

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Blaž ŠTEFANČIČ

**VPLIV DEJAVNIKOV OKOLJA NA MLEČNOST IN  
SESTAVO MLEKA KRAV NA PAŠI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Blaž ŠTEFANČIČ

**VPLIV DEJAVNIKOV OKOLJA NA MLEČNOST IN SESTAVO  
MLEKA KRAV NA PAŠI**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON MILK YIELD AND  
MILK COMPOSITION OF COWS ON PASTURE**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija kmetijstvo - zootehnika. Opravljeno je bilo na Katedri za prehrano, Oddelka za zootehniko, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Andreja Lavrenčiča in za somentorja prof. dr. Andreja Orešnika.

Recenzent: prof. dr. Irena Rogelj

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Jurij POHAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Zootehniko

Član: doc. dr. Andrej LAVRENČIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Zootehniko

Član: prof. dr. Andrej OREŠNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Zootehniko

Član: prof. dr. Irena ROGELJ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Zootehniko

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Blaž Štefančič

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn  
DK UDK 636.2:637.1(043.2)=163.6  
KG govedo/krave/molznice/dejavniki okolja/vročinskistres/temperatura/vlažnost/  
temperaturno vlažnostni indeks/mlečnost/mleko/sestava/paša/Slovenija  
KK AGRIS L01/5214/9412  
AV ŠTEFANČIČ, Blaž  
SA LAVRENČIČ, Andrej (mentor)/ OREŠNIK, Andrej (somentor)  
KZ SI-1230 Domžale, Groblje 3  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko  
LI 2007  
IN VPLIV DEJAVNIKOV OKOLJA NA MLEČNOST IN SESTAVO MLEKA KRAV  
NA PAŠI  
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)  
OP IX, 59str., 5 preg., 7 sl., 43 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V nalogi smo želeli ugotoviti, kako klimatski dejavniki vplivajo na prirejo in sestavo mleka v čredi 110 krav molznic črno bele pasme, na kmetiji Kocijančič (Gotenica), v obdobju od konca aprila do konca septembra leta 2001, ko so bile živali na paši. Temperature zraka in izračunane vrednosti temperaturno-vlažnostnega indeksa (THI), so presegale v literaturi navedene zgornje meje samo v kratkih časovnih obdobjih okoli poldneva. Ugotovili smo, da so na mlečnost krav statistično značilno vplivali temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo mlečnosti ( $P < 0,001$ ), temperatura zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo mlečnosti ( $P < 0,001$ ) in interakcija med tema dvema dejavnikoma ( $P < 0,001$ ). Na vsebnost maščobe v mleku je vplivala predvsem temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo mlečnosti ( $P < 0,001$ ), medtem ko so na vsebnost beljakovin vmleku vplivale vrednosti THI (temperaturno vlažnostni indeks) ob 21. uri dva dni pred kontrolo mlečnosti ( $P < 0,064$ ) in vrednosti THI ob 14. in 21. uri dan pred kontrolo mlečnosti ( $P < 0,001$  za oba dejavnika). Na vsebnost sečnine v mleku so statistično značilno vplivale temperatura zraka ob 14. in 21. uri dva dni pred kontrolo mlečnosti, temperatura zraka ob 14. uri dan pred kontrolo mlečnosti in relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred kontrolo mlečnosti ( $P < 0,001$  za vse dejavnike).

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn  
DC UDC 636.2:637.1(043.2)=163.6  
CX cattle/dairy cows/heat stress/enviromental factors/temperature-humidity index/milk yield/milk composition  
CC AGRIS AGRIS L01/5214/9412  
AU ŠTEFANČIČ, Blaž  
AA LAVRENČIČ, Andrej (supervisor)/OREŠNIK, Andrej (co-supervisor)  
PP SI-1230 Domžale, Groblje 3  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Zootechnical Department  
LI 2007  
IN EFFECT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON MILK YIELD AND MILK COMPOSITION OF COWS ON PASTURE  
TD Graduation Thesis (University studies)  
OP IX, 59 p., 5 tab., 7 fig., 43 ref.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI The aim of the thesis was to determine the effect of climatic factors on milk yield and milk composition of 110 Black and White dairy cows of the farm Kocijančič (Gotenica) in the pasture period from the end of April to the end of September 2001. During the mentioned period air temperature and calculated temperature humidity indexes (THI) exceeded upper levels found in literature only for the short periods around noon. The air temperature at 21.00 hours two days before milk recording ( $P < 0.001$ ), air temperature at 14.00 hours one day before milk recording ( $P < 0.001$ ) and interaction between these factors ( $P < 0.001$ ) affected milk yield. Milk fat content was affected significantly by the air temperature at 14.00 hours two days before milk recording ( $P < 0.001$ ), while milk protein content was affected by the THI values at 21.00 hours two days before milk recording ( $P < 0.064$ ) and THI values at 14.00 and 21.00 hours one day before milk recording ( $P < 0.001$  for both factors). Air temperatures at 14.00 and 21.00 hours two days before milk recording, air temperature at 14.00 hours one day before milk recording and air humidity at 14.00 hours two days before milk recording significantly affected milk urea concentration ( $P < 0.001$  for all factors).

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI) .....	V
Key words documentation (KWD).....	VI
Kazalo vsebine.....	III
Kazalo preglednic .....	VII
Kazalo slik .....	VI
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>3</b>
2.1 DOLOČANJE VROČINSKEGA STRESA .....	3
2.2 POSLEDICE VROČINSKEGA STRESA .....	4
<b>2.2.1 Regulacija produkcije presnovne toplote.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Vpliv vročinskega stresa na zauživanje krme in oskrbo s hranili.....</b>	<b>5</b>
2.3 VPLIV VROČINSKEGA STRESA NA REPRODUKCIJO .....	10
<b>2.3.1 Vpliv vročinskega stresa na reprodukcijske sposobnosti bika.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.2 Vpliv vročinskega stresa na reprodukcijske sposobnosti krave.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3 Vplivi drugih dejavnikov na pojav vročinskega stresa pri molznicah .....</b>	<b>13</b>
2.4 TERMOREGULACIJA .....	15
<b>2.4.1 Načini toplotne izmenjave med organizmom in okoljem.....</b>	<b>17</b>
2.4.1.1 Kondukcija .....	17
2.4.1.2 Konvekcija.....	17
2.4.1.3 Radiacija .....	18
2.4.1.4 Evaporacija .....	19
2.4.1.5 Ostali načini izmenjave toplote .....	20
<b>2.4.2 Vpliv vročinskega stresa na mlečnost in laktacijo.....</b>	<b>20</b>
2.4.2.1 Vpliv vročinskega stresa na vsebnost mlečne maščobe .....	22

2.4.2.2	Vpliv vročinskega stresa na vsebnost mlečnih beljakovin .....	23
<b>3</b>	<b>MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>25</b>
3.1	PODATKI.....	25
3.2	IZRAČUNI IN STATISTIČNA ANALIZA .....	26
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b> .....	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b> .....	<b>36</b>
5.1	RAZPRAVA.....	36
5.2	SKLEPI.....	39
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b> .....	<b>43</b>
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vpliv temperature okolja na zauživanje suhe snovi obroka, mlečnost in potrebe po vodi (NRC, 1981).....	6
Preglednica 2: Bilanca vode v času vročinskega stresa pri kravah v laktaciji (Collier in sod., 1982).....	10
Preglednica 3: Vpliv relativne zračne vlage in temperature zraka na spremembe v mlečnosti pri kravah različnih pasem (Johnson in Vanjonack, 1976).....	14
Preglednica 4: Koeficient determinacije ( $R^2$ ) za dnevno količino mleka in vsebnost sestavin mleka v posameznih modelih .....	30
Preglednica 5: Klimatski dejavniki, ki vplivajo na mlečnost in sestavo mleka (modeli 3) .....	31



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Izmenjave toplotne energije med organizmom in okoljem (Griffiths, 1994).....	19
Slika 2: Povprečne dnevne temperature zraka dan pred mlečno kontrolo in temperature zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo ter meje termonevtralnega območja krav molznic .....	29
Slika 3: Vrednosti THI v času opazovanj .....	30
Slika 4: Prikaz gibanja temperature zraka ob 14. uri dan pred kontrolo (1T14) in dnevne mlečnosti .....	33
Slika 5: Prikaz gibanja temperature zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo (1T14) in vsebnosti mlečne maščobe .....	34
Slika 6: Prikaz gibanja temperaturno vlažnostnega indeksa ob 14. uri en dan pred kontrolo (1THI14) in temperaturno vlažnostnega indeksa ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2THI21) in vsebnosti mlečnih beljakovin.....	34
Slika 7: Prikaz gibanja temperature zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo (2T14), temperature zraka ob 14. uri dan pred kontrolo (1 T14) in temperature zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2T21) in vsebnosti sečnine v mleku. ....	35

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

2T7	temperatura zraka ob 7. uri dva dni pred kontrolo
2T14	temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo
2T21	temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo
2V7	relativna zračna vlaga ob 7. uri dva dni pred kontrolo
2V14	relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred kontrolo
2V21	relativna zračna vlaga ob 21. uri dva dni pred kontrolo
2THI7	temperaturno vlažnostni indeks ob 7. uri dva dni pred kontrolo
2THI14	temperaturno vlažnostni indeks ob 14. uri dva dni pred kontrolo
2THI21	temperaturno vlažnostni indeks ob 21. uri dva dni pred kontrolo
2Td	povprečna dnevna temperatura zraka dva dni pred kontrolo
2Vd	povprečna dnevna zračna vlaga dva dni pred kontrolo
2THId	povprečni dnevni temperaturno vlažnostni indeks dva dni pred kontrolo
1T7	temperatura zraka ob 7. uri en dan pred kontrolo
1T14	temperatura zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo
1T21	temperatura zraka ob 21. uri en dan pred kontrolo
1V7	relativna zračna vlaga ob 7. uri en dan pred kontrolo
1V14	relativna zračna vlaga ob 14. uri en dan pred kontrolo
1V21	relativna zračna vlaga ob 21. uri en dan pred kontrolo
1THI7	temperaturno vlažnostni indeks ob 7. uri en dan pred kontrolo
1THI14	temperaturno vlažnostni indeks ob 14. uri en dan pred kontrolo
1THI21	temperaturno vlažnostni indeks ob 21. uri en dan pred kontrolo
1Td	povprečna dnevna temperatura zraka en dan pred kontrolo
1Vd	povprečna dnevna zračna vlaga en dan pred kontrolo
1THId	povprečni dnevni temperaturno vlažnostni indeks en dan pred kontrolo
T7	temperatura zraka ob 7. uri na dan kontrole
T14	temperatura zraka ob 14. uri na dan kontrole
T21	temperatura zraka ob 21. uri na dan kontrole
V7	relativna zračna vlaga ob 7. uri na dan kontrole
V14	relativna zračna vlaga ob 14. uri na dan kontrole
V21	relativna zračna vlaga ob 21. uri na dan kontrole
THI7	temperaturno vlažnostni indeks ob 7. uri na dan kontrole
THI14	temperaturno vlažnostni indeks ob 14. uri na dan kontrole
THI21	temperaturno vlažnostni indeks ob 21. uri na dan kontrole
Td	povprečna dnevna temperatura zraka na dan kontrole
Vd	povprečna dnevna zračna vlaga na dan kontrole
THId	povprečni dnevni temperaturno vlažnostni indeks na dan kontrole

## 1 UVOD

Osnovni namen živinoreje je prireja hrane, ki jo potrebuje človeštvo za svoj obstoj. Ker se človeška populacija iz dneva v dan večja, se večajo tudi njene potrebe po hrani. Pri tem postajajo vse pomembnejši tisti dejavniki v proizvodnji, s katerimi lahko na relativno poceni način povečamo proizvodnjo ali jo vsaj ohranimo tudi v neugodnih razmerah. Za uspešno delo na tem področju je potrebno poznavanje fizioloških potreb domačih živali za prirejo hrane in njihov odziv na spremembe v okolju.

Mleko prištevamo k osnovnim živilom, saj mleko in mlečni izdelki prispevajo dobršen del hranljivih snovi v prehrano ljudi. Za prirejo mleka vzrejamo več vrst domačih živali, pri tem je daleč na prvem mestu prireja kravjega mleka. Opravljeno je bilo veliko strokovnega dela, katerega namen je bil povečanje in izboljšanje mlečnosti krav molznic. Selekcionirane so bile specializirane pasme za prirejo mleka, veliko je bilo opravljenih raziskav na področju prehrane krav molznic, v zadnjem času pa vse bolj postaja pomembno poznavanje odnosa med dejavniki okolja in molznicami, ki so jim izpostavljene. Pri slednjem predstavlja poseben problem težavno spremljanje in merjenje posameznih dejavnikov ter ugotavljanje njihovega vpliva na mlečnost in sestavo mleka. Med dejavnike v okolju, ki jih lahko relativno enostavno merimo in imajo dobršen vpliv na prirejo mleka, sodijo klimatski dejavniki. Pri tem sta pomembni predvsem temperatura zraka in relativna zračna vlaga. Zaradi značilnosti presnove krav molznic so za proučevanje zanimivi zgolj tisti dejavniki, ki presegajo zgornje vrednosti tolerantnega območja in povzročijo stres pri kravah molznicah ter neposredno ali posredno vplivajo na prirejo in sestavo mleka. Poleg samih klimatskih dejavnikov je pomemben tudi čas trajanja razmer, ki stresno delujejo na molznice. V stresnih razmerah prihaja do fizioloških in etoloških reakcij živali, zaradi česar se zmanjšajo količine prirejenega mleka in spremeni njegova sestava.

Namen diplomske naloge je ugotoviti, kako klimatski dejavniki v poletnem obdobju vplivajo na mlečnost in sestavo mleka pri kravah na paši. Pri tem smo skušali ugotoviti,

kateri so tisti posamezni dejavniki in kdaj je njihov vpliv na živali na paši največji oziroma, kdaj po nastopu posameznega dejavnika se prireja mleka in njegova sestava značilno spremenita.

## 2 PREGLED OBJAV

Na prirejo mleka vpliva več dejavnikov, ki spreminjajo tako količino kot sestavo mleka. Ti so lahko genetski kot tudi neposredni in posredni vplivi okolja. Nekateri najpomembnejši dejavniki okolja so prehrana, temperatura, vlažnost in gibanje zraka ter sončno obsevanje. Večje spremembe teh dejavnikov povzročajo stres pri živalih, ki vpliva na prirejo. Neposredni odzivi živali so spremembe vedenjskih vzorcev, specifičnih za posamezno vrsto živali ter spremembe v delovanju nekaterih organov in žlez v organizmu. Posredni vplivi so posledica skupnega delovanja neposrednih vplivov in razmer v okolju. Pri molznicah se vročinski stres odraža zlasti v manjši količini in spremenjeni sestavi prirejenega mleka, poteku laktacije in motnjah v reprodukcijskih procesih (West, 1999).

Živali na vročinski stres reagirajo posredno in neposredno (West, 1999). Najprej je opazen neposredni odziv živali, ko se spremenijo za posamezno vrsto specifični vedenjski vzorci, spremeni se tudi delovanje organov in žlez v organizmu. Posledica tovrstnega odziva živali se kaže zaradi potrebe po povečanju oddajanja toplote v okolje. Isti avtor omenja še posredne vplive vročinskega stresa na živali. To so zmanjšanje mlečnosti, manjši dnevni prirasti in spremembe v reprodukcijskem ciklusu živali. Ti odzivi živali so bolj kompleksni in so posledica delovanja večjega števila neposrednih odzivov živali in specifičnih razmer v okolju. V tem primeru se pojavljajo trajnejše spremembe v delovanju organizma, posledice se kažejo v različnih oblikah, ki niso v neposredni zvezi z neposrednimi odzivi organizma na vročinski stres.

### 2.1 UGOTAVLJANJE VROČINSKEGA STRESA

Vročinski stres nastopi v pogojih, ko je zaradi vpliva atmosferskih dejavnikov otežena toplotna izmenjava med organizmom in okoljem. Natančna merjenja vseh kazalnikov, ki povzročajo vročinski stres, so mogoča le v nadzorovanih poskusih, ki potekajo v klimatskih komorah. V praksi pa ni mogoče izvajati tako natančnih meritev, zato je ugotavljanje vročinskega stresa omejeno na merjenje posameznih parametrov, sprememb v delovanju posameznih organov ali sprememb koncentracij nekaterih snovi v organizmu, ki

nam posredno dokazujejo pojav vročinskega stresa pri živalih (Thompson, 1973). Številni avtorji (Kennedy, 1999; Nienaber in sod. 1999; Fuquay, 1981) poudarjajo, da je vročinski stres posledica delovanja več dejavnikov, ki s skupnim vplivom povzročajo stres pri molznicah. Tako je pojav vročinskega stresa lahko posledica delovanja posameznega dejavnika, ali pa posledica delovanja več dejavnikov in njihovega medsebojnega delovanja. V literaturi (West, 1999; Kadzare in sod., 2002) sta kot najpomembnejša klimatska dejavnika, ki povzročata pojav vročinskega stresa, navedena temperatura zraka in relativna zračna vlaga. To so podatki, ki so nam na voljo pri večini meteroloških opazovanj. Na podlagi teh dognanj je bil kot osnovni kazalnik za določanje vročinskega stresa postavljen temperaturno-vlažnostni indeks (temperature-humidity index THI). To je izračunana vrednost, ki vključuje podatke o temperaturi zraka in relativni zračni vlagi. Pri vsem tem je pomemben tudi medsebojni vpliv med temperaturo okolja in relativno zračno vlago, saj THI vrednost lahko preseže 72 tudi ob sorazmerno nizkih temperaturah (22 °C) in zelo visoki (od 95 do 100 %) relativni zračni vlagi. Rietveld (2002) navaja THI 72 kot mejno vrednost za pojav vročinskega stresa. Omenjeno vrednost kot mejno za nastop vročinskega stresa pri molznicah navajata tudi West (1999) in Silanikove (2000).

## 2.2 POSLEDICE VROČINSKEGA STRESA

Posledice vročinskega stresa pri molznicah se odražajo na več načinov. Ker atmosferski dejavniki v času nastopa vročinskega stresa otežujejo toplotno izmenjavo med organizmom in okoljem, se žival na to odzove z zmanjšanjem produkcije presnovne toplote (Jones in Stallings, 1999). Izpostavljenost vročinskemu stresu povzroči tudi druge spremembe v koncentraciji hormonov in delovanju žlez, kar privede do sprememb v bilanci rudninskih snovi v organizmu, sintezi mleka in reprodukcijskih dogajanjih (Carabano in sod. 1990).

### 2.2.1 Vedenje živali v času povišanih temperatur

V obdobjih, ko temperatura okolja presega termonevtralno območje živali, se razvijejo vedenjski vzorci, s katerimi poskuša žival povečati toplotno izmenjavo z okoljem. Živali si v vročem okolju poiščejo vlažnejša mesta, na katerih ležijo. Izogibajo se telesnih stikov z

vrstnicami, poveča se frekvenca pitja, zmanjša pa se frekvenca jemanja krme (Štuhec, 1997). Ko je presežena zgornja kritična temperatura, se sprožijo termoregulacijski procesi, ki varujejo organizem pred pregrevanjem. Poveča se potenje, živali sopejo in pride do razširitve podkožnih kapilar. Z nadaljnjim naraščanjem temperature okolja se povečuje pomen evaporacijskega hlajenja, zmanjša se intenzivnost presnove. Če ti mehanizmi ne delujejo v zadostni meri, temperatura okolja pa se še naprej povečuje, pride do hude dehidracije in naraščanja telesne temperature živali, kar privede do smrti zaradi pregrevanja (Silanikove, 2000).

### **2.2.2 Regulacija produkcije presnovne toplote**

V pogojih, ko je otežena toplotna izmenjava med organizmom in okoljem, kar posledično privede do pregrevanja organizma, se sprožijo fiziološki mehanizmi, ki zavirajo nadaljnjo produkcijo toplotne energije v presnovnih procesih. Kot posledica prilagajanja organizma na pojav vročinskega stresa se znižata koncentraciji tiroksina in trijodotriionina v krvi, kar povzroči zmanjšanje konzumacije suhe snovi in posledično padec produkcije presnovne toplote (Kennedy, 1999). West (1999) navaja, da se v pogojih otežene toplotne izmenjave poveča izločanje kateholaminov, ki zmanjšujejo število kontrakcij predželodcev, zato se fermentacijski procesi v vampu upočasnijo. Zaradi tega se zmanjša konzumacija krme, predvsem krme, bogate z vlaknino. Skupni učinek opisanih odzivov živali na pojav vročinskega stresa se kaže v zmanjšani produkciji presnovne toplote.

### **2.2.3 Vpliv vročinskega stresa na zauživanje krme in oskrbo s hranljivimi snovmi**

S krmo živali zaužijejo večino hranljivih snovi, ki so potrebne za vzdrževanje življenja in prirejo. Pri tem so najprej izpolnjene zahteve po vzdrževanju življenja, šele nato se hranila porabijo za opravljanje drugih funkcij (brejost, reprodukcija, laktacija). Zauživanje krme je regulirano na več načinov, ki temeljijo na principu koncentracije hranljivih snovi v krvi, stopnje napolnjenosti prebavil in regulacije telesne temperature. Različni avtorji so proučevali mehanizme zauživanja krme v času povišanih vrednosti THI v okolju. Kellems

(2002) ločuje fiziološki in kemostatični način regulacije zauživanja krme. Pri fiziološkem načinu regulacije žival preneha jemati krmo, ko se prebavila napolnijo do določene mere. Kemostatični način reguliranja zauživanja krme pa deluje po principu povratne zveze. Ko je v organizmu presežena določena koncentracija presnovkov, pri prežvekovalcih so to hlapne maščobne kisline, se ustavi zauživanje krme. Obdobje, v katerem je dosežena največja koncentracija hlapnih maščobnih kislin v krvi, je odvisno od vrste zaužite krme. Žgajnar (1990) opisuje termostatični mehanizem regulacije zauživanja krme. Ugotavlja, da je zauživanje krme pogojeno s temperaturno bilanco med organizmom in okoljem. Ko je organizem v negativni energijski bilanci, se jemanje krme poveča. V primeru pozitivne energijske bilance pa se težnja po zauživanju krme zmanjša. Žgajnar (1990) poroča o poskusu, v katerem so proučevali konzumacijsko sposobnost molznic črno bele pasme in podaja ugotovitev, da se pri temperaturi 27 °C zauživanje krme zmanjša za 40 % (Preglednica 1).

Preglednica 1: Vpliv temperature okolja na zauživanje suhe snovi obroka, mlečnost in potrebe po vodi (NRC, 1981)

Temperatura okolja (C°)	Konzumacija SS (kg/dan)	Mlečnost (kg/dan)	Potrebe po vodi (l/dan)
20	18	26,7	81,9
25	17,5	24,7	88,7
30	16,7	22,8	95
35	16,5	17,8	144,2
40	9,9	11,9	127

Do podobnih ugotovitev sta prišla tudi Jones in Stallings (1999), ki ugotavljata, da je znanjšanje konzumacije suhe snovi pri molznicah v obdobju vročinskega stresa (THI večji kot 73), od 8% do 12%.

Glede na pogoje v okolju in fiziološke potrebe živali, se posamezni načini regulacije zauživanja krme med seboj prepletajo in imajo ob danih pogojih različno težo. Več raziskovalcev je proučevalo zauživanje različnih krmnih obrokov in odziv krav nanje, v času vročinskega stresa. West (1999) navaja več primerov vpliva vlaknine v obroku na konzumacijo krme in na mlečnost krav. Skupina molznic, ki je bila krmljena pretežno s



senom, je pri 32 °C zaužila za 22 % manj suhe snovi obroka. Pri skupini, krmljeni pretežno s koruzno silažo pa se je, pri isti temperaturi, zauživanje zmanjšalo le za 12,9 %. To pomeni, da živali dajejo prednost energetsko bogatejši krmi in tako skušajo zaužiti zadostno količino hranljivih snovi (Orešnik, 1996).

Živali se vročinskemu stresu prilagodijo tako, da več krme zaužijejo v tistem delu dneva, ko so temperature v okolju nižje in organizem živali preide v termonevtralno območje, s čimer se normalizira toplotna izmenjava med organizmom in okoljem. Tako krave na paši zaužijejo večje količine krme v nočnem času. Živali se pasejo selektivno in raje zauživajo rastline, ki vsebujejo večje količine vode (Kadzare in sod., 2002). Zadostna oskrba organizma s hranljivimi snovmi je pogoj za osnovno funkcioniranje organizma in prirejo. Poleg zadostne konzumacije krme je pomembna tudi struktura obroka, s čimer se zagotovi ustrezno fiziološko delovanje prebavil. Stekar (1995) ugotavlja, da obstaja nevarnost pojava zakisanja vsebine predželodcev, kar je posledica manjšega izločanja sline. Podobne ugotovitve podaja tudi Caput (1996), ki poroča o znanjšanju izločanja sline, kot posledici manjšega zauživanja z vlaknino bogate krme. Zaradi navedenih dejstev je v danih pogojih težko zagotoviti ustrezno sestavo krmnega obroka in zadostno oskrbo molznice s hranljivimi snovmi. Na to temo je bilo narejenih več raziskav, kako v specifičnih razmerah doseči zadovoljivo oskrbljenost molznic s hranljivimi snovmi. Kellems (2002) ugotavlja, da lahko zadovoljimo energetske potrebe molznic, kljub zmanjšani konzumaciji, s pokladanjem visoko kakovostne osnovne krme. Orešnik (1996) pa predstavlja način za zagotavljanje zadostne količine energije v krmnem obroku z dodajanjem močne krme v krmni obrok. S tem se zmanjša produkcija presnovne toplote in krave takšen obrok rade jedo. Vendar avtor opozarja na delež žit, ki ne sme presegati od 55 do 60 % suhe snovi obroka. V nasprotnem primeru pride do prekomernega zakisanja vsebine predželodcev in pojava acidoze. Manjše zauživanje krme v obdobju vročinskega stresa, pomeni tudi manjšo količino zaužitih beljakovin, kar privede do negativne beljakovinske bilance v organizmu (Ronchi, 1998). Do prebitka beljakovin v obroku prihaja pri krmljenju molznic z zelinjem v zgodnejših razvojnih fazah, ko vsebujejo velike deleže surovih beljakovin. Pri tem se v krvi poveča vsebnost amoniaka, ki je strupen za organizem in se mora pretvoriti v sečnino ter se izločiti iz organizma s sečem, mlekom in/ali slino (Žgajnar, 1990). Sinteza sečnine je

energetsko potraten proces, zato se manjša količina energije, ki je na voljo za tvorbo mleka. Orešnik (1996) ugotavlja, da z merjenjem količine sečnine v mleku lahko sklepamo na oskrbljenost krav z beljakovinami in energijo.

Pri pozitivni toplotni bilanci organizma, kamor sodi tudi vročinski stres, potekajo procesi, ki vplivajo na koncentracijo rudninskih snovi v organizmu. S termoregulacijskimi mehanizmi se spreminja pH krvi in zmanjša vsebnost posameznih mineralov v organizmu. Do sprememb vrednosti pH krvi, katere posledica je zmanjšana puferska kapaciteta krvi, prihaja na več načinov. Schneider in sod. (1984) menijo, da je posledica pospešenega dihanja respiratorna alkalozna, pri čemer se iz organizma izloča ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Zato se zmanjša koncentracija ogljikove kisline ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) v krvi, kar privede do povišane vrednosti pH krvi. Sanchez in sod. (1994) omenjajo presnovno alkalozo, ki je posledica substitucije  $\text{H}^+$  in  $\text{Na}^+$  ionov s  $\text{Cl}^-$  in  $\text{HCO}_3^-$ . Ob nezadostni količini  $\text{HCO}_3^-$  ionov pride do vezave klorovih ionov ( $\text{Cl}^-$ ), s tem pa se pH krvi prekomerno zniža in zmanjša puferska kapaciteta krvi. Povečana koncentracija klora v organizmu zmanjša konzumacijsko sposobnost. V pogojih, ki nastanejo kot posledica vročinskega stresa, pride tudi do povečanih izgub posameznih rudninskih snovi iz organizma. Collier in sod. (1982) poročajo o substituciji natrija s kalijem, zaradi česar se natrij izloča iz organizma s sečem. Zato se zmanjša puferska kapaciteta krvi. Tudi Ronchi (1998) priporoča obrok, ki vsebuje povečane koncentracije natrija in kalija, s čimer se poveča mlečnost in ohrani zelena sestava mleka. Večje količine kalija se iz organizma izločajo s potenjem. V času trajanja vročinskega stresa pri kravah molznicah prihaja tudi do pomanjkanja kalcija. Sanchez in sod. (1994) ugotavljajo, da je izguba kalcija pri kravah, ki so pod vplivom vročinskega stresa, večja kot pri kravah, ki so v termonevtralnem območju. Zato v poletnih mesecih priporoča dodajanje večjih količin kalcija v obrok kot v zimskih mesecih. Ob ustrezni oskrbi organizma s kalcijem se poveča tudi mlečnost za 3 do 15 %. Kalcij se v veliki meri izloča z mlekom, poleg tega pa se del kalcija porabi za umiljanje maščob, ki jih dodajamo v krmni obrok v času vročinskega stresa. Zato je priporočljivo povečati vsebnosti kalcija in magnezija na 8,5 g/kg SS oziroma 3,5 g/kg SS (Lavrenčič, 1999). Več avtorjev priporoča dodajanje sode bikarbone ( $\text{NaHCO}_3$ ) v krmne obroke za krave molznice, s čimer se vzdržuje dovolj visok pH v vampu, kar omogoča normalen potek fermentacije, hkrati se

poveča tudi količina acetata in propionata, kar se odraža v večji vsebnosti maščobe v mleku (Kadzare in sod., 2002; Pennington in van Devender, 2000). Vse zgoraj navedene ugotovitve strnimo z ugotovitvijo West-a (1999), da s pravilno izbiro mineralno vitaminskega dodatka lahko ublažimo posledice vročinskega stresa in vzdržujemo zadovoljivo mlečnost.

V organizmu sesalcev je voda ključnega pomena za potek vseh življenjskih funkcij. Voda je pomemben faktor pri termoregulaciji organizma. Ima relativno visoko specifično toploto in tako lahko prejme veliko toplote, a se pri tem malo segreje (Žgajnar, 1990). Pri živalih, podvrženih vročinskemu stresu, se zmanjša količina antidiuretičnega hormona, ki sodeluje pri filtracijskih procesih v nefronih ledvic in s tem regulacije gostote krvi, kar povzroči dehidracijo (Kennedy, 1999). Količina popite vode je odvisna od mlečnosti živali in temperature v okolju (Preglednica 1). Najmanj vode popijejo živali v termo nevtralnem območju, s povečevanjem temperature okolja pa se potreba po vodi povečuje (Ronchi, 1999). Od klimatskih dejavnikov ima na količino popite vode največji vpliv temperatura okolja. Landesforschunganstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (1998) poroča o poskusu, v katerem so pri molznicah črno bele pasme spremljali dnevno mlečnost, konzumacijo suhe snovi in popito količino vode. Poskus je potekal pri temperaturah od 20 do 40°C. Ugotovili so, da se z naraščanjem temperature okolja povečuje količina popite vode, hkrati se zmanjšujeta konzumacija sušine obroka in dnevna mlečnost. Poleg količine popite vode je pomembna tudi temperatura vode, ki je živalim na voljo. Lavrenčič (1999) ugotavlja, da pitje hladnejše vode pripomore k zmanjšanju vročinskega stresa, saj se popita voda segreje in tako prejme del toplote, ki bi se morala odvesti v okolje. To dejstvo potrjuje tudi poskus, ki sta ga izvedla Keown in Grant (1996). Molznice so imele v času visokih temperatur na voljo vodi pri 10 °C in 28 °C. Živali so izbrale hladnejšo vodo.

Pod vplivom klimatskih dejavnikov v času vročinskega stresa, se povečajo tudi izgube vode iz organizma (Preglednica 2).

Preglednica 2: Bilanca vode v času vročinskega stresa pri kravah v laktaciji (Collier in sod., 1982)

	18 °C	20°C	30°C	Razlika %
Zaužita voda:				
- s pitjem (kg/dan)	57,9		74,7	20,0
- s krmo (kg/dan)	1,6		1,4	-14,3
Volumen seča (kg/dan)	11,1		12,8	15
Voda v blatu (kg/dan)	17,9		12,0	-33,0
Evaporacija				
- s površine telesa (g/m <sup>2</sup> na uro)	94,6		150,6	59,3
- dihanje (g/m <sup>2</sup> na uro)	60,6		90,7	50,0
Izguba vode iz telesa (kg/dan)*				
Blato		13,0	9,8	-24,6
Seč		11,7	14,7	25,6
Slina		0	2,4	240,0
Dihanje		7,6	11,7	53,9
Telesna površina		0,6	29,3	176,4
Skupno		42,9	67,9	58,3

\* določeno pri presušenih kravah

Termoregulacijski procesi, pri katerih sodeluje voda, so intenzivnejši, tako so izgube vode velike zlasti pri potenju, ter zaradi večje frekvence dihanja in evaporacije vode z dihalnih poti (West, 1999). Tudi različni načini napajanja molznic in njihov odziv na določen sistem napajanja v različnih klimatskih pogojih lahko vplivajo na količino popite vode. West (1999) je ugotovil, da krave v obdobjih višjih temperatur v okolju raje pijejo iz velikih napajalnih korit, kot iz klasičnih avtomatskih napajalnikov. Do podobnih ugotovitev je prišel tudi Pennington in van Devender (2000), ki sta ugotovila, da imajo molznice v vročih obdobjih dneva, najraje hladnejšo vodo.

### 2.3 VPLIV VROČINSKEGA STRESA NA REPRODUKCIJO

Prيرهja mleka je v tesni povezavi z reprodukcijo. Motnje v reprodukciji se posredno odražajo tudi v količini prirejenega mleka. Povišane temperature v okolju na različne načine vplivajo na reprodukcijska dogajanja pri govedu.

### **2.3.1 Vpliv vročinskega stresa na reprodukcijske sposobnosti bika**

Neposredni vpliv bika na uspešnost reprodukcije pri kravah je najbolj opazen v čredah z naravnim pripustom. Otežena toplotna izmenjava med organizmom in okoljem se pri bikih odraža kot slabši libido in z manjšo produkcijo semenčic ter njihovi slabši oploditveni sposobnosti. Spermatogeneza je proces, pri katerem je za normalno delovanje potrebna nižja temperatura, kot je telesna temperatura. Temu je prilagojena tudi anatomija živali, saj so testesi nameščeni izven telesa in imajo učinkovito termoregulacijo s pomočjo krvnega obtoka. Arterialna kri, ki je ogreta na telesno temperaturo, ob stiku z venozno krvjo, ki ima nižjo temperaturo, odda nekaj toplotne energije in s tem uravnava temperaturo v testesih. Thompson (1973) ugotavlja, da ta način termoregulacije omogoča ohranjanje relativno konstantne temperature testesov pri razponu temperatur v okolju od  $-3$  do  $31$  °C. Isti avtor navaja, da pogosto izpostavljanje visokim temperaturam privede do zmanjšane spermatogeneze in povečanega števila nenormalno razvitih spermijev. Poleg kakovosti semena se zmanjša tudi masa testesov. V krajših obdobjih, ko so živali izpostavljene višjim temperaturam, se zmanjša tudi nivo testosterona v krvi na 40% vrednosti v termonevtralnem območju. Posledica tega je zmanjšana intenzivnost spermatogeneze in slabši libido. Vendar pa se v daljših neprekinjenih obdobjih visokih temperatur vsebnost testosterona v krvi približa 80 % tiste vsebnosti, ki ga imajo biki v termonevtralnem območju.

### **2.3.2 Vpliv vročinskega stresa na reprodukcijske sposobnosti krave**

Učinki vročinskega stresa na reprodukcijo so najbolj opazni pri kravah. Jonsson in sod. (1997) te pojave pripisujejo spremembam v poteku fizioloških dogajanj v organizmu, kar privede do motenj v reprodukciji molznic, ki so izpostavljene visokim temperaturam okolja. V večini mlečnih čred se uporablja umetno osemenjevanje, za njegovo upešnost pa je ključnega pomena pravočasno odkrivanje pojatev in čas osemenitve. Hansen in Arechiga (1999) poročata o manj intenzivnem vedenjskem izražanju estrusa v času povišanih temperatur v okolju, kar je vzrok zmanjšanemu številu odkritih pojatev. Živali bolj intenzivno izražajo estrus v hladnejšem obdobju dneva, ko energijska bilanca organizma doseže ali se približa termonevtralnemu območju. Pri velikem številu živali estrus nastopi

v nočnih urah, ko je temperatura okolja nižja, kar otežuje pravočasno odkrivanje estrusa in zmanjša uspešnost osemenitev. Jennifer in sod. (1998) ugotavljajo, da je v obdobju vročinskega stresa zmanjšan delež uspešnih osemenitev, iz siceršnjih od 50 do 40 odstotkov upade na manj kot 10 odstotkov. Vzrok temu je pregrevanje organizma in s tem tudi povišana temperatura v reprodukcijskih organih v času vročinskega stresa. Kennedy (1999) navaja, da se za vsakih 0,5 °C nad normalno telesno temperaturo goveda, uspešnost osemenitve zmanjša za 12,8 %.

Poleg vpliva vročinskega stresa na odkrivanje pojatev in posledično uspešnost osemenitve, vpliva vročinski stres tudi na tvorbo nekaterih hormonov in sam reprodukcijski cikel. V termonevtralnem območju je dolžina estričnega ciklusa pri kravah pridlišno 21 dni, z razponom od 17 do 25 dni. Ko temperatura okolja preseže 25 °C, se prične estrični cikel podaljševati in lahko traja tudi do 45 dni (Arechiga in sod., 1998). Visoke temperature v okolju povzročajo spremembe v dolžini estričnega ciklusa, saj se lahko zmanjša število ciklusov ali pa se posamezen cikel podaljša (Jennifer in sod, 1998). Tucker (1982) poroča o vplivu vročinskega stresa na dolžino poporodnega premora. V poletnih mesecih je poporodni premor za 24 do 67 dni daljši kot v zimskih mesecih. Spremembe v tvorbi nekaterih hormonov v času vročinskega stresa opisujejo Wolfenson in sod. (2000). Avtorji pojasnjujejo manjšo plodnost krav v času povišanih temperatur v okolju kot posledico sprememb v delovanju jajčnikov in manjši količini izločenih hormonov. Pri kravah se vročinski stres izraža z manjšim nivojem estradiola v krvi, kar je posledica manjše velikosti foliklov. Pojav vročinskega stresa zavira rast in oslabi delovanje foliklov, ki tekom razvoja proizvajajo estradiol. S tem se zmanjša koncentracija estradiola v krvi v začetku razvoja folikla in v proestrusu. Dominantne folikularne celice, iz katerih se razvije rumeno telo, lahko prično izločati progesteron, če so bile tekom razvoja izpostavljene vročinskemu stresu. Na velikost in razvoj foliklov vpliva vročinski stres tudi posredno z zmanjšano količino zaužite krme, saj je v organizmu na voljo manj hranljivih snovi (Kennedy, 1999).

Vročinski stres vpliva posredno, preko materinega organizma, tudi na zarodek. Thompson (1973) ugotavlja, da povečane koncentracije kortizola in progesterona, ki so prisotne v krvi krav, izpostavljenih vročinskemu stresu, negativno vplivajo na vgnezditev zarodka v maternično steno. Embrio je na višje temperature najbolj občutljiv prvih sedem dni razvoja. Do 35. dne znaša zgodnja smrtnost zarodkov od 17,2 do 25,5 odstotkov (Kennedy, 1999). Vročinski stres vpliva tudi na pogostost poporodnih zdravstvenih težav pri kravah. Silanikove (2000) poroča o poporodnih motnjah in času telitve. Pri kravah, ki so telile od maja do septembra, so zabeležili 24 % retencij posteljice in metritisov, pri živalih, ki so telile izven navedenega obdobja, pa je delež poporodnih težav znašal 12 %.

### **2.3.3 Vplivi drugih dejavnikov na pojav vročinskega stresa pri molznicah**

Poleg prehranskih in klimatskih dejavnikov, ki jih zajema indeks THI, na intenzivnost izražanja vročinskega stresa pri govedu vplivajo tudi drugi dejavniki. Ti se lahko odražajo v samem pojavu vročinskega stresa ali v stopnji občutljivosti posameznih živali na vročinski stres. West (1999) navaja kot pomembne neklimatske dejavnike okvir živali, telesno maso, obarvanost dlake, nivo prireje, reprodukcijsko stanje in kondicijo živali.

Nekatere pasme goveda so bolj podvržene vročinskemu stresu, kot druge. Shannon (2001) navaja, da pasme goveda, ki so nastale iz podvrste goveda *Bos indicus*, bolje prenašajo visoke temperature v okolju, kot pasme nastale iz podvrste *Bos taurus*. Vzrok temu je večje število znojnih žlez pri potomcih goveda *Bos indicus*. Večje število znojnih žlez, ki jih ima govedo *Bos indicus*, je posledica bolj nagubane kože in s tem večje površine kože. Vendar obstajajo razlike v občutljivosti na vročinski stres tudi med evropskimi pasmami goveda. Na vročinski stres so najbolj občutljive krave črno-bele pasme, sledi jersey, najmanj pa so občutljive krave rjave pasme (Preglednica 3). Znotraj črno bele pasme obstajajo večje razlike v občutljivosti na vročinski stres. Vzroki za različno stopnjo tolerance za vročinski stres med posameznimi pasmami in znotraj pasem niso popolnoma pojasnjeni.

Preglednica 3: Vpliv relativne zračne vlage in temperature zraka na spremembe v mlečnosti pri kravah različnih pasem (Johnson in Vanjonack, 1976)

Temperatura zraka °C	Relativna zračna vlaga	črno belo govedo (%)	Jersey (%)	Rjavo govedo (%)
24	Majhna (38%)	100	100	100
24	Velika (76%)	96	99	99
34	Majhna (46%)	63	68	84
34	Velika (80%)	41	56	71

Razlika med posameznimi pasmami goveda je opazna tudi pri reprodukciji, ki je v tesni povezavi z mlečnostjo. Hansen in Arechiga (1999) poročata o razlikah med posameznimi pasmami. Govedo, ki izhaja iz območij z visokimi temperaturami (kot na primer *Bos indicus*) ima večjo uspešnost osemenitev, kot govedo *Bos taurus*.

V želji, da bi vzredili živali s čim večjo mlečnostjo, smo odbirali živali na tiste lastnosti, ki neposredno ali posredno povečujejo mlečnost. Več avtorjev (Kadzare in sod., 2002; Griffiths, 1994) navaja vplive tovrstne selekcije na samo žival in njeno prilagojenost na klimatske spremembe v okolju ter dovzetnost za vročinski stres. S selekcijo na večjo mlečnost sta se povečala okvir in telesna masa živali. S povečanjem okvirja se je povečala tudi prostornina prebavil, kar živalim omogoča večjo konzumacijsko sposobnost. To privede do intenzivnejših fermentacijskih procesov v vampu in do večje produkcije presnovne toplote. S povečevanjem okvirja se poveča tudi telesna masa živali. Kadzare in sod. (2002) navajajo povečanje mase 24 mesecev starih telic črno bele pasme med leti 1956 in 1987 za 10 %, od 485 na 531 kg.

Pri toplotni izmenjavi med organizmom in okoljem je pomemben dejavnik tudi razmerje med telesno maso in površino organizma. Z ožanjem tega razmerja se otežuje toplotna izmenjava organizma. Tudi kondicija živali vpliva na toplotno izmenjavo. Zaradi



izolacijskih lastnosti maščobnega tkiva, imajo živali v boljši kondiciji manjše sposobnosti oddajanja toplote v okolje (Griffiths, 1994). Isti avtir tudi ugotavlja, da je s selekcijo na večjo mlečnost upadla toleranca živali na vročinski stres. Trdi tudi, da je genetska korelacija med mlečnostjo in odpornostjo živali na vročinski stres relativno majhna in znaša  $-0,3$ . Zato meni, da je hkratna selekcija tako na mlečnost, kot na odpornost živali na vročinski stres možna in bi bila v daljšem časovnem obdobju tudi uspešna.

Na pojav vročinskega stresa vplivajo tudi dejavniki, ki sami po sebi neposredno ne povzročajo vročinskega stresa, v kombinaciji z ostalimi dejavniki vročinskega stresa pa lahko učinek stresa okrepijo. Eden teh dejavnikov je velika koncentracija živali na relativno majhnem prostoru, kot je na primer čakanje molznic na molžo in med samo molžo, ko je možnost oddajanja toplote zelo omejena, kar lahko privede do pregrevanja živali. Pennington in van Devender (2000) ter Jones in Stallings (1999) navajata podoben primer povečevanja vpliva na pojav vročinskega stresa, saj so ugotovili, da se živali zbirajo v skupine in tako poskušajo odgnati mrčes, kar pa privede do prej omenjenih težav s toplotno izmenjavo med organizmom in okoljem.

## 2.4 TERMOREGULACIJA

Kljub spremembam klimatskih pogojev v okolju, poskuša organizem vzdrževati relativno konstantne pogoje, ki so potrebni za optimalni potek življenjskih procesov. Zato v organizmu sesalcev in ptic obstajajo mehanizmi, ki omogočajo vzdrževanje konstantne telesne temperature, kljub spremembam temperature v okolju. Dražljaji, ki jih povzročijo temperaturne spremembe v okolju, se po perifernem živčnem sistemu prenesejo do centralnega živčnega sistema in termoregulacijskega centra v hipotalamusu. Glede na jakost sprejetih dražljajev se sproščajo ustrezni kemični in živčni dražljaji, ki uravnavajo procese dihanja, prebave in delovanja endokrinih žlez (Štuhec, 1991).

Optimalno fiziološko delovanje organizma poteka v termonevtralnem območju, kjer poteka proces sproščanja toplote v okolje brez večjih sprememb v sproščanju presnovne energije v

organizmu. Meji termonevtralnega območja sta spodnja in zgornja kritična temperatura. V primeru, da je temperatura okolja nižja od telesne temperature organizma, prihaja do povečanja obsega presnove in s tem sproščanja toplotne energije. S povečevanjem te razlike so ti procesi vedno bolj intenzivni, organizem poskuša pridobiti toplotno energijo tudi z mišičnim delom. Nadaljnje povečevanje te razlike privede do smrti zaradi podhladitve (Štuhec, 1997). Z naraščanjem temperature okolja in ob relativno konstantni telesni temperaturi organizma pa prihaja do vedno bolj otežene toplotne izmenjave med organizmom in okoljem. V težnji po optimalni telesni temperaturi, se organizem poslužuje termoregulacijskih mehanizmov, s katerimi poskuša povečati oddajanje toplote v okolje. V primerih, ko odvajanje toplote v okolje še vedno ni zadostno, pride do naraščanja telesne temperature, kar privede do motenj v funkcioniranju organizma in do smrti zaradi pregrevanja (Štuhec, 1997). Da bi žival ostala v termonevtralnem območju, mora to toploto oddati v okolje, kar pa je pri visokih temperaturah okolja oteženo. Obstajajo trije viri toplote, ki lahko povzročijo vročinski stres pri molznicah. To so toplota iz okolja, presnovna toplota, ki je bolj ali manj konstantna in se sprošča pri mikrobni razgradnji krme v predželodcih ter presnovna toplota iz presnove v organizmu. Količina te toplote je odvisna tudi od mlečnosti krav (Reitveld, 2002).

Zgornjo kritično temperaturo lahko definiramo tudi kot točko, ko se zmanjša intenzivnost presnove, poveča se oddajanje toplote v okolje z evaporacijo, ob specifičnih termoregulacijskih sposobnostih podkožnega maščobnega tkiva (Silanikove 2000). V literaturi avtorji navajajo različne vrednosti zgornje in spodnje kritične temperature, za molznice in sicer med 0 in 16 °C (NRC, 1981), med 4 °C in 15 °C (Babnik in sod., 2000), med - 5 °C in 23 °C (Bernabucci in Calamari, 1998). Iz navedenih vrednosti lahko razberemo, da je v poletnih mesecih hitro presežena zgornja kritična temperatura, s tem pa nastopijo težave pri oddajanju toplote v okolje (Nienaber in sod., 1999).

## **2.4.1 Načini toplotne izmenjave med organizmom in okoljem**

Del toplote, prejete iz okolja in nastale v presnovnih procesih, se porabi za vzdrževanje konstantne telesne temperature, večino pa jo mora organizem oddati v okolje, za kar obstajajo različni načini: z blatom, sečem, potenjem, radiacijo, z mlekem, konvekcijo in kondukcijo preko kože ter z dihanjem (Schneider in sod., 1984). Pri dejanski izmenjavi toplotne energije med organizmom in okoljem se posamezni načini oddajanja toplote med seboj prepletajo. Zato težko govorimo zgolj o enem načinu oddajanja toplote v danem trenutku (Kadzare in sod., 2002).

### **2.4.1.1 Kondukcija**

Kondukcija je način oddajanja toplote, pri katerem toplotna energija ob neposrednem stiku prehaja s toplejšega na hladnejše telo. Učinkovitost toplotne izmenjave s kondukcijo je odvisna predvsem od površine stika med živaljo in okoljem. Pri živalih, ki stojijo, je površina, ki je v stiku s podlago, omejena zgolj na parklje, zaradi česar se s kondukcijo izmenja le relativno malo toplote. Če živali ležijo, pa je površina stika večja in zato je toplotna izmenjava s kondukcijo učinkovitejša. Zato so pri izbiri ustreznega nastilja pomembne kondukcijske lastnosti materiala, na katerem živali ležijo (Silanikove, 2000). Z naraščanjem temperature okolja dajejo živali prednost materialu z večjo kondukcijsko kapaciteto. V primeru, ko je temperatura površine, s katero je žival v stiku, višja kot temperatura kože, pride do dodatnega segrevanja organizma (Kennedy, 1999).

### **2.4.1.2 Konvekcija**

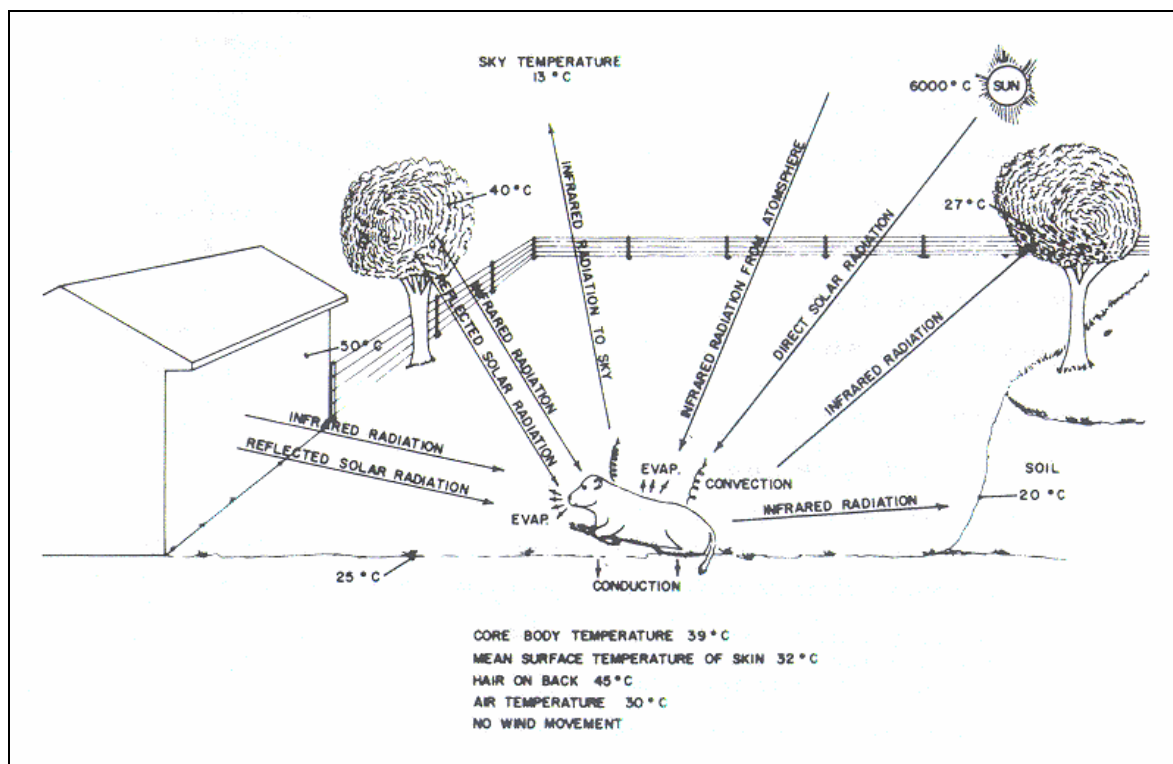
Konvekcija je način izmenjave toplote med organizmom in zrakom. Ko hladnejši zrak obdaja telo, se zrak segreva in odvzema toplotno energijo telesa. Ob konstantnem dotoku hladnejšega zraka se organizem ohlaja, dokler ni doseženo termonevtralno območje (Kadzare in sod., 2002).

Ena od oblik oddajanja toplote s konvekcijo je dihanje oziroma sopenje. V dihalnih poteh se vdihani zrak segreje na telesno temperaturo in ob izdihu ogret zapusti organizem. S pospešenim dihanjem se povečuje s konvekcijo oddana količina toplote. Ker pa so dihalne poti tudi vlažne, se del toplote izloči tudi z evaporacijo (Silanikove, 2000). West (1999) opaza, da se v obdobju povišanih dnevnih temperatur živali raje zadržujejo na mestih z večjo cirkulacijo zraka. Z ustrezno namestitvijo prezračevalnih sistemov v hlevih lahko omilimo vpliv vročinskega stresa in dosežemo večjo prirejo. Prav tako pa lahko cirkulacija ogretega zraka še poveča občutljivost živali na vročinski stres. Thompson (1973) ugotavlja, da hitrost ogretega zraka, ki presega 3,6 m/s, poveča občutljivost krav za vročinski stres za tretjino.

#### 2.4.1.3 Radiacija

Radiacija je način oddajanja toplote s sevanjem. Telo z večjo toplotno energijo seva, medtem ko telo z manjšo toplotno energijo absorbira toplotno energijo in se pri tem segreva. Radiacija je pomemben dejavnik pri toplotni bilanci organizma, saj v času najvišjih dnevnih temperatur živali absorbirajo solarno toploto (Slika 1). Oddajajo pa jo lahko, ko je temperatura okolja nižja kot njihova telesna temperatura (Kennedy, 1999).

Pri termoregulaciji organizma ima pomembno vlogo barva dlake. Kadzare in sod. (2002) poročajo, da črne živali absorbirajo več energije, njihovo absorpcijo pa so označili z 1. Bele živali v enakih pogojih absorbirajo 0,37 energije, živali z rjavo barvo dlake pa absorbirajo 0,65 energije. Silanikove (2000) navaja, da so v poskusu z jersey in črno belimi kravami v laktaciji in umetnim virom radiacij, pri temperaturi 21 °C in 26,7 °C jersey krave zmanjšale produkcijo toplote za 12 do 14 %, črno bele krave pa za 26 %.



Slika 1: Izmenjave toplotne energije med organizmom in okoljem (Griffiths, 1994)

#### 2.4.1.4 Evaporacija

V procesu evaporacije se oddana toplota porablja za segrevanje vode. Le ta prehaja iz tekočega agregatnega stanja v plinasto in s tem ohlaja organizem. Voda lahko prejme relativno veliko toplotne energije, sama pa se relativno malo segreje (Žgajnar, 1990). Z naraščanjem temperature okolja nad zgornjo mejo termonevtralnega območja, se povečuje pomen evaporacijskega hlajenja organizma. Govedo z evaporacijo regulira izmenjavo toplotne energije med organizmom in okoljem na dva načina. Del evaporacije se vrši na površini kože, drugi del pa poteka v dihalnih poteh ter v samih pljučih, kjer se vdihani zrak navlaži, pri tem pa voda prehaja iz tekočega agregatnega stanja v plinasto ter pri tem iz organizma odvede del toplotne energije. Oba načina evaporacije sta različno učinkovita v različnih klimatskih pogojih. Thompson (1973) navaja, da znaša pri temperaturi zraka 15 °C in pri zračni vlagi 46 % evaporacija v pljučih in dihalnih poteh 54 % toplotne izmenjave organizma. Pri temperaturi 35 °C in 62 % zračni vlagi pa z evaporacijo v dihalnih poteh in pljučih odda 38 % toplotne energije. Tako potenje kot tudi pospešeno

dihanje povzročita večje izgube vode iz organizma. Silanikove (2000) poroča, da pri govedu težkem 600 kg, ki ni v laktaciji, povprečno izpari 1,5 kg vode v eni uri. Molznice z dnevno mlečnostjo 30 kg mleka, pa z enako količino oddane toplotne energije zadostijo le polovico svojih potreb po toplotni izmenjavi. S tem se lahko pojasni nizka toleranca molznic na temperaturne spremembe v okolju in posledično nastop vročinskega stresa.

Poleg izgube vode se pri potenju pojavlja tudi deficit rudninskih snovi v organizmu. Thompson (1973) je ugotovil, da znaša pH kože pri govedu 5,6, če je v termonevtralnem območju. Pri govedu, ki je pod vplivom vročinskega stresa, pa je pH kože 7,8. V analiziranem vzorcu so ugotovili večjo vsebnost anorganskega fosforja, sečnine, nebeljakovinskega in beljakovinskega dušika ter manjšo vsebnost sladkorjev in mlečne kisline. V praksi je na voljo več načinov, ki olajšajo evaporacijsko hlajenje živali, kot so postavljanje senčnih mrež, pršenje živali z vodo in ustrezno prezračevanje hlevov v času povičanih temperatur v okolju. Ob učinkoviti uporabi teh metod, se dnevna mlečnost lahko poveča od 3,5 do 4,2 kg (Pennington in van Devender, 2000).

#### 2.4.1.5 Ostali načini izmenjave toplote

K tem načinom prištevamo oddajanje toplote z blatom, sečem in mlekom. Vsi ti proizvodi so ogreti na telesno temperaturo organizma. Ko zapustijo organizem, se z njimi izloči tudi del toplotne energije. Pri tem je količina oddane toplote s sečem in blatom relativno konstantna, z mlekom oddana toplota pa se spreminja s količino izločenega mleka (Schneider in sod., 1984).

Silanikove (2000) ugotavlja, da če v nočnem času temperatura okolja pade pod 21 °C za 3 do 6 ur, imajo živali priložnost za oddajo prejete toplote iz prejšnjega dne, ki je tekom dneva niso mogle izločiti. Posamezen način oddajanja toplote prevladuje pri določenih pogojih v okolju.

### 2.4.2 Vpliv vročinskega stresa na mlečnost in laktacijo

Spremembe atmosferskih dejavnikov imajo neposreden vpliv na koncentracijo nekaterih hormonov v krvi in s tem na mlečnost. Temperature v okolju, ki presegajo zgornjo mejo termonevtralnega območja za krave molznice, vplivajo na koncentracijo prolaktina v organizmu. Tucker (1982) navaja porast količine prolaktina z 8 na 21 ng/ml krvnega seruma pri porastu temperature okolja iz 21 na 27 °C. Avtor ne navaja fiziološkega vzroka za takšen porast koncentracije prolaktina v organizmu. Isti avtor poroča tudi o vplivu osvetlitve na koncentracije različnih hormonov v krvi. V poskusu je meril koncentracije ravnega hormona, insulina, tiroksina in prolaktina. Podaljšan čas osvetlitve je vplival le na povečanje izločene količine prolaktina, medtem ko na izločanje ostalih hormonov dolžina osvetlitve neposredno ni vplivala. Zaradi posledic vročinskega stresa na živali in zaradi spremenjenega obroka v poletnih mesecih, upade dnevna mlečnost. Muhič (1997) poroča o upadu količine odkupljenega mleka v juliju in avgustu. Vzroki za zmanjšano prirejo mleka so v zmanjšani kozumaciji, upočasnjem poteku prebavnih procesov, slabši absorpciji hranljivih snovi in manjšem pretoku krvi skozi mlečno žlezo. Posledica teh dogajanj je manjša količina hranljivih snovi, ki so na voljo za sintezo sestavin mleka (Dolejš in sod., 1997). Kadzare in sod. (2002) pripisujejo od 3 do 10 % spremembo količine mleka klimatskim dejavnikom. Babnik in sod. (2000) ugotavljajo, da se mlečnost prične zmanjševati, ko rektalna temperatura preseže 38,9 °C. Za vsakih nadaljnjih 0,55 °C upade prireja mleka za 1,8 kg dnevno. Zaradi sprememb v strukturi in količini zaužitega krmnega obroka, se spremenita tudi vsebnost maščob in beljakovin v mleku. Za vročinski stres so bolj občutljive živali z veliko mlečnostjo. Fuquay (1981) ugotavlja, da se pri produkciji 0,45 kg mleka sprosti 10 kcal presnovne toplote v eni uri.

Pri prireji mleka so pomembni tisti dejavniki, ki vplivajo na pojav vročinskega stresa in njegov vpliv na potek laktacije, količino namolženega mleka in vsebnost hranil v mleku. Največji vpliv na potek laktacijske krivulje pripisujejo različni avtorji sezoni telitve. Krave, ki so telile v jesenskih mesecih, so laktacijo pričele z optimalno mlečnostjo, tudi njihova mlečna vztrajnost je bila optimalna. Krave, ki so telile v spomladanskih mesecih imajo zelo podobno ocenjeno mlečnost v standardni laktaciji, kot krave, ki telijo jeseni. Vendar se laktacijski krivulji obeh skupin krav med seboj močno razlikujeta. Krave, ki so telile od marca do junija, so večino mleka priredile v prvem delu laktacije, tudi mlečna

vztrajnost teh živali je slabša (Orešnik in Logar, 2001). Avtorja ugotavljata tudi, da se krave odzovejo na spremenjene razmere v okolju s spremembo poteka laktacije. Najbolj izrazit je odziv pri kravah, ki telijo v maju, sledijo jim krave, ki telijo v aprilu in marcu. Mlečnost krav, ki so telile v maju, se od druge do pete mlečne kontrole zmanjša za 34,2 % oziroma za 10,2 kg. Od stadija laktacije živali je v veliki meri odvisna toleranca živali na vročinski stres. Bernabucci in Calamari (1998) sta v več poskusih ugotovila različen vpliv vročinskega stresa na živali v različnih stadijih laktacije. V pogojih, ko pri govedu nastopi vročinski stres, sta pri živalih v začetku laktacije opazila od 11 do 14 % zmanjšanje mlečnosti, pri živalih na sredini laktacije od 22 do 26 %, medtem ko je bil v skupini molznic v zadnjem obdobju laktacije upad prireje od 15 do 18 %. Iz tega je razvidno, da so vplivu vročinskega stresa najbolj podvržene živali na sredini laktacije. Bernabucci in Calamari (1998) navajata, da se takoj po telitvi in v začetku laktacije žival dobi pomemben del energije za prirejo mleka iz telesnih rezerv, predvsem iz maščob. Živali v sredini laktacije pa večino energije pridobijo iz zaužite krme. Pri tem pa se sprosti veliko toplote zaradi fermentacijskih procesov v vampu. Pri presnovi maščob je produkcija toplote znatno manjša, kot pri fermentaciji v vampu, zato so živali v sredini laktacije bolj občutljive na vročinski stres.

#### 2.4.2.1 Vpliv vročinskega stresa na vsebnost mlečne maščobe

Mlečna maščoba je ena od sestavin mleka, na podlagi katere se oblikuje odkupna cena mleka in ima posledično pomembno mesto v preučevanju vpliva vročinskega stresa na vsebnost hranljivih snovi v mleku. Delež mlečne maščobe v odkupljenem mleku se razlikuje med posameznimi meseci v letu. V odkupljenem mleku v poletnih mesecih je vsebnost mlečne maščobe manjša, kot v mleku odkupljenem v zimskih mesecih. Najmanjše vsebnosti maščobe v mleku so bile ugotovljene v juniju, juliju in avgustu (Klopčič, 1998). Nianogo in sod. (1991) so v času od junija do septembra izmerili manjšo vsebnost maščobe v mleku, kot v ostalem delu leta. To razlagajo kot vpliv visokih temperatur v okolju, ki preko termoregulacijskih mehanizmov vplivajo na manjšo sintezo mlečne maščobe. Zmanjšanje vsebnosti mlečne maščobe je posledica več dejavnikov. Eden izmed teh dejavnikov je vsekakor količina zaužite surove vlaknine. Za poletni obrok, ki temelji na paši, je značilna nezadovoljiva oskrba živali s surovo vlaknino. Poleg vsebnosti strukturne vlaknine v krmnem obroku so pomembni dejavniki razmerje med voluminozno



in močno krmo, vrsta močne krme, količina dodanih maščob v obrok in frekvenca krmljenja (Rajčević in sod. 1998). Podobne ugotovitve navaja tudi Morrison (1983), ki pravi, da spremembe v strukturi krmnega obroka in zauživanje večjih količin močne krme privede do zmanjšane sinteze hlapnih maščobnih kislin v organizmu, s čimer se zmanjša vsebnost mlečne maščobe. Z zauživanjem krme, ki vsebuje manjše količine strukturne vlaknine, se zmanjša tudi frekvenca prežvekovanja, kar privede do manjšega izločanja slin. Ob slabšem izločanju slin pride do zakisanosti vsebine predželodcev in zmanjšane tvorbe hlapnih maščobnih kislin (Caput, 1996). Vsebnost mlečne maščobe je odvisna tudi od stadija laktacije. Bernabucci in Calamari (1998) poročata o najmanjši vsebnosti maščobe v mleku pri kravah na začetku laktacije, še posebno, če so pod vročinskim stresom. Avtorja navajata tudi pomen časa telitve. Če je v zadnjem mesecu brejosti žival pod vplivom vročinskega stresa, prihaja do hormonalnih sprememb in motenj v razvoju mlečne žleze, kar vpliva na manjšo količino maščobe v mleku pri kravah v začetku laktacije.

#### **2.4.2.2 Vpliv vročinskega stresa na vsebnost mlečnih beljakovin**

Na količino mlečnih beljakovin vpliva vročinski stres posredno preko več dejavnikov. S krmo zaužite beljakovine mikroorganizmi v vampu razgradijo do aminokislin in amoniaka, ki ga uporabijo za sintezo lastnih beljakovin. V nadaljnjih procesih presnove so ti produkti vir za oskrbo molznic z beljakovinami (Orešnik, 1996). Poleg oskrbljenosti molznic z beljakovinami je pomembna tudi oskrba z energijo, ki se porablja v procesih sinteze mikrobnih in mlečnih beljakovin. Ob nezadostni oskrbi z energijo se sintetizira manj mikrobnih in posledično tudi manj mlečnih beljakovin, kljub zadostni oskrbljenosti molznice z beljakovinami. Ob presežku beljakovin v obroku se vsebnost beljakovin v mleku ne poveča preko genetskih sposobnosti krave. Prekomerna oskrbljenost krav z beljakovinami privede do presežkov amoniaka, ki ga mikrobi ne zmorejo vgraditi v lastne beljakovine. Ta amoniak, ki je za organizem toksičen, se v jetrih pretvori v sečnino in se v tej obliki izloči iz organizma. Proces sinteze sečnine je energetsko zahteven, kar dodatno zmanjša količino razpoložljive energije za sintezo beljakovin v mleku (West, 1999).

Neposreden vpliv vročinskega stresa na vsebnost beljakovin v mleku se pojavi pri izredno visokih vrednostih THI. Bernabucci in Calamari (1998) poročata, da se pri THI vrednosti med 82 in 84, zmanjša vsebnost mlečnih beljakovin. Pri tem naj bi imel prav THI odločilno vlogo, saj se vsebnost beljakovin v mleku ne zmanjša, če so samo temperature okolja visoke, medtem ko je zračna vlaga nizka.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 PODATKI IN KEMIJSKE ANALIZE MLEKA

Pri izdelavi diplomske naloge smo podatke za mlečnost in sestavo mleka zbirali v obdobju pašne sezone od konca aprila do septembra leta 2001 na kmetiji Kocjančič v Gotenici. V čredi je bilo 110 krav črnobelega pasme. V času naših opazovanj je krmni obrok temeljil na paši, med čakanjem živali na molžo, ki je trajala dvakrat po štiri ure, so imele živali na voljo seno, dodajali so tudi mleto koruzo - šrot (3 kg na žival dnevno) in mineralno-vitaminski dodatek (Kravimin 2 in sicer 0,14 kg na žival dnevno).

Podatke o namolženi količini mleka posameznih živali smo zbirali dvakrat mesečno, istočasno pa smo odvzeli tudi vzorce mleka za kemijsko analizo. Za eno meritev smo uporabili rezultate tekoče AP kontrole, drugo meritev pa smo izvajali sami v obdobju 12 do 15 dni po opravljeni AP kontroli. V celotni pašni sezoni je bilo na opisan način opravljenih 11 meritev. Za vsako meritev smo od vsake živali odvzeli vzorec mleka jutranje in večerne molže. Količino namolženega mleka smo določali z odčitavanjem na merilnih posodah v molzišču. Vsebnost mlečne maščobe, mlečnih beljakovin in sečnine smo analizirali v Laboratoriju za mlekarstvo, Oddelka za zootehniko Biotehniške fakultete. Vsebnost mlečne maščobe in beljakovin je bila določena s pomočjo aparata Milkoscan FT 6000, medtem ko smo vsebnost sečnine določili z aparaturo Hicrolab EFA. Rezultate analiz vzorcev, zbranih tekom redne AP kontrole, smo prejeli od Kmetijskega inštituta Slovenije in iste vzorce analizirali na vsebnost sečnine v Laboratoriju za mlekarstvo, Oddelka za zootehniko, Biotehniške fakultete.

Podatke o temperaturi zraka in relativni zračni vlažnosti smo pridobili od Agencije za okolje Republike Slovenije in sicer iz avtomatske meteorološke postaje na Iskrbi. Ta meteorološka postaja je najbližja Gotenici, saj je od nje oddaljena 8 km. Odločili smo se za spremljanje temperatur zraka in relativne zračne vlažnosti trikrat dnevno in sicer ob 7., 14. in 21. uri.

### 3.2 IZRAČUNI IN STATISTIČNA ANALIZA

Iz zbranih metreoloških podatkov smo nato izračunali Temperaturno-vlažnostni indeks THI (Thermal-Humidity Index) Po National Oceanic and atmospheric Administration (1976):

$$THI = \left[ \frac{9}{5} \times T(^{\circ}C) + 32 \right] - (0,55 \times RH) \times \left( \frac{9}{5} \times T(^{\circ}C) \times 32 - 58,8 \right),$$

kjer je THI temperaturno-vlažnostni indeks,  $T(^{\circ}C)$  temperatura zraka ( $^{\circ}C$ ) in RH relativna zračna vlažnost (%).

Zbrane podatke o količini namolženega mleka in vsebnosti hranljivih snovi v mleku ter klimatološke podatke smo obdelali v programu SAS (SAS STAT, 1994). Pri statistični obdelavi zbranih podatkov smo se odločili za uporabo več različnih statističnih modelov. Model 1 predstavlja laktacijsko krivuljo po Alis-Sheferju in zajema fiziološki stadij laktacije, zaporedno laktacijo posamezne krave ter njun skupni vpliv na mlečnost.

$$Y_{ij} = \mu + L_i + b_1(x_{ij}/305) + b_2(x_{ij}/305)^2 + b_3 \log(x_{ij}/305) + b_4 \log^2(x_{ij}/305) + e_{ij},$$

kjer je  $Y_{ij}$  proučevana lastnost,  $\mu$  srednja vrednost populacije,  $L_i$  zaporedna laktacija,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  in  $b_4$  pripadajoči regresijski koeficienti za spremenljivke,  $x_{ij}$  dan v laktaciji ter  $e_{ij}$  ostanek.

Z Modelom 2 smo poleg vpliva fiziološkega stadija laktacije in zaporedne laktacije, ki ga zajema Model 1, zajeli tudi vse klimatske dejavnike in njihov vpliv na prirejo mleka.

$$Y_{ijk} = \mu + L_{ik} + b_1(x_{ijk}/305) + b_2(x_{ijk}/305)^2 + b_3 \log(x_{ijk}/305) + b_4 \log^2(x_{ijk}/305) + D_j + e_{ijk},$$

kjer je  $Y_{ijk}$  proučevana lastnost,  $\mu$  srednja vrednost populacije,  $L_{ik}$  zaporedna laktacija,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  in  $b_4$  pripadajoči regresijski koeficienti za spremenljivke,  $x_{ijk}$  dan v laktaciji,  $D_j$  sklop klimatskih dejavnikov in  $e_{ijk}$  ostanek.

Za izbiro Modela 1 in Modela 2 smo se odločili zato, ker smo želeli ugotoviti, kakšen vpliv na mlečnost imajo klimatski dejavniki. Zaradi množice klimatskih dejavnikov, ki jih zajema Model 2, ni jasno, kateri so tisti posamezni klimatski dejavniki, ki najbolj vplivajo na opazovane lastnosti. V ta namen so bili izdelani dodatni modeli (Modeli 3), ki poleg osnovnega Modela 1, zajemajo posamezne klimatske dejavnike in interakcije med njimi. Z vključevanjem posameznih klimatskih dejavnikov v Model 3, smo pojasnili različne deleže variabilnosti. V nadaljevanju so predstavljeni tisti Modeli 3, ki vključujejo klimatske dejavnike, s katerimi so pojasnjeni največji deleži variabilnosti.

### 3.2.1 Model 3a za mlečnost

$$Y_{ij} = \mu + L_i + b_1(x_{ij}/305) + b_2(x_{ij}/305)^2 + b_3 \log(x_{ij}/305) + b_4 \log^2(x_{ij}/305) + b_5 z_{ij} + b_6 w_{ij} + b_7 z_{ij} w_{ij} + e_{ij},$$

kjer je  $Y_{ij}$  proučevana lastnost,  $\mu$  srednja vrednost populacije,  $L_i$  zaporedna laktacija,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$ ,  $b_5$ ,  $b_6$  in  $b_7$  pripadajoči regresijski koeficienti za spremenljivke,  $x_{ij}$  dan v laktaciji,  $z_{ij}$  temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred mlečno kontrolo,  $w_{ij}$  temperatura zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo in  $e_{ij}$  ostanek.

### 3.2.2 Model 3b za vsebnost mlečne maščobe

$$Y_{ij} = \mu + L_i + b_1(x_{ij}/305) + b_2(x_{ij}/305)^2 + b_3 \log(x_{ij}/305) + b_4 \log^2(x_{ij}/305) + b_5 u_{ij} + b_6 w_{ij} + b_7 u_{ij} v_{ij} + e_{ij}$$

kjer je  $Y_{ij}$  proučevana lastnost,  $\mu$  srednja vrednost populacije,  $L_i$  zaporedna laktacija,  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  in  $b_7$  pripadajoči regresijski koeficienti za spremenljivke,  $x_{ij}$  dan v laktaciji,  $u_{ij}$  temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo,  $w_{ij}$  temperatura zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo,  $v_{ij}$  relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo in  $e_{ij}$  ostanek.

### 3.2.3 Model 3c za vsebnost mlečnih beljakovin

$$Y_{ij} = \mu + L_i + b_1(x_{ij}/305) + b_2(x_{ij}/305)^2 + b_3 \log(x_{ij}/305) + b_4 \log^2(x_{ij}/305) + b_5 s_{ij} + b_6 r_{ij} + b_7 p_{ij} + e_{ij},$$

kjer je  $Y_{ij}$  proučevana lastnost,  $\mu$  srednja vrednost populacije,  $L_i$  zaporedna laktacija,  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  in  $b_7$  pripadajoči regresijski koeficienti za spremenljivke,  $x_{ij}$  dan v laktaciji,  $s_{ij}$  THI ob 21. uri dva dni pred mlečno kontrolo,  $r_{ij}$  THI ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo,  $p_{ij}$  THI ob 21. uri dan pred mlečno kontrolo in  $e_{ij}$  ostanek

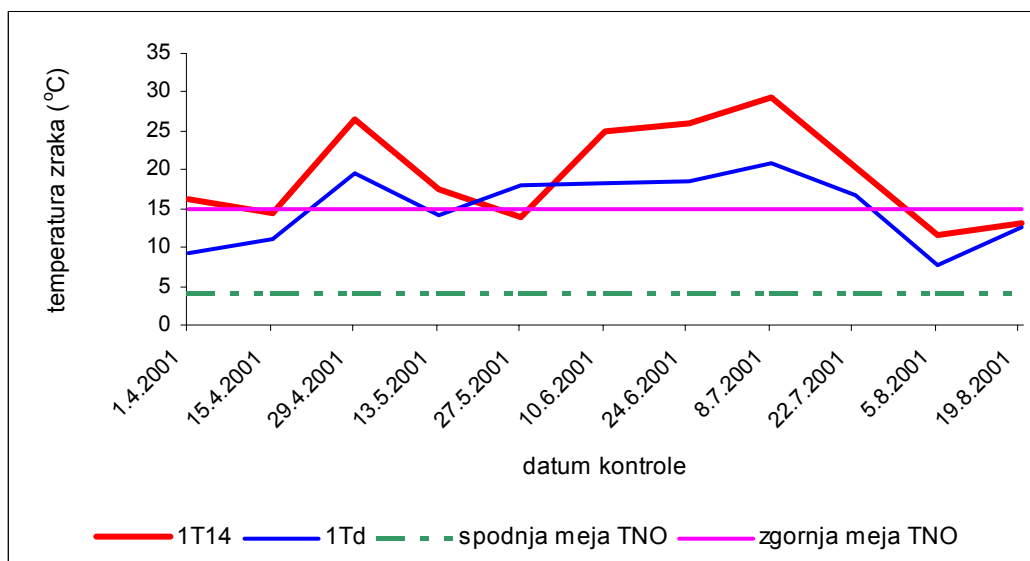
### 3.2.4 Model 3d za vsebnost sečnine

$$Y_{ij} = \mu + L_i + b_1(x_{ij}/305) + b_2(x_{ij}/305)^2 + b_3 \log(x_{ij}/305) + b_4 \log^2(x_{ij}/305) + b_5 u_{ij} + b_6 z_{ij} + b_7 w_{ij} + b_8 v_{ij} + e_{ij},$$

kjer je  $Y_{ij}$  proučevana lastnost,  $\mu$  srednja vrednost populacije,  $L_i$  zaporedna laktacija,  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  in  $b_7$  pripadajoči regresijski koeficienti za spremenljivke,  $x_{ij}$  dan v laktaciji,  $u_{ij}$  temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo,  $z_{ij}$  temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred mlečno kontrolo,  $w_{ij}$  temperatura zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo,  $v_{ij}$  relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo in  $e_{ij}$  ostanek.

## 4 REZULTATI

Na podlagi meteroloških podatkov, ki smo jih dobili od Agencije RS za okolje in podatkov iz mlečnih kontrol, smo izdelali posamezne prikaze vpliva okolja na mlečnost in sestavo mleka krav.

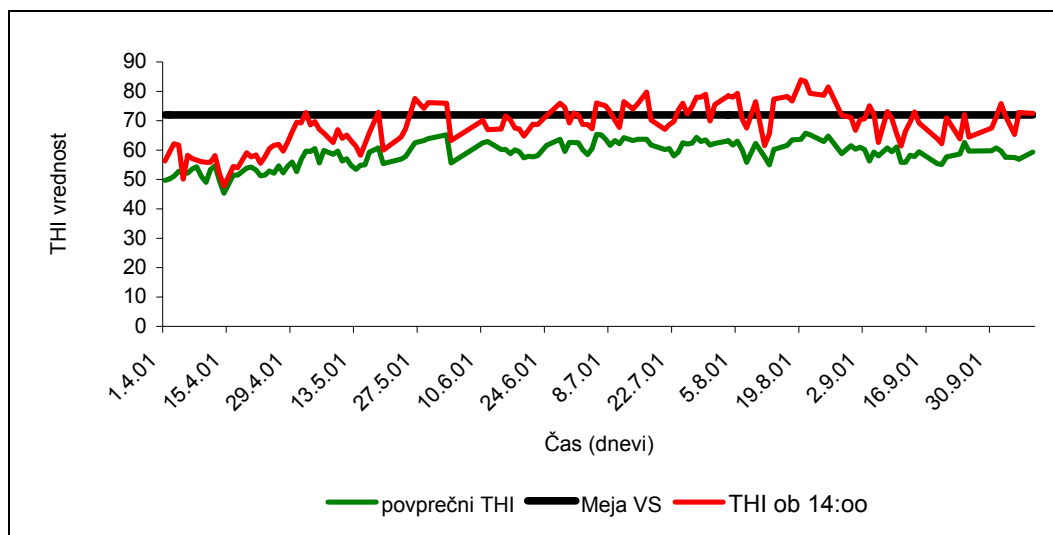


spodnja meja TNO = spodnja meja termonevtralnega območja krav molznic; zgornja meja TNO = zgornja meja termonevtralnega območja krav molznic; 1Td = povprečna dnevna temperatura zraka en dan pred mlečno kontrolo; 1T14 = temperatura zraka ob 14<sup>h</sup> en dan pred mlečno kontrolo

Slika 2: Povprečne dnevne temperature zraka dan pred mlečno kontrolo in temperature zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo ter meje termonevtralnega območja krav molznic

Slika 2 prikazuje povprečne dnevne temperature en dan pred mlečno kontrolo (1Td) in temperature ob 14. uri en dan pred kontrolo. Prikazani sta tudi spodnja in zgornja meja termo nevtralnega območja molznic (TNO), kot ju definirajo Babnik in sod. (2000). Ugotovili smo, da temperatura, izmerjena ob 14. uri en dan pred kontrolo, večino časa presega zgornjo mejo termonevtralnega območja za krave molznice. Tudi povprečna dnevna temperatura dan pred kontrolo (1Td) v poletnih mesecih presega zgornjo mejo termonevtralnega območja. Za bolj natančno spremljanje možnosti nastopa vročinskega stresa pri kravah smo poleg temperature zraka upoštevali tudi relativno zračno vlago ter njun skupni vpliv na mlečnost in sestavo mleka. Te parametre zajema temperaturno-

vlažnostni indeks (THI), ki smo ga izračunali za posamezna obdobja dneva. Tako smo dobili bolj natančen vpogled na možnost pojava vročinskega stresa pri kravah molznicah (slika 3).



povprečni THI = povprečna vrednost temperaturno vlažnostnega indeksa na dan kontrole; meja VS = vrednost temperaturno vlažnostnega indeksa, ki je v literaturi predstavljena kot mejna vrednost za nastop vročinskega stresa pri molznicah; THI ob 14 :00 = vrednost temperaturno vlažnostnega indeksa, ob 14<sup>h</sup> na dan kontrole

Slika 3: Vrednosti THI v času opazovanj

S statistično analizo zbranih podatkov smo poskušali ugotoviti, kateri so tisti posamezni dejavniki, ki najbolj vplivajo na mlečnost in vsebnost maščobe, beljakovin in sečnine v mleku. V preglednici 5 je prikazan delež pojasnjene variabilnosti in determinacijski koeficient ( $R^2$ ), ki smo ga dobili z uporabo posameznih modelov za vsako opazovano lastnost. Pri modelu 3 so prikazane vrednosti  $R^2$ , ki jih dobimo z uporabo izbranih modelov 3, za vsako opazovano lastnost posebej.

Iz preglednice 4 je razvidno, da z uporabo modela 1, ki opisuje fiziološki stadij laktacije in zaporedno laktacijo posamezne krave ter njun skupni vpliv na mlečnost, pojasnimo največji delež variabilnosti ( $R^2$ ) za mlečnost (0,467). Po deležu pojasnjene variabilnosti sledi vsebnost beljakovin v mleku (0,184), tej pa vsebnosti sečnine v mleku (0,091) in maščobe v mleku, (0,077). Z uporabo Modela 2 so poleg vpliva fiziološkega stadija laktacije in zaporedne laktacije zajeti tudi vsi izmerjeni klimatski dejavniki, ki vplivajo na prirejo mleka in vsebnost hranljivih snovi v njem.



Preglednica 4: Koeficient determinacije ( $R^2$ ) za dnevno količino mleka in vsebnost sestavin mleka v posameznih modelih

	Koeficient determinacije			
	Mlečnost	Maščoba	Beljakovine	Sečnina
Model 1	0,467	0,077	0,184	0,091
Model 2	0,545	0,175	0,239	0,466
Model 3*	0,512	0,174	0,210	0,216

\* za vsako lastnost je bil uporabljen drugačen Model 3

Z Modelom 2 smo pojasnili 54,5 % variabilnosti za mlečnost, 46,6 % za vsebnost sečnine, 23,9 % za vsebnost beljakovin v mleku in 17,5 % za vsebnost maščobe v mleku. Pri uporabi Modela 3, smo dobili naslednje koeficiente determinacije: za mlečnost 0,512, za vsebnost sečnine 0,26, za vsebnost beljakovin 0,210 in za vsebnost maščobe v mleku 0,174. Razliko med deleži pojasnjene variabilnosti, ki smo jo dosegli z Modeli 2 in 3 lahko uporabimo, kot kriterij za oceno ustreznosti izbranega Modela 3 za posamezno lastnost.

V preglednici 5 so prikazani posamezni klimatski dejavniki, ki smo jih uporabili pri statistični analizi podatkov v modelih 3. Podane so tudi ocene regresijskega koeficienta, standardne napake ocene in verjetnosti (P). Iz preglednice 5 lahko razberemo, da so statistično značilni regresijski koeficienti za prirejo mleka ( $P < 0.05$ ) povezani z regresijsko enačbo, v katero je vključena kot regresijski koeficient temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2T21), temperatura zraka ob 14. uri dan pred kontrolo (1T14) ter interakcija med obema navedenima parametroma (2T21 $\times$ 1T14).

V regresijsko enačbo, s katero napovedujemo vsebnost mlečne maščobe, smo vključili tri regresijske koeficiente, temperaturo zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo (2T14), temperaturo zraka ob 14. uri dan pred kontrolo in interakcijo med tema dvema koeficientoma. Statistčno značilen je bil le regresijski koeficient za temperaturo ob 14. uri dva dni pred kontrolo, medtem, ko regresijska koeficienta za ostala dva parametra, ki smo jih vključili v model 3b, nista bila statistično značilna.

Preglednica 5: Klimatski dejavniki, ki vplivajo na mlečnost in sestavo mleka (modeli 3)

	Parameter	Regresijski koeficient	Standardna napaka ocene	P vrednost
MLEČNOST (model 3a)	2T21	1,6431	0,3028	<.0001
	1T14	1,8257	0,2516	<.0002
	2T21×1T14	-0,1051	0,0161	<.0003
MAŠČOBA (model 3b)	2T14	-0,0602	0,0105	<.0001
	1T14	-0,0092	0,0064	0,1523
	2T14×2V14	0,0001	0,0001	0,1262
BELJAKOVINE (model 3c)	2THI21	-0,0067	0,0036	0,064
	1THI14	-0,0196	0,0043	<.0001
	1THI21	0,0281	0,0056	<.0001
SEČNINA (model 3d)	2T14	0,9051	0,1809	<.0001
	2T21	-0,9168	0,2195	<.0001
	1T14	0,3715	0,0636	<.0001
	2V14	0,1327	0,01302	<.0001

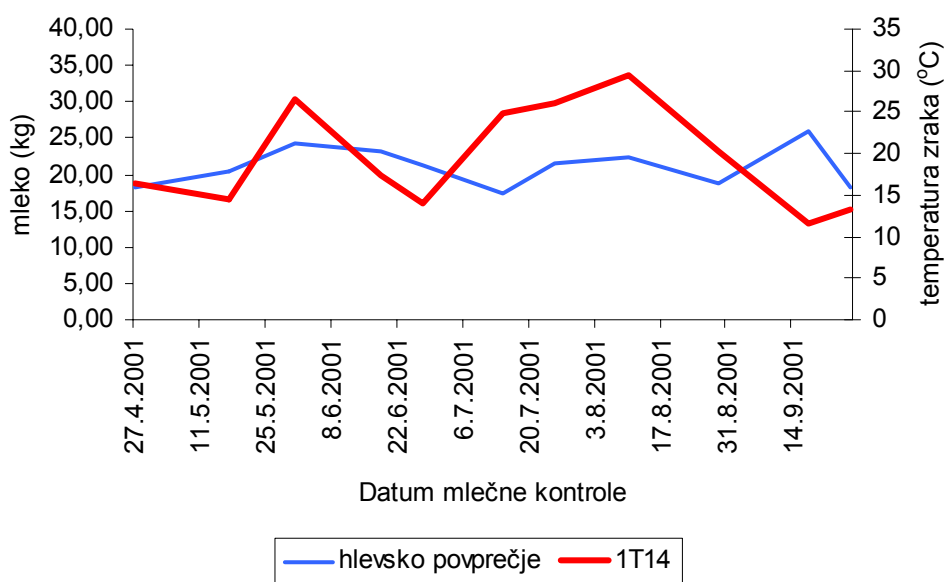
2T21 = temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred mlečno kontrolo; 1T14 = temperatura zraka ob 14. uri en dan pred mlečno kontrolo; 2T21×1T14 = interakcija med parametroma 2T21 in 1T14; 2T14 = temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo; 2V14 = relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo; 2T14×2V14 = interakcija med parametroma 2V14 in 1T14; 2THI21 = THI vrednost ob 21. uri dva dni pred mlečno kontrolo; 1THI14 = THI vrednost ob 14. uri en dan pred mlečno kontrolo; 1THI21 = THI vrednost ob 21. uri en dan pred mlečno kontrolo; 2T14 = temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo

Ugotovili smo, da sta v regresijski enačbi, s katero smo želeli napovedati vsebnost beljakovin v mleku, statistično značilna regresijska koeficienta za THI ob 14. uri dan pred kontrolo in THI ob 21. uri dan pred kontrolo. Poleg teh dveh koeficientov model 3c vsebuje tudi THI ob 21. uri dva dni pred kontrolo, a ta regresijski koeficient ni bil statistično značilen.

Na regresijsko enačbo za vsebnost sečnine v mleku so statistično značilno vplivali regresijski koeficienti za temperaturo zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo (2T14), temperaturo zraka ob

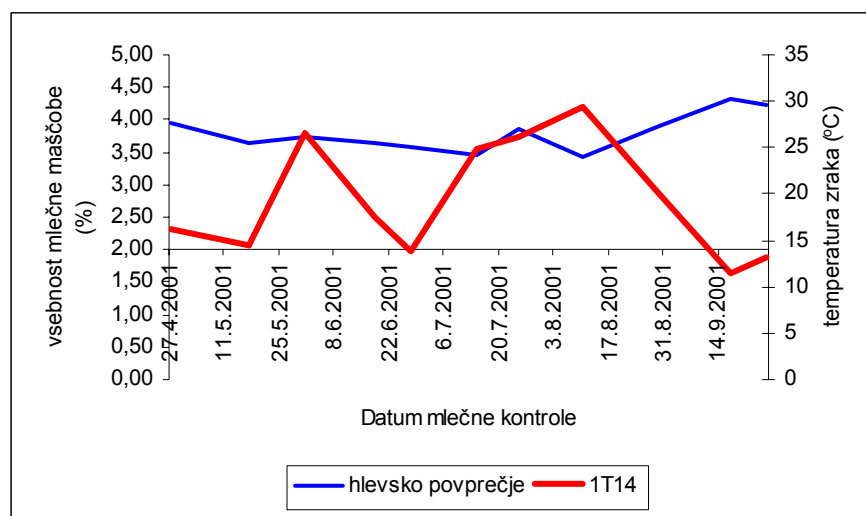
21. uri dva dni pred kontrolo (2T21), temperaturo zraka ob 14. uri dan pred kontrolo (1T14) in relativno zračno vlago ob 14. uri dva dni pred kontrolo.

Izdelali smo grafične prikaze vpliva tistih klimatskih dejavnikov, ki so prikazani v izbranih modelih 3 (slike 5, 6, 7 in 8).



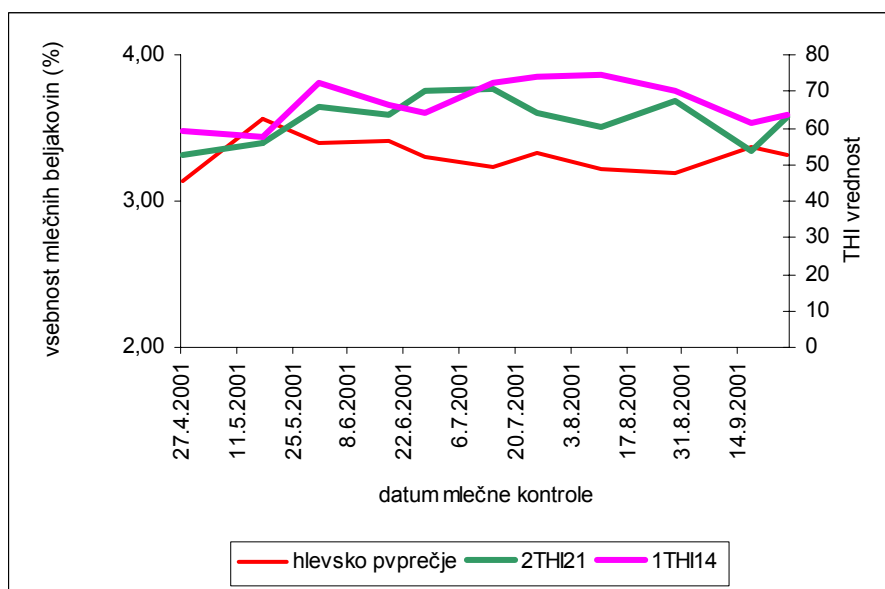
Slika 4: Prikaz gibanja temperature zraka ob 14. uri dan pred kontrolo (1T14) in dnevne mlečnosti

Slika 4 prikazuje povprečno mlečnost krav v čredi, pri temperaturi zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo (1T14). Na sliki 4 lahko vidimo, da v obdobju od sredine do konca maja 2001, mlečnost krav v čredi narašča, kljub porastu temperature zraka. V obdobju od konca junija do začetka julija 2001, pa je opaziti zmanjšanje prireje mleka medtem, ko je temperatura zraka v porastu. V nadaljnem obdobju je temperatura zraka še naraščala, hkrati pa se je zvišala tudi količina prirejeega mleka. Zmanjšanje količine mleka je opaziti še v sredini avgusta 2001, ko temperatura zraka še bolj naraste. V jesenskem obdobju pa je videti, da temperatura zraka upade, količina prirejenega mleka pa se poveča.



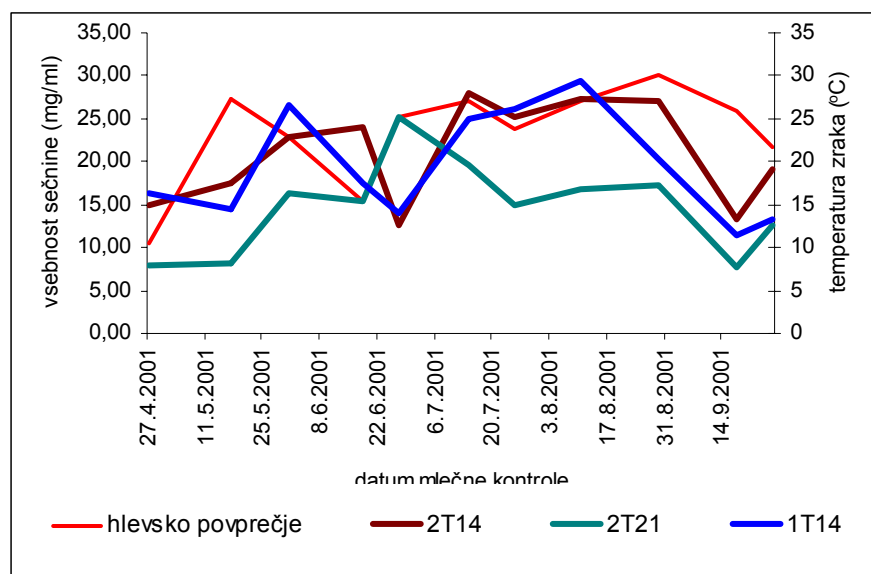
Slika 5: Prikaz gibanja temperature zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo (1T14) in vsebnosti mlečne maščobe

Gibanje vsebnosti mlečne maščobe glede in sprememb temperature zraka ob 14. uri dan pred kontrolo, je prikazano na sliki 5. Opazimo, da na vsebnost maščobe v mleku gibanje temperature zraka vidno ne vpliva. Skozi večji del opazovanj je vsebnost mlečne maščobe med 4 in 3,5%. V jesenskem obdobju pa se je količina maščobe v mleku povečala.



Slika 6: Prikaz gibanja temperaturno vlažnostnega indeksa ob 14. uri en dan pred kontrolo (1THI14) in temperaturno vlažnostnega indeksa ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2THI21) in vsebnosti mlečnih beljakovin

Na sliki 6 je prikazano gibanje vsebnosti mlečnih beljakovin, THI vrednosti ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2THI21) in ob 14. uri dan pred kontrolo (1THI14). Iz slike je razvidno, da izbrana klimatska dejavnika v začetku opazovanj na vsebnost mlečnih beljakovin nista vidno vplivala. V kasnejšem obdobju pa se vrednosti obeh klimatskih dejavnikov povečata, vsebnost beljakovin v mleku pa se nekoliko zmanjšuje.



Slika 7: Prikaz gibanja temperature zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo (2T14), temperature zraka ob 14. uri dan pred kontrolo (1 T14) in temperature zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2T21) in vsebnosti sečnine v mleku.

Na sliki 7 je prikazano gibanje vsebnosti sečnine v mleku in izbranih klimatskih dejavnikov. Med vsebnostjo sečnine v mleku in temperaturo zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo (2T14), temperaturo zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo (2T21) in temperaturo zraka ob 14. uri dan pred kontrolo izbranimi klimatskimi dejavniki ni opaziti povezave.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

Stres definiramo kot odziv organizma na razmere v okolju, ki odstopajo od pogojev, v katerih organizem funkcionira optimalno. V primeru vročinskega stresa pride do stresnih razmer, ko klimatski dejavniki, pri tem gre zlasti za temperaturo zraka in relativno zračno vlažnost, presežejo zgornjo mejo termonevtralnega območja za živali. Povprečna dnevna temperatura zraka, v obdobju naših meritev, ni presegla zgornje meje termonevtralnega območja molznic za več kot 5 °C (slika 3). Če pa opazujemo potek temperatur zraka, ki so bile merjene ob 14. uri, lahko opazimo, da je bila zgornja meja termonevtralnega območja molznic v obdobju začetka julija do sredine avgusta 2001 presežena tudi za 15 °C. Sklepamo lahko, da so bile v obdobju, ko je bila presežena zgornja meja termonevtralnega območja molznic prisotne takšne okoljske razmere, ki lahko povzročijo pojav vročinskega stresa pri kravah. Da bi pojav vročinskega stresa bolje definirali, smo izračunali temperaturno vlažnostnega indeksa (THI). To je kazalnik, ki vključuje tako podatke o temperaturi okolja, relativni zračni vlagi in interakciji med njima. Pri molznicah vročinski stres nastopi, ko vrednost THI preseže vrednost 72 (Reitveld, 2002; West, 1999; slika 4). Ob spremljanju poteka THI ob 14. uri, pa smo ugotovili, da je bila njegova vrednost občasno presežena, še posebej v juliju in avgustu, točneje med 08. julijem in 17. avgustom 2001. V tem obdobju so tudi temperature zraka presegale zgornjo mejo termonevtralnega območja molznic. Iz navedenega lahko sklepamo, da v našem primeru ne moremo govoriti o klasičnem pojavu vročinskega stresa, saj je bil povprečni dnevni THI vseskozi pod kritično mejo. Kljub vsemu pa so bila posamezna krajša časovna obdobja (nekaj ur), ko so klimatski pogoji omogočali nastanek vročinskega stresa.

V tako specifičnih pogojih, ko se vročinski stres ne pojavlja v daljšem časovnem obdobju, lahko pričakujemo pojav vročinskega stresa v krajših, nekaj urnih časovnih obdobjih. Pri tem pa se pojavlja vprašanje, ali tako kratka obdobja, v katerih so vrednosti THI večje od 72, oziroma temperatura okolja presega zgornjo mejo termonevtralnega območja, sploh vplivajo na krave molznice in kakšen je njihov odziv. Za pojav vročinskega stresa pri molznicah so zato bolj pomembni posamezni atmosferski dejavniki.

Ravno zaradi tega smo statistično analizo za proučevane lastnosti izvedli tako, da smo posamezne klimatske vplive in interakcije med njimi obravnavali znotraj posamičnih statističnih modelov. V preglednici 6 smo prikazali tiste klimatske dejavnike, ki smo jih vključili v izbrane statistične modele 3 in jih tudi grafično prikazali. Posamezni klimatski dejavniki različno vplivajo na mlečnost in sestavo mleka. Največji delež variabilnosti v prireji mleka smo pojasnili s modelom 3a, pri katerem smo izračunali  $R^2 = 0,512$ . Izbrani model za mlečnost (model 3a) zajema podatke o temperaturi zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo, temperaturo zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo in interakcijo med obema temperaturama. Ti klimatski dejavniki so imeli statistično značilen vpliv na mlečnost. Vpliv enega od teh kazalnikov (temperatura zraka ob 14. uri dan pred mlečno kontrolo) na povprečno mlečnost ter mlečnost izbranih štirih živali je prikazan na sliki 5. V skladu z navedbami Bernabucci in Calamari (1998) ter Muhič (1997), bi pričakovali, da se v času vročinskega stresa prireja mleka zmanjša. V našem primeru pa smo ugotovili, da se povprečna mlečnost v omenjenem obdobju kljub povšanju temperature zraka v času naših opazovanj ni zmanjšala (sliki 3 in 5). Takšen odziv živali je lahko posledica prekratkih časovnih obdobj, v katerih bi bili izpolnjeni vsi pogoji za pojav vročinskega stresa. Kljub temu pa se zgodi, da nekatere živali z relativno veliko mlečnostjo vseeno reagirajo na kratkotrajne klimatske spremembe v okolju. To potrjujejo tudi raziskave, ki so jih opravili Fuquay (1981) ter Kadzare in sod. (2002).

Poleg vpliva klimatskih dejavnikov na mlečnost smo želeli ugotoviti, ali le ti vplivajo tudi na sestavine mleka, torej na vsebnost mlečne maščobe, mlečnih beljakovin in sečnine. Ugotovili smo, da na vsebnost mlečne maščobe (model 3b) statistično značilno vpliva le temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo ( $P < 0,001$ ). Iz slike 5 je razvidno, da je količina mlečne maščobe skoti celotno obdobje opazovanj bolj ali manj nespremenjena, medtem, ko je opaziti nihanja v temperaturi zraka.

Do zmanjšanja vsebnosti mlečne maščobe je prišlo le v obdobju od začetka sredine meseca avgusta, ko je vidno zmanjšanje vsebnosti mlečne maščobe s 4 na 3,4%. To pa se je zgodilo hkrati s povečanjem temperature zraka s 25°C na 30°C, kar znatno presega zgornjo mejo termonevtralnega območja molznic (slika 2). Zmanjšanje vsebnosti mlečne maščobe v času povišanih temperatur si lahko razlagamo kot vpliv visokih temperatur v okolju na konzumacijo z vlaknino bogate krme. Mlečno maščobo tvorijo trigliceridi, ki se v mlečnih alveolah sintetizirajo predvsem iz kratkoverižnih maščobnih kislin (predvsem iz očetne kisline), le-te pa nastajajo v vampu ob fermentaciji vlaknine (Žgajnar, 1991). Ob tem se sprošča tudi veliko presnovne toplote, ki jo živali morajo oddati v okolje. V času povišanih temperatur pa je proces izmenjave toplote med organizmom in okoljem otežen, zato živali skušajo zmanjšati produkcijo presnovne toplote s tem, da zmanjšajo zauživanje z vlaknino bogate krme (Rajčević in sod. 1997; Morrison, 1983). Na ta način lahko tudi relativno kratkotrajna obdobja povišanih temperatur povzročijo zmanjšanje mlečnosti in zmanjšanje vsebnosti maščobe v mleku.

Tudi na vsebnost beljakovin nekateri klimatski dejavniki statistično značilno vplivajo. V preglednici 6 in na sliki 7 vidimo, da na vsebnost beljakovin v mleku (modell 3c) statistično značilno ( $P < 0,05$ ) vplivata THI ob 14. in 21. uri en dan pred kontrolo. Količina beljakovin v mleku je bila skozi celotno obdobje relativno nespremenjena. Zato menimo, da ti klimatski dejavniki nimajo večjega vpliva na vsebnost mlečnih beljakovin. To lahko podkrepimo z navedbami Žgajnarja (1991), da je koncentracija beljakovin v mleku v tesni povezavi z delovanjem mikrobov v fermentacijskih procesih v predželodcih. Bernabucci in Calamari (1998) navajata, da bi na vsebnost beljakovin v mleku lahko vplivali z višjimi vrednostmi THI, kot smo jih določili v naši raziskavi. Po navedbah zgoraj navedenih avtorjev se vsebnost beljakovin v mleku zmanjša šele ko THI preseže vrednosti 82. Avtorja še posebej poudarjata pomen THI na vsebnost beljakovin v mleku, saj zgolj povišane temperature na njihovo vsebnost nimajo vpliva, kakor ga nima tudi samo povečana relativna zračna vlaga.

Vsebnosti sečnine v mleku je bila v tesni povezavi z vsebnostjo beljakovin v mleku. V preglednici 6 in sliki 8 so prikazani le tisti klimatski dejavniki (model 3d), ki statistično značilno vplivajo na vsebnost sečnine v mleku. To so temperatura ob 14. uri dva dni pred



mlečno kontrolo, temperatura ob 21. uri dva dni pred mlečno kontrolo, temperatura ob 14. uri na dan mlečne kontrole in relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred mlečno kontrolo. Kljub temu pa menimo, podobno kot Orešnik (1996), da do povečanja količine sečnine v mleku prihaja predvsem zaradi (prevelike) količine beljakovin v krmnem obroku, kar je bilo možno tudi v našem primeru, saj je vsebnost beljakovin v paši običajno zelo velika.

Zaključimo lahko, da v obdobju, ki smo ga izbrali za določanje vročinskega stresa, pogoji niso bili nikoli takšni, da bi lahko povzročili pojav vročinskega stresa pri molznicah. Pogoji, v katerih so različni avtorji ugotavljali vpliv vročinskega stresa na mlečnost in sestavo mleka, so bili bistveno ugodnejši za nastanek vročinskega stresa, kakor tisti, ki smo jih izmerili v našem poskusu. Kljub temu, da so temperature in relativna zračna vlaga v določenih obdobjih dneva presegle zgornje meje termonevtralnega območja oz. THI in so živali v tem obdobju imele težave z oddajanjem toplote, pa so se lahko v drugem delu dneva uspešno ohladile. Zato menimo, da v takšnih pogojih klimatski dejavniki niso mogli bistveno vplivati na mlečnost in sestavo mleka krav molznic.

## 5.2 SKLEPI

V nalogi smo skušali ugotoviti, kakšen vpliv imajo dejavniki okolja, predvsem temperatura in relativna zračna vlaga na mlečnost in sestavo mleka v času pašne sezone leta 2000 v čredi 120 krav črno-bele pasme na kmetiji Kocjančič v Gotenici. Ugotoviti smo, da:

- v obdobju spremljanja prireje klimatski dejavniki, vključno s THI, nikoli niso daljši čas presegali zgornje meje termonevtralnega območja oz. vrednosti THI niso bile večje od 72
- na mlečnost je statistično značilno vplivala temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo, temperatura zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo ter interakcija med obema temperaturama
- na vsebnost maščobe v mleku je imela statistično značilen vpliv temperatura zraka ob 14 dva dni pred kontrolo

- na vsebnost beljakovin v mleku sta imela statistično značilen vpliv THI ob 14. in 21. uri en dan pred kontrolo
- na koncentracijo sečnine v mleku so imajo statistično značilen vpliv temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo, temperatura zraka ob 21 uri dva dni pred kontrolo, temperatura zraka ob 14. uri na dan kontrole in relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred kontrolo

## 6 POVZETEK

Na prirejo pri domačih živalih vpliva več dejavnikov, ki jih lahko v grobem razdelimo na dejavnike okolja, ki so mu živali izpostavljene, načina reje in drugih specifičnih dejavnikov, ki so značilni za posamezno vrsto domačih živali in vpliv lastnosti vsake posamezne živali. Za uspešno prirejo moramo čim boljše poznati posamezne dejavnike in interakcij med njimi, saj lahko s spreminjanjem in prilagajanjem nekaterih dejavnikov ohranimo želeni nivo prireje ali pa znatno ublažimo njihov vpliv na prirejo. Nekateri dejavniki, kot npr. način reje in krmni obrok, lahko sami kontroliramo, medtem ko na klimatske dejavnike nimamo vpliva. Klimatski dejavniki neposredno vplivajo na žival v primeru, ko se žival nahaja izven za vrsto značilnega termonevtralnega območja. Klimatski dejavniki imajo v različnih sistemih reje krav molznic različen vpliv pri omejevanju prireje mleka. V hlevski reji lahko z uporabo naprav za vlaženje in mešanje zraka relativno uspešno uravnavamo klimo v hlevu. Nasprotno pa so takrat, kadar živali preko poletja pasemo, le te neposredno izpostavljene klimatskim dejavnikom, ki vplivajo na prirejo. Za vrednotenje vplivov okolja na krave molznice uporabljamo poleg samih temperatur zraka tudi temperaturno-vlažnostni indeks THI (thermal humidity index), ki v izračunu kombinira tako temperaturo zraka kot relativno zračno vlago. Ko vrednost THI preseže 72, nastopi pri molznicah vročinski stres, ki vpliva tako na mlečnost in sestavo mleka, kot tudi na reprodukcijska dogajanja.

Namen diplomske naloge je bil preučiti vplive klimatskih dejavnikov, predvsem temperature in THI, na količino in sestavo mleka krav na paši. V času pašne sezone so krave molznice pogosto izpostavljene klimatskim dejavnikom, ki velikokrat presegajo zgornje meje njihovega termonevtralnega območja. Na spremenjene pogoje v okolju se živali odzovejo na različne fiziološke in etološke načine, s katerimi poskušajo bodisi povečati toplotno izmenjavo med organizmom in okoljem bodisi zmanjšati lastno produkcijo presnovne toplote. Vsi ti odzivi se praviloma kažejo v manjši prireji mleka in njegovi spremenjeni sestavi. Večje in daljše kot je trajanje obdobja, ko so temperature nad termonevtralnemu območjem molznic, bolj opazne in drastične so spremembe v količini prirejenega mleka in njegovi sestavi. Vendar pa posamezne živali različno reagirajo na prekoračitev termonevtralnega območja, kar je pogojeno s stadijem laktacije, zaporedno laktacijo, kondicijo, pasmo, okvirjem in barvo dlake posamezne živali.

V nalogi smo ugotovili, da povprečni THI v obdobju, ko smo opravljali meritve nikoli ni presegal vrednosti 72, pač pa je THI ob 14. uri v obdobju od začetka aprila do konca septembra 2001 presegal navedeno mejno vrednost. V istem obdobju pa so temperature zraka v krajših časovnih obdobjih presegale vrednost 25 °C, kar predstavlja zgornjo temperaturo termonevtralnega območja pri molznicah. Kljub temu pa je bila v nočnem času temperatura praviloma nižja od 15 °C in živali so se lahko ohladile. Z uporabo različnih statističnih modelov smo ugotovili, da v našem primeru klimatski dejavniki statistično značilno vplivajo na vse preučevane lastnosti. Na mlečnost statistično značilno vplivajo temperatura zraka ob 21. uri dva dni pred kontrolo, temperatura zraka ob 14. uri en dan pred kontrolo ter interakcija med obema temperaturama. Na vsebnost maščobe v mleku je imela statistično značilen vpliv temperatura zraka ob 14 dva dni pred kontrolo, na beljakovine v mleku sta imela statistično značilen vpliv THI ob 14. in 21. uri en dan pred kontrolo. Na količino sečnine so imele statistično značilen vpliv temperatura zraka ob 14. uri dva dni pred kontrolo, temperatura zraka ob 21 uri dva dni pred kontrolo, temperatura zraka ob 14. uri na dan kontrole in relativna zračna vlaga ob 14. uri dva dni pred kontrolo. Kljub temu menimo, da je bil vpliv preučevanih klimatskih dejavnikov na mlečnost in sestavo mleka relativno majhen, saj so v obravnavanem obdobju vrednosti THI in temperature dnevno le kratkotrajno presegale mejne vrednosti, nad katerimi bi vročinski stres močnejše vplival na prirejo. Poleg tega pa so bile nočne temperature in vrednosti THI dovolj majhne, da so živali v tem delu dneva lahko učinkovito oddale vso čez dan akumulirano toploto.

## 7 VIRI

- Arechiga C.F., Staples C.R., Mc Dowell L.R., Hansen P.J. 1998. Effects of timed insemination and supplemental  $\beta$ -carotene on reproduction and milk yield of dairy cows under heat stress. *Journal of Dairy Science*, 81, 2: 390-402
- Babnik D., Podgoršek P., Ilc A. 2000 Vpliv okoliške temperature na mlečnost in sestavo mleka pri kravah. V: Posvetovanja o prehrani domačih živali. Zdravčevi-Erjavčevi dnevi, Radenci, 9-10 nov. 2000. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko. (Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo (Zootehnika), Supplement 9: 41-55)
- Bernabucci U., Calamari L. 1998. Effects of heat stress on bovine milk yield and composition. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 24: 247-257
- Caput P. 1996. *Govedarstvo*. Zagreb, Celeber: 338 str.
- Carabano M.J., Wade K. M., Van Vleck L.D. 1990. Genotype by environment interactions for milk fat production across regions of the United States. *Journal of Dairy Science*, 73, 1: 173-180
- Collier R.J., Doelger S.G., Head H.H., Thatcher W.W., Wilcox C.J. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weights and postpartum milk yield of Holstein cows. *Journal of Animal Science*, 54: 309-319
- Dolejš J., Touflar O., Knižek J., Kunc P., Loučka R. 1997. Effects of high temperature on dairy performance and behaviour of dairy cattle. *Stočarstvo*, 51: 283-289
- Fuquay J.W. 1981. Heat stress as it affects animal production. *Journal of Animal Science*, 52, 1: 164-174
- Jones M. G., Stallings C.C. 1999. Reducing heat stress for dairy cattle. Department of Dairy Science, Virginia Tech. Publication number 404-200.  
<http://www.ext.vt.edu/pubs/dairy/404-200/404-200.html> (11. nov. 2002)
- Grant R., Keown, J. 2002. Managing dairy cattle for cow comfort and maximum intake. University of Nebraska.  
<http://www.progressivedairyhay.com/pub/diary.../Managing%20dairy%20cattle%20for.ht> (5. feb. 2003)
- Griffiths J. F. 1994. *Handbook of Agricultural Meteorology*. New York, Oxford University press: 220-233
- Hansen P.J., Arechiga C. F. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*, 77, Suppl. 2: 33-50
- Jennifer P.T., McDowell L.R., Hansen J.P. 1998. Characteristics of the estrous cycle and antioxidant status of lactating Holstein cows exposed to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 81, 5: 1244-1250

- Jonsson N.N., McGowan M.R., McGuigan K., Davison T.M., Hussain A.M., Kafi, M., Matschoss A. 1997. Relationship among calving season, heat load, energy balance and postpartum ovulation of dairy cows in a subtropical environment. *Animal Reproduction Science*, 47: 315-326
- Johnson H.D., Vanjonack W.J. 1976. Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. *Journal of Dairy Science*, 59: 1603-1647
- Kadzare C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz F. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77: 59-91
- Kellems R.O. Optimizing dairy feeding programmes. 2002. Brigham Young University <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/X9500E02.htm> (14. nov. 2002)
- Kennedy B.S. 1999. Thermoregulation and the effects of heat stress on dairy cattle. Mississippi State University College of Veterinary Medicine. Production Medicine. Graduate program <http://www.gpvec.um.edu/heatdrought/HSDairyReview.htm> (11. nov. 2002)
- Keown F.J., Grant, J.R. 1996. How to reduce heat stress in dairy cattle. University of Nebraska <http://www.ianr.unl.edu/pubs/diary/g1036.htm> (11. nov. 2002)
- Klopčič M. 1998. Rezultati mesečnih meritev na kmetijah v AP kontroli za obdobje 1996-1998. V: Povzetki strokovnih prispevkov razširjenega kolegija Govedorejske službe, Domžale, 24. nov. 1998. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 17
- Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. 1998. Kuhkomfort als Voraussetzung für hohe Milchleistung Tränke. Dummerstorf Institut für Tierzucht <http://www.landwirtschaft-mv.de/inovtrae.mv> (16. jul. 2002)
- Lavrenčič A. 1999. Dodatek maščob v obroke za krave molznice. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 12: 587-588
- Morrison S.R. 1983. Ruminant heat stress: Effects on production and means of alleviation. *Journal of Animal Science*, 57, 6: 1594-1600
- Muhič F. 1997. Pregled odkupa mleka v Republiki Sloveniji po mlekarnah po mesecih v letu 1997. Ljubljana, Poslovno združenje prehrane Slovenije: 12-25
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1976 Regional Operations Manual Letter National C31-76. Washington, DC, Weather Service Central Region
- Nianogo A.J., Amos H.E., Froetschel M.A., Kerry C.M., 1991. Dietary fat, protein degradability and calving season: Effects on nutrient use and performance of early lactation cows. *Journal of Dairy Science*, 74: 2243-2255
- Nienaber J.A., Hahn G.L., Eigerberg R.A. 1999. Quantifying livestock responses for meat stress management: a review. *Journal of Biometeorology*, 42: 183-188
- NRC (National Research Council). 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. Washington, National Academy Press: 42-58
- Orešnik A. 1996. Vodenje prehrane krav molznic. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava Republike Slovenije za pospeševanje kmetijstva: 6-32

- Orešnik A., Logar L. 2001. Sezonski vplivi na mlečnost in sestavo mleka krav. *Sodobno kmetijstvo*, 34, 7-8: 317-321
- Pennington J.A., Van Devender K. 2000. Heat stress in dairy cattle. University of Arkansas [http://www.uaex.edu/Other\\_Ares/publicationa/HTML/FSA-3040.asp](http://www.uaex.edu/Other_Ares/publicationa/HTML/FSA-3040.asp). (21. jun. 2002)
- Rajčević M., Zadnik T., Levstek J., Vidic A. 1998. Vpliv poletne prehrane krav na nekatere parametre mleka in krvi. *Sodobno kmetijstvo*, 31, 2: 55-60
- Reitveld V.T. 2002. Heat stress in dairy cattle. Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs. [http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/livestock/dairy/facts/info\\_heatstress.htm](http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/livestock/dairy/facts/info_heatstress.htm) (27. okt. 2002)
- Ronchi B. 1998. Nutrition and feeding of dairy cattle during hot weather. Viterbo, Università degli Studi della Tuscia, Istituto di Zootechnica, 6: 2-25
- Ronchi B. 1999. Distinct and common effects of heat stress and restricted feeding on metabolic status of Holstein heifers. Viterbo. Università degli Studi della Tuscia, Istituto di Zootechnica, 25, 1: 2-14
- Sanchez W.K., McGuire, M.A., Beede, D.K. 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *Journal of Dairy Science*, 77, 7: 2051-2079
- Schneider P.L., Beede D.K., Wilcox C.J., Collier R.J. 1984. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 67, 11: 2546-2553
- Shannon W. 2001. Heat stress in cattle. 880 West College, Troy. [http://www.uaex.edu/Other\\_Ares/publications/HTML/FSA3040.asp](http://www.uaex.edu/Other_Ares/publications/HTML/FSA3040.asp) (3. nov. 2001)
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67: 1-18
- Stekar J. 1995. Sestava mleka. *Kmetovalec*, 63: 15-17
- Štuhec I. 1997. Etologija domačih živali, zapiski s predavanj. 2. izdaja. Domžale, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 1-102
- Thompson G.E. 1973. Review of the progress of dairy science climatic physiology of cattle. *Journal of Dairy Research*, 40: 441-473
- Tucker H.A. 1982. Seasonality in cattle. *Theriogenology*. 17: 53.
- West J.W. 1999. Nutrition Strategies for Managing the Heat-Stressed Dairy Cow. *Journal of Animal Science*, 77, 2: 21-35
- Wolfenson D., Roth Z., Meidan R. 2000. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Animal Reproduction Science*, 60-61: 535-547
- Žgajnar J. 1990. Prehrana in krmljenje govedi, Ljubljana, ČPZ Kmečki glas: 523-564

## **ZAHVALA**

Ob tej priložnosti se na prvem mestu zahvaljujem mentorju in staršem za pomoč in potrpežljivost ter dr. Špeli Malovrh za pomoč pri statistični obdelavi podatkov. Posebna zahvala gre tudi Maretu, Beisi, Hansu in Gargamelu za pomoč pri izvedbi diplomske naloge.