysoký stav relatívnej vlhkosti vzduchu. Konvekciou alebo kondukciou sa môže zviera ochladiť iba vtedy, keď je teplota vzduchu nižšia než teplota kože, alebo keď zvieratá ležia na ploche, ktorá je chladnejšia než je ich koža. Radiácia nastáva pri rozdielnych teplotách dvoch predmetov, ktoré sa vzájomne nedotýkajú. Dochádza k nej, pokiaľ je prostredie chladnejšie než povrch tela. Ak je v prostredí vysoká

vlhkosť vzduchu, ochladzovanie radiáciou je obmedzené, pretože vlhký vzduch radiačné teplo sčasti pohlcuje. Môže nastať aj tzv. kladná radiácia, keď je teplota okolitých plôch konštrukcií vyššia než teplota povrchu tela. Intenzita radiácie závisí nielen od teplotného rozdielu, ale aj od vzdialenosti povrchov. Mnoho chovov dnes využíva prístreškové ustajnenie a hoci samotný prístrešok redukuje solárne žiarenie, zväčša pritom pôsobí vyžarovanie tepla radiáciou, z dôvodu obvykle využívaných kovových strešných krytín. Podľa Bermana (2005) typické prístrešky v Izraeli spôsobujú sálaním zvýšenie efektívnej teploty prostredia zvierat asi o +3°C. Teplota môže kolísť aj podľa toho, či sú pod prístreškom využívané ventilátory k ochladzovaniu zvierat. K zabezpečeniu vyhovujúcej mikroklímy pre dojnice je v letnom období potrebné zväžiť viacero faktorov a skutočností. Najskôr je potrebné zistiť počet kritických dní v letnej sezóne, ktoré zvieratá bežne ohrozujú v danom chove. Taktiež je potrebné vykonať stavenbo-technický prieskum zameraný na kontrolu efektívnosti prirodzeného vetrania. V prípade jeho správnej funkčnosti sa môže chovateľ v našom klimatickom pásme počas väčšiny letných dní vyvarovať následkom tepelného stresu. Dostatočná kubatúra maštale (viac ako 6 m³ na každých 100 kg živej hmotnosti), izolácia strešnej konštrukcie, dostatočná tzv. „účinná“ výška objektu, dostatok čerstvej vody a možnosť odpočívať v konštrukčne a materiálovo vhodne riešených priestoroch je základom pre bezstresovosť prostredia. Podľa zisteného počtu kritických dní v danej lokalite a ich nepriaznivých produkčných či reprodukčných dopadoch je potrebné zväžiť spôsob eliminácie tepelného stresu vhodným spôsobom ochladzovania dojníc a využitia prídavných možností prevetrávania a tienenia ustajňovacích objektov.

Abstrakt. Príspevok je venovaný hodnoteniu mikroklimatických parametrov v ustajňovacích objektoch pre dojnice v letnom období za účelom eliminácie rizika vzniku tepelného stresu. Na experimentálnej farme boli sledované dva pôdorysne zhodné objekty, z ktorých jeden prešiel významnou stavebno-technologickou rekonštrukciou. Pôvodný štvorradový objekt má plné bočné murované steny, v každom 6-metrovom module po dve okná 0,8x0,9m vo výške 1,3 m. Krmivo je zakladané v dvoch krmných chodbách, ku ktorým prislúchajú dva rady boxov o šírke 1,2 m a dĺžke 2,05m. Hrebeňový svetlík je v pôvodnom (uzatvorenom) stave. Novorekonštruovaný objekt nemá podlžne bočné steny, resp. sú skrátané, s priebežnou výškou parapetu 600 mm. Zvyšnú plochu tvoria veľkoplošné vetracie otvory do výšky 1,8 m opatrené zvinovacími plachtami. Strešný hrebeňový svetlík bol otvorený na šírku b=0,9 m v celej dĺžke 56 m. V objekte bolo inštalované zariadenie k evaporačnému ochladzovaniu zvierat – nízkotlakové sprchy riadené pohybovými snímačmi prítomnosti zvierat. Dataloggermi COMET bola permanentne snímaná teplota vzduchu a relatívna vlhkosť vzduchu vo vonkajšom prostredí, ako aj vo vnútri každého objektu. Analýzou spracovaných dát snímaných v 10 minútových intervaloch bolo zistené, že v sledovanom období od 1. júna do 31. augusta sa na experimentálnej farme vyskytlo

46% dní s priemernou dennou teplotou vyššou ako 25°C a 48,91% dní s priemerným teplotno-vlhkostným indexom vyšším ako 72 (THI>72). Z týchto kritických dní boli vybrané časové pásma k podrobnej mikroklimatickej analýze, v ktorej bolo meraniami v sieti stanovených miest merania zistené, že i keď teplotné pásmo bolo v oboch objektoch vyrovnané a vďaka izolovanej dvojplášťovej strešnej konštrukcii o 1,5 až 2°C nižšie oproti vonkajším teplotám. Relatívna vlhkosť bola však v starej uzatvorenej maštali preukázateľne vyššia z dôvodu nedostatočného vetrania a hromadenia vodných pár. Dokonca ani sprchové dávky v rekonštruovanom objekte nespôsobili prevlhčenie vzduchu a nadmerné zvyšovanie THI. Bolo tu však tiež zistené riziko vzniku tepelného stresu, a to hlavne v horúcom bezveternom období a dosahom priamej slnečnej radiácie do oblasti ležísk. Následky tepelného diskomfortu počas takýchto dní je možné eliminovať pomocou ventilátorov a tieniacej techniky so zvážením fyziologickej a ekonomickej rentability.

Acknowledgement Príspevok bol spracovaný s podporou výskumu VEGA 1/0771/09

Zoznam použitej literatúry

- Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. 2005, 83:1377-1384. J ANIM SCI
- Bouraoui R. - Lahmar, M. – Majdoub, A. – Djemali, M. – Belyea, R. 2002. *The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows.* In: a Mediterranean climate, Anim. Res., 51: 479 – 491.
- Buffington, D. E., A. Collazo-Arocho, G. H. Canon, D. Pitt, W. W. Thatcher and R. J. Collier. 1981. *Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows.* Trans. ASAE 24:711–714.
- Igono, M.O., B.J. Steevens, M.D. Shanklin and H.D. Johnson. 1985. *Spray cooling effects on milk production, milk and rectal temperatures of cows during a moderate temperature summer season.* Jour. Dairy Science 68: 979-985.
- Johnson, H.D. 1965. *Environmental temperature and lactation with special reference to cattle.* International Journal of Biometeorology, v.9, p. 103-116.
- Johnson, H.D.. 1985. *Physiological responses and productivity of cattle.* In: Stress Physiology in Livestock, Vol II, Yousef M.K. (Ed.) CRC Press, USA, pp.3-23.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. *Heat stress in lactating dairy cows: a review.* In: Livest Prod Sci. 2002;77:59–91. doi: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X.
- Knapp, D.M. and R.R. Grummer. 1991. *Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress.* Jour. Dairy Science 74: 2573-2579.
- Purwanto, B. P. – Sahamoto, F. – Abo, Y. – Forumoto, F. – Yamamoto, S. 1990. *Diurnal pattern of heat production of heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production.* J. Agric. Sci. Camb. 114: 139-142.
- Ravagnolo and Misztal, 2000. *Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation.* J. Dairy Sci. 83: 2126 – 2130.
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. Weatherwise 12:57–59.

