

Állatorvostudományi Egyetem
Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai
Tanszék

Hőstressz hatása tejtermelő tehenek tejtermelésére és
egészségére egy hazai nagyüzemű szarvasmarha
telepen

Készítette: Tóth Vivien

Témavezetők: Hejel Péter tudományos segédmunkatárs
dr. Jurkovich Viktor tudományos főmunkatárs
ÁTE, Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi
Etológiai Tanszék

Budapest, 2018

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS.....	3
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
2.1	Hőstressz fogalma	4
2.2	A hőstressz számszerűsítésének lehetőségei.....	7
2.2.1	Hőstressz mérésére alkalmas hagyományos műszerek	7
2.2.2	Precíziós állattenyésztés	7
2.2.3	A hőmérséklet-páratartalom index (THI)	8
2.2.4	Hőstressz megállapítására alkalmas egyéb termikus indexek	9
2.3	A hőstressz következményei	10
2.3.1	Egyes élettani paraméterek változása	10
2.3.2	Változások a tejtermelésben.....	11
2.3.3	Szaporodásbiológiai következmények	13
2.3.4	A hőstressz egészségre gyakorolt hatása	15
2.3	Az állatok hőstressz elleni védelmének lehetőségei.....	17
3.	CÉLKITŰZÉSEK.....	21
4.	ANYAG ÉS MÓDSZER	22
5.	EREDMÉNYEK, MEGBESZÉLÉS	25
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	32
7.	SUMMARY	34
8.	IRODALOMJEGYZÉK.....	35

1. BEVEZETÉS

Az emberi tevékenység következményeként az üvegházhatású gázok koncentrációja rohamosan megnőtt az ipari forradalom óta, ami együtt jár a föld hőmérsékletének folyamatosan emelkedésével. A globális klímaváltozás kapcsán az utóbbi évtizedekben már nem csak trópusi égövön, de a mérsékelt éghajlatú területeken is egyre inkább számolnunk kell - főként a nyári hónapok alatt - a hőstressz okozta problémákkal a szarvasmarhatartásban, ezen belül is az intenzíven tartott tejtermelő állományokban. A nagy genetikai képességű fajták, mint amilyen a holstein-fríz is, különösen érzékenyen reagálnak a nyári hőségre. Ebben az időszakban jelentősen csökken a tejtermelés és romlanak a szaporodási mutatók is. Ennek hátterében az áll, hogy az állati szervezet étvágycsökkenéssel igyekszik mérsékelni a metabolikus hőtermelés mértékét, aminek következtében kevesebb energia fordítható a termelésre. Nem csak a termelés, de az állatok természetes ellenállóképessége is romlik ilyenkor, aminek következtében megnő az állományon belüli megbetegedések száma. Ezek eredményeként jelentős termelés kiesés és számos egyéb veszteség sújtja a termelőket. Egy korszerű tejtermelő szarvasmarhatelepen hatékony hőstressz elleni védekezésre van szükség a veszteségek mérséklésére. Ennek kiépítéséhez elsőként érdemes feltérképezni a kiindulási állapotot, azonosítani azokat a pontokat, ahol a legköltséghatékonyabban lehet beavatkozni és ezek ismeretében intézkedési tervet készítve elkezdni a hőstressz csökkentést támogató változtatásokat. Mindennek a jelentős állatjólétet támogató hatása mellett gazdasági előnye is van, ami javíthatja a tejtermelő gazdaság eredményességét.

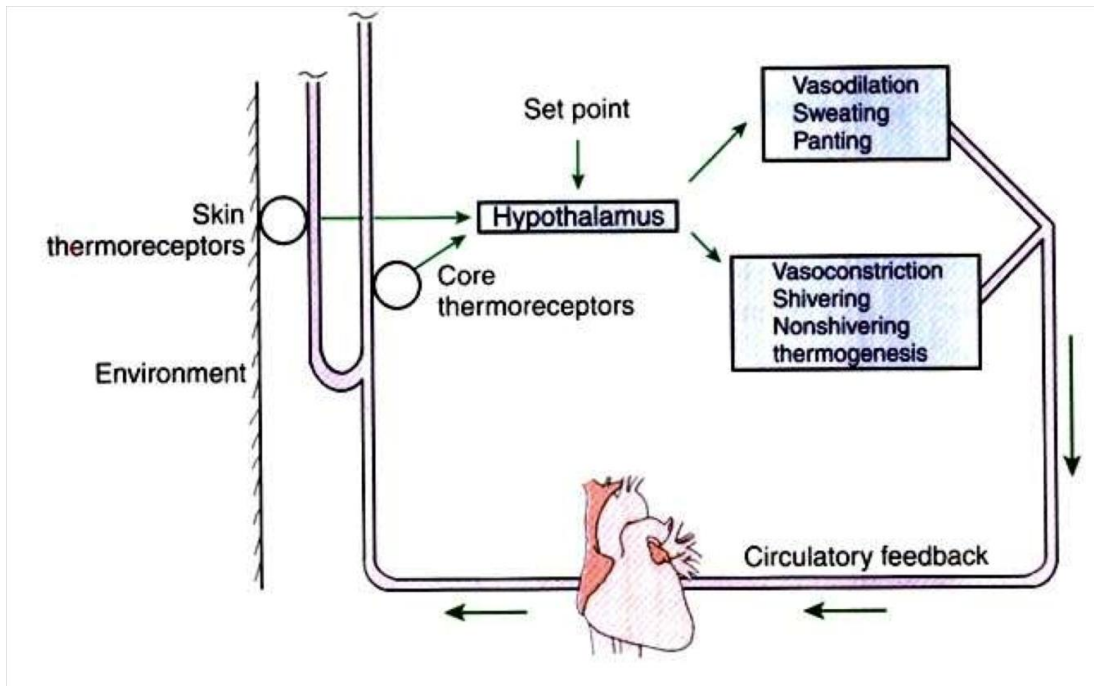
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Hőstressz fogalma

A szarvasmarha homeotherm faj vagyis testhőmérséklete egy szűk intervallumon belül mozog és viszonylag független a környezettől. Ez szükséges ahhoz, hogy a biokémiai reakciókon alapuló élettani folyamatok megfelelően működjenek. A homeothermia fenntartásának alapvető követelménye, hogy a hőtermelés és a hőleadás egyensúlyban legyen, melyet a különböző hőszabályozási mechanizmusok biztosítanak (Bárdos és mtsai., 2007).

A hőszabályozás központja a hypothalamusban helyezkedik el, melynek elülső (látóideg kereszteződése előtti) magcsoportja a „hűtőközpont”, hátulsó magcsoportja pedig „fűtőközpontként” funkcionál. A szabályozó mechanizmusok aktiválódásáért a test belső hőmérséklete felelős. A hypothalamuson áthaladó vér hőmérsékletét az adott magcsoport idegsejtjei érzékelik és annak függvényében alakul ki a válaszreakció. Kisebb mértékben a bőrfelületen található hőérzékelő receptorokból is származnak információk. Amennyiben a vér magasabb hőmérsékletű a normálisnál, a paraszimpatikus tónus fokozódik, ami a bőrerek tágulását, verejtékezést, lihegést, valamint fokozott nyáleválasztást von maga után. A vérhőmérséklet csökkenése esetén a szimpatikus tónus jut nagyobb szerephez, ami a bőrerek összehúzódását, szőr-, illetve tollborzolást, didergést okoz. Továbbá növekszik a pajzsmirigy és mellékvese eredetű hormonok kiáramlása a keringésbe, valamint a mobilizálódnak a glikogén és zsírraktárak, ami a sejtoxidáció, azaz a hőtermelés fokozásának lehetőségét teremti meg (Bárdos és mtsai., 2007). A fent leírtakat az 1. ábra foglalja vázlatosan össze.

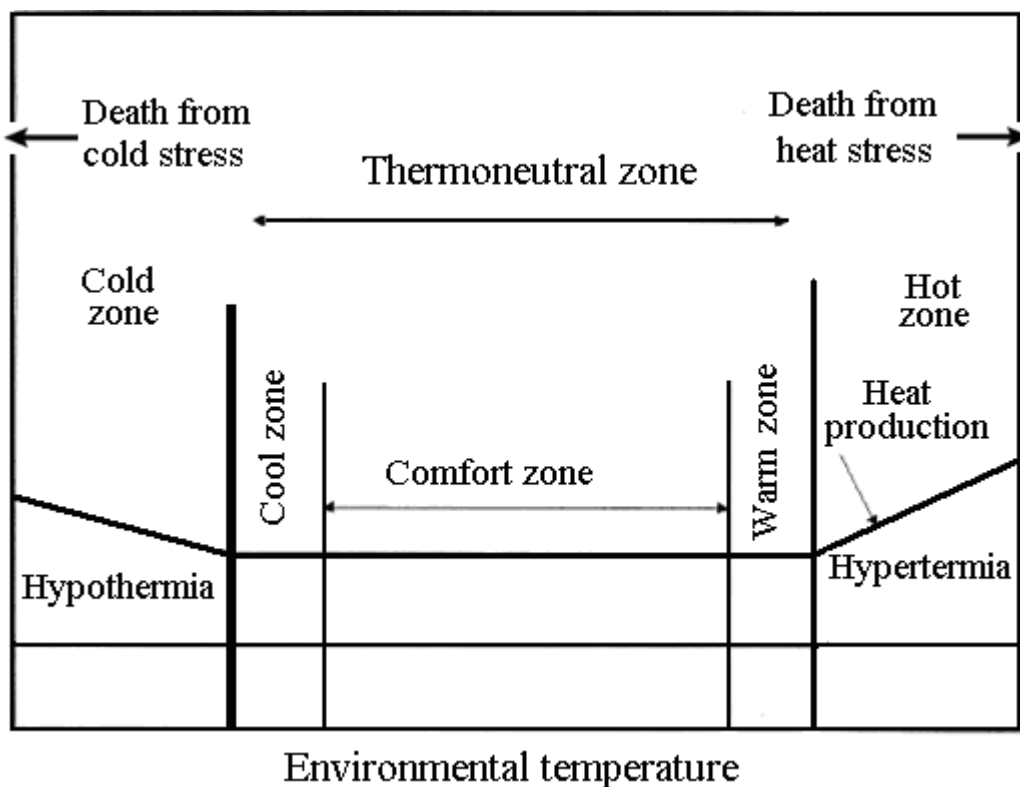
1. ábra: A homeotherm állatok hőszabályozási mechanizmusának alapjai
(Cunningham és Klein, 2007)



A hőszabályozást energetikai szempontból vizsgálva a homeotherm állatok számára a legkedvezőbb hőmérsékleti tartomány a termoneutrális zóna (TNZ), amelyben maximális termelést tapasztalunk a leghatékonyabb energiafelhasználás mellett. A TNZ tartományon belül elkülöníthetünk még egy hűvös termelési zónát (-15- 0 °C), egy optimális termelési zónát (0-20 °C) és egy meleg termelési zónát (20-26 °C) is. Utóbbiban már kismértékben csökken ugyan a takarmányfogyasztás és ezáltal a tejtermelés is, de ez a tehén számára még elfogadható hőmérsékleti intervallum (Bak és Pazsiczki, 2008). A TNZ-t az alsó kritikus hőmérséklet (LCT) és a felső kritikus hőmérséklet (UCT) értékek fogják közre, amelynek felső határa holstein-fríz esetében 26 °C, alsó határa pedig 5 °C de életkortól, fajtától, takarmány mennyiségétől és összetételétől, termelés nagyságától, istállótypustól stb. eltérések lehetnek (Kadzere és mtsai., 2002; Dash és mtsai., 2016). A két értékhatárt (LCT és UCT) túllépve, ugyan még egy szűk környezeti hőmérséklettartományban az állatok képesek fenntartani a belső testhőmérsékletüket, azonban ez már jelentős energiafelhasználással jár. Jellemzően ilyenkor az anyagcsere intenzitásának csökkentésével vagy fokozásával, illetve viselkedés-változásokkal reagál az állat. A környezeti hőmérséklet további emelkedése vagy csökkenése esetén a homeothermia megszűnik, ami akár végzetes is lehet az állat számára. A leírtaknak

megfelelően mutatja be a 3. ábra is a környezeti hőmérséklet egyes tartományait egy tejtermelő szarvasmarha szempontjából.

2. ábra: A környezeti hőmérséklet tartományokra való felosztása a homeotherm szarvasmarhák szempontjából (Atrian és Aghdam, 2012)



Ha az állat hőtermelése és hőleadása között felborul az egyensúly, hőstresszről beszélünk. Elsőként emelkedik a légzésszám, a rektális hőmérséklet és a szívverések száma. Ennek közvetlen hatása van a takarmányfelvételre, valamint csökken a növekedés üteme, a tejhozam és a szaporodási teljesítmény (Das és mtsai., 2016). A tejhasznú tehenek fokozottan érzékenyek a hőstresszre, köszönhetően intenzív anyagcserefolyamataiknak, illetve a vese és a gyomor-bél rendszer korlátozott vízvisszatartó képességének (Bernabucci és mtsai., 2010). Nagy változékonyság figyelhető meg az egyes fajták és egyedek szintjén is az állatok hőtűrő képességében, illetve a környezet változásaira adott válaszában. A környezeti tényezők közül a tartástechnológia jelentősen befolyásolhatja a hőstresszel szembeni érzékenységet (Kovács és Kovács, 2012).

2.2 A hőstressz számszerűsítésének lehetőségei

2.2.1 Hőstressz mérésére alkalmas hagyományos műszerek

A levegő hőmérsékletének mérésére alkalmazhatunk higany vagy borszesz töltetű hőmérőket, termisztoros vagy ellenállás hőmérőket. A pszichrométerek a levegő hőmérséklete mellett, alkalmasak a relatív páratartalom mérésére is. Ezek tulajdonképpen olyan mérőeszközök, amelyek kettő hőmérőből épülnek fel. Az egyik hőmérő a száraz hőmérsékletet méri, míg a másik hőmérő folyadéktartályát nedves szövetrel veszik körbe. Amennyiben a levegő nem telített, víz párolog el a hőmérőről, amely ezáltal hőt veszít, ezért csökken a mért hőmérséklet. A két hőmérsékleti érték ismeretében az elkészített pszichrometriai diagramról leolvasható a relatív páratartalom. A légsebesség mérése belső térben különböző típusú anemométerrel, istállókn kívül pedig kanalas, szárnykerekű vagy termisztoros szélesebbégmérővel történhet. A felületi hőmérséklet mérésére termisztoros tapintóhőmérők, illetve infravörös sugárzást érzékelő hőmérők lehetnek alkalmasak. A levegő nyomásának méréséhez higanyal töltött folyadékbarométer vagy fémrugós barométer szükséges de legelterjedtebben az aneroid barométert alkalmazzák. Az eddig bemutatott mérőműszerek mind pillanatmérésekre alkalmasak. A folyamatos mérések kivitelezéséhez mono- vagy polifunkcionális klímaregisztráló berendezés szükséges. A levegő hőmérsékletének mérésére és regisztrálására alkalmas eszköz a kompenzográf, a hatszíníróval ellátott fém ellenállás-hőmérő, mely mérőhely váltóval és nyomtatóval is ellátott. A levegő hőmérsékletének és páratartalmának egyidejű mérésére és regisztrálására alkalmazható termohigrográf, száraz-nedves hőmérséklet-regisztráló, valamint digitális kijelzésű hőmérséklet- és páratartalom-mérő eszközök (Raffai, 2003). Napjainkban már számos digitális, szenzor alapú megoldás is létezik a fenti klimatikus paraméterek folyamatos mérésére.

2.2.2 Precíziós állattenyésztés

A precíziós állattenyésztés (PLF) technológiája az informatikai fejlesztések, valamint több más tudományterület együttműködéséből született meg. Ennek a részét képezi istállóklíma szabályozását biztosító, számítógép vezérelt automatikus vezérlők alkalmazása is. Az állatok és azok környezetéből gyűjtött információk alapján egy nagyon jól szabályozott rendszer alakítható ki, melyet folyamatos kontroll alatt tartunk a nap 24 órájában. Az adatok elemzésével pedig előre jelezhetőek a problémák, valamint lehetőség van azonnali beavatkozásokra az állatok jólétének, ezáltal a termelés magas szinten tartásának a

biztosítása érdekében. Az istállóklíma mérésére különféle szenzorok szolgálnak, melyeket az állatokon vagy azok környezetében helyeznek el (Berckmans, 2017).

2.2.3 A hőmérséklet-páratartalom index (THI)

A forró éghajlatú területeken a magas környezeti hőmérséklet, a magas közvetlen- és közvetett napsugárzás, a szélmozgás és a páratartalom a legfontosabb, állatokra ható környezeti tényezők (Silanikove, 2000). A hőmérséklet-páratartalom indexet a tehen komfortérzetének és a hőstressz állapotának kifejezésére a 1990-es évek elejétől használják a gyakorlatban (Kovács és Kovács, 2012). Az egyik legfontosabb funkciója, hogy megmutatja a hőstressz okozta várható termelés kiesést, és ezáltal lehetőséget ad annak mérésére (Gantner és mtsai., 2011).

Több THI modell ismert és közülük számos ma is használatban van. A legegyszerűbb, száraz gömb hőmérsékletet (Tdb) és nedves gömb hőmérsékletet (Twb) használó THI eredetileg a humán diszkomfort kifejezésére szolgált. Néhány évvel később, bikaborjak rektális hőmérséklete, valamint a Tdb és Twb különböző kombinációjából megszületett egy adaptált verzió (THI-2). A THI-3 és THI-4 képletek üsző tehenek megfigyelésén alapulnak, míg a THI-5 a hőmérsékleti állapot, a tejtermelés és az állat komfortérzete közötti szoros összefüggést hivatott tükrözni (Ji és mtsai., 2017).

Jelenleg nincs egyetértés abban, hogy pontosan milyen THI érték felett beszélhetünk hőstresszes állapotról. Bouraoui és mtsai (2002) felmérése alapján 69-es napi átlag THI értéknél a tejhozam csökkenni kezd, a legnagyobb termelés kiesés pedig akkor várható, ha a THI 80 vagy afeletti értéket mutat. Más kutatók már >THI 72 esetén a tejhozam enyhe visszaesését állapították meg (Ravagnolo és mtsai., 2000) és >THI 76 esetén további drasztikus csökkenés prognosztizálható (Lemerle és Goddard, 1986). McDowell és mtsai (1976) szerint a THI jól kifejezi a hőstressz állatokra gyakorolt hatását. Az általuk használt képlet a nedves (W°C) és a száraz (D°C) gömb hőmérsékletének kombinációját tartalmazza: $THI = 0.72(W^{\circ}C + D^{\circ}C) + 40.6$. Eszerint számolva a 70 vagy annál alacsonyabb érték optimálisnak, 75-78 között stresszesnek, 78 felett pedig extrém veszélyesnek számít és ekkor az állatok már nem képesek fenntartani a hőszabályozási mechanizmusukat vagy a normális testhőmérsékletet.

Du Preez és mtsai (1990) az alábbiak szerint értelmezik az egyes THI értékeket: ≤ 70 : ideális; 70-72: figyelmeztetés, a THI megközelíti a tejtermelés szempontjából kritikus

értéket; 72-78: riasztás, a THI tejtermelés szempontjából túllépi a kritikus indexet; 78-82: veszély; ≥ 82 : vészhelyzet, ilyenkor beavatkozás nélkül bekövetkezhet az állat elhullása. ≥ 78 -as THI érték esetén javasolt az állat mielőbbi hatékony hűtését elkezdni. Előnyös lehet az alkalmazott takarmányozási technológia módosítása és lehetőleg a reggeli órákra időzítsük az állatok mozgását. Egy nagy tejtermelésű (több mint 35 kg/nap) teheneken végzett kutatás szerint, ha a THI átlaga >68 napi 17 órás kitettség mellett, akkor mindenképp szükség van a tehenek kiegészítő hűtésére (Zimbelman és mtsai., 2009). Mindezekhez fontos hozzátenni, hogy a szakirodalomban leírt THI képleteknél nem csak a számítás módja lehet különböző, hanem ugyanazon képlet használata esetén eltérhetnek a küszöbértékek is, melyek felett már hőstresszről beszélünk. Az eltérő számítási módok és küszöbértékek közül pedig nehéz kiválasztani azt, amelyik a legmegbízhatóbban alkalmazható az adott éghajlati körülmények között (Reiczigel és mtsai., 2009).

2.2.4 Hőstressz megállapítására alkalmas egyéb termikus indexek

A hőmérséklet-páratartalom index egy továbbfejlesztett változatában a száraz gömb hőmérséklet (T_{db}) helyett fekete gömb hőmérsékletet (T_{bg}) használnak, ami az ún. fekete gömb hőmérséklet index (BGHI) létrejöttét eredményezte. Kutatások igazolják, hogy az említett index vizsgálatánál, szorosabb összefüggést találunk a rektális hőmérséklet emelkedése, valamint a tejhozam csökkenése esetén, mint amit a THI-nél tapasztalni lehetett (Collier és Hall, 2012; Ji és mtsai., 2017). A tejtermelés, a hőmérséklet, a páratartalom, a légmozgás és a hőveszteség mértéke közötti kapcsolat elemzése alapján megalkották az ekvivalens hőmérsékleti indexet (ETI). Ismeretes még a légzésszám index, valamint hőterhelési index (HLI-1 és 2) melyek a szabadtartású húsmarhák esetében használatosak. A hőterhelési index szolgált alapjául az általános klíma index (CCI) létrejöttének, amely mind a meleg, mind a hideg hőmérsékletből származó stressz megállapítására alkalmas (Gaughan és mtsai., 2008; Ji és mtsai., 2017).

Jelentős az igény a matematikai modellek továbbfejlesztésére. Egyes kutatások szerint az index jobban modellezné az állat hőstresszre adott reakcióit ha a hőmérsékleten és páratartalomon túl olyan további tényezőket is figyelembe venne, mint például a hőszugárzás, ami jelentősen befolyásolja az állat és környezete között lezajló hőcsere hatékonyságát. Úgy vélik, hogy használatával a modell pontosabban kifejezné az állat és környezetének kapcsolatát. Feltehetően az hátráltatja az újabb paraméterek használatának terjedését, hogy míg a hőmérséklet és páratartalom adatok viszonylag könnyen

hozzáférhetőek a meteorológiai állomásokon keresztül, addig a további paraméterek mérése beruházást igényel (Silanikove, 2000).

2.3 A hőstressz következményei

2.3.1 Egyes élettani paraméterek változása

Hőstressz hatására már rövid távon kimutatható a rektális hőmérséklet (RT), a légzés- és szívfrekvencia emelkedése. Már 1°C rektális hőmérséklet emelkedés esetén is kimutatható a termelésesökkenés, ezért ez a paraméter önmagában is egy nagyon érzékeny hőstressz-indikátornak tekinthető (Silanikove, 2000). Természetesen figyelembe kell venni, hogy nem csupán a hőstressz hatására emelkedhet a testhőmérséklet.

A különböző szarvasmarha fajták hőséggel szembeni tűrőképessége jelentős változatosságot mutat. Holstein-fríz és jersey teheneket összehasonlítva az eredmények igazolják, hogy a magas tejhozamra szelektált holstein-fríz fajta jóval kevésbé képes alkalmazkodni a hőséghez. A kísérlet során a holstein-fríz egyedek esetében már 28 °C-os környezeti hőmérsékletnél szignifikáns rektális hőmérséklet-növekedést regisztráltak, míg a Jersey esetében ez nem volt kimutatható. Az átlagos percenkénti légzésszám $65,4 \pm 16,1$ volt a holstein-fríz és $58,5 \pm 18,0$ a jersey egyedek esetén, bár ez a különbség nem bizonyult szignifikánsnak. Mindkét genetikai csoport esetében a szívverésszámban 27 °C-os hőmérsékletnél volt tapasztalható egy jelentős emelkedés, majd 32 °C-on süllyedni kezdett. A szívverésszámot tehát jóval kisebb mértékben befolyásolja a hőstressz, mint az előbbi két értéket (Müller és Botha, 1993). A fentiek alapján is megállapítható, hogy a légzésszám és a rektális hőmérséklet sokkal érzékenyebb indikátora a hőstressznek, mint a szívverésszám (Lemerle és Goddard, 1986; Ganaie és mtsai., 2013).

Bourauoi és mtsai (2002) a THI 68-ról 78-ra emelkedésekor a szívverésszám 6 ütéssel, a légzésszám 5 beléggzéssel történő növekedését, valamint a rektális hőmérséklet napi 0,5 °C-kal való emelkedését tapasztalták. Továbbá megfigyelték, hogy 25 °C alatt csak enyhén, 25 °C felett viszont jelentősen megemelkedett a rektális hőmérséklet. Ez a hőmérsékleti érték a felső határa annak, ahol a holstein-fríz tehenek még képesek fenntartani a hőegyensúlyukat (Berman és mtsai., 1985). Érdeemes azonban figyelembe venni, hogy a légzés-, és a szívverésszám szezonális változékonyságot mutat. Tavasszal 64/perc és 31/perc, míg nyáron 70/perc és 36/perc értékeket mértek és ez a különbség szignifikáns volt (Bourauoi és mtsai., 2002).

A hőstressz légzésszámra és rektális hőmérsékletre gyakorolt hatása egy 24 órás időintervallumon belül kimutatható. Ezek az értékek szignifikáns összefüggésben állnak a tejtermelés és a takarmányfelvétel csökkenésével. Utóbbiakban viszont mintegy 48 óra után érzékelhető változás (Spiers és mtsai., 2004). Ennek ismeretében feltehető, hogy ezek a paraméterek jól használhatóak egy, a termelésváltozás előrejelzésére készített prediktív modellben.

2.3.2 Változások a tejtermelésben

A tej mennyiségének csökkenése és összetételének megváltozása jelentős gazdasági kárt okoz az ágazat számára. A hőstresszre védekezésül a napi szárazanyag felvétel csökkenésével reagálnak a tehenek, ezáltal jelentősen csökken a tejtermeléshez szükséges energia és tápanyagok rendelkezésre állása (Polsky és Keyserlingk, 2017). A hormonháztartás egyensúlya felborul, aminek eredményeképpen a tejelválasztásért felelős prolaktin szintje is változik a vérben. Kimutatták, hogy a prolaktin koncentrációjának a szárazonállás időszakában történő változása is negatív hatást gyakorolhat a tejtermelésre (Pragna és mtsai., 2017). A TNZ tartományon felül a levegő hőmérsékletének minden 1°C-kal való emelkedése a napi szárazanyagfelvétel 0,85 kilogrammal való csökkenését okozza. Ugyanazon hőmérsékleten, de eltérő páratartalom mellett még szembetűnőbb a különbség: 29 °C és 40 % relatív páratartalom mellett egy holstein-fríz az ideális termelési szint 97 %-át, míg 90 %-os páratartalom mellett már csak 69 %-át produkálta (West, 2003). Ez is jól szemlélteti, hogy a hőstressz szervezetre gyakorolt hatását a hőmérsékleten kívül nagyban befolyásolják egyéb klimatikus tényezők is, mint például a levegő nedvességtartalma. A termikus indexek javításakor érdemes ezeket a tényezőket figyelembe venni, javítva ezzel a modellek pontosságát.

Bouraoui és mtsai (2002) szerint, ha a THI magasabb, mint 69, akkor a napi tejtermelés 0,42 kilogrammal csökken tehenenként. Silanikove (2000) is hasonlóan, 70-es THI érték alatt beszél stresszmentes állapotról. A tejtermelés visszaesése általában kb. 24-48 óra múlva követi a hőstressz jelentkezését (Collier és mtsai., 1981, Spiers és mtsai., 2004). West és mtsai (2003) úgy találták, hogy a tejtermelés-változás előrejelzésére a 48 órával korábbi THI napi átlagértékek használhatók fel leginkább. A napi száraz anyag felvétel (DMI) változása a 2 nappal korábbi átlaghőmérséklettel áll szoros összefüggésben. A holstein-fríz tehenek tejhozama 0,88 kilogrammal csökkent THI egységenként, a DMI pedig 0,85 kilogrammal esett vissza az átlag levegőhőmérséklet minden 1 °C-kal való

emelkedése esetén. Az éghajlati tényezők termelésre gyakorolt késeltett hatásának magyarázata lehet a megváltozott takarmányfelvétel és takarmányhasznosítás, aminek hátterében a tehén megváltozott endocrin állapota állhat.

A laktáció eredményességét az ellés idején uralkodó időjárási tényezők nagymértékben meghatározzák. Több éven át tartó kutatás igazolja, hogy a téli hónapokban ellett tehenek átlagosan 21%-kal magasabb tejhozamot produkáltak, mint a nyáron ellettek. A legnagyobb különbség a két csoport (télen és nyáron ellettek) között a laktáció első 60 napjában volt tapasztalható. Az átlagos tejszír százalék is jelentősen magasabb volt a téli hónapokban ellettek esetében (McDowell és mtsai., 1976).

A tejhasznú tehenek sokkal érzékenyebbek a hőségre, mint húshasznú társaik, illetve a tejtermelés szempontjából magasabb genetikai képességű állatok jobban ki vannak téve a hőstressz veszélyének, mint a kevesebb tejet termelők (Spiers és mtsai., 2004; Bernabucci és mtsai., 2010). Az állatok egyes életszakaszait tekintve is jelentős eltéréseket tapasztalunk hőtermelés szempontjából. Egy kísérletben nem laktáló, valamint laktáló alacsony és magas tejhozamú teheneket hasonlítottak össze és azt tapasztalták, hogy az alacsony tejhozamú tehenek 27%-kal, a magas tejhozamú tehenek 48%-kal több hőt termeltek, mint nem laktáló társaik (Utrera és mtsai., 2013).

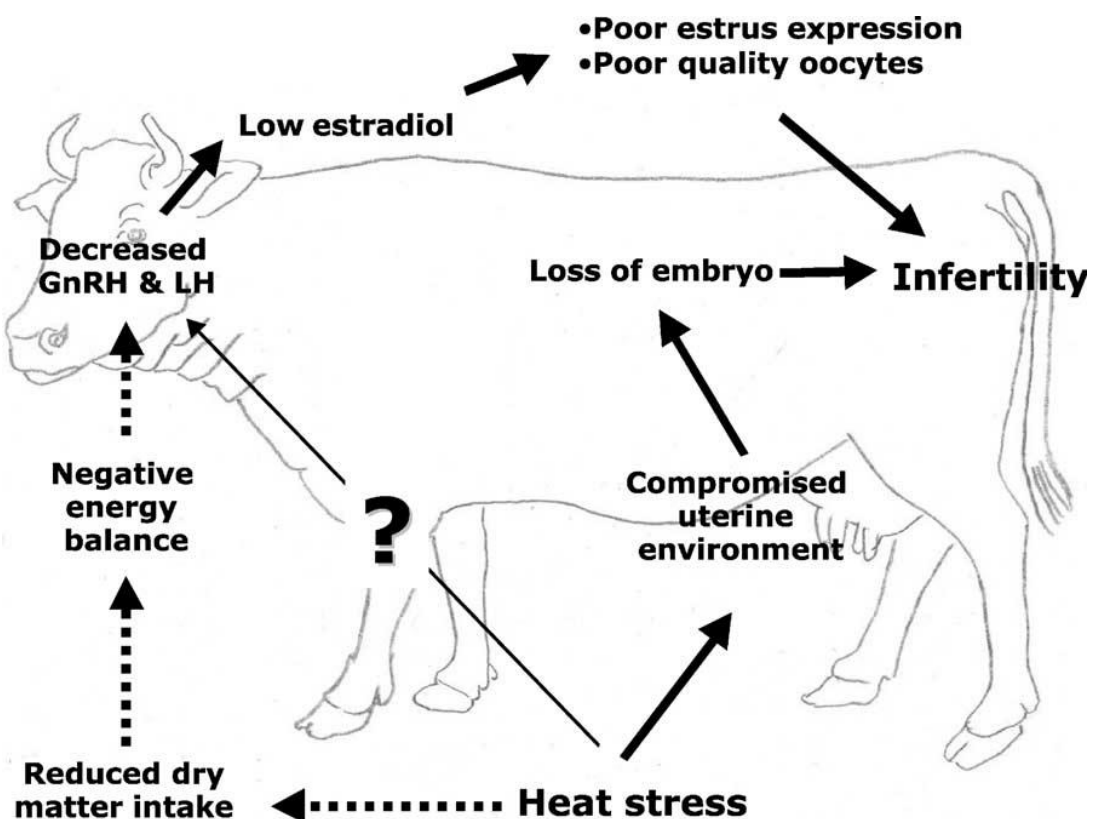
A tejtermelés mennyiségében történő visszaesés mellett, jelentősen romlott a tej beltartalma is a hőstressz hatására (Pragna és mtsai., 2017). Joksimović-Todorović és mtsai (2011) 40 holstein-fríz tehenen végeztek vizsgálatokat a laktáció első 60 napjában tavaszi és nyári időszakban. Az átlagos tejtermelés szignifikánsan magasabb volt a tavaszi ($42,74 \pm 4,981$), mint a nyári ($39,60 \pm 5,091$) periódusban. Hasonlóan alakultak a tejszír ($3,25 \pm 1,26$ % és $2,62 \pm 0,49$ %) és a tejfehérje ($3,15 \pm 0,21$ % és $2,75 \pm 0,23$ %) értékek is, azonban a laktóz százalékos eltérésében nem találtak szignifikáns különbséget. Bouraoui és mtsai (2002) is hasonló következtetéseket vontak le a mediterrán éghajlaton végzett kísérletük során. Ezt a visszaesett takarmányfogyasztással (17%) magyarázták, melynek következtében nem állt rendelkezésre elegendő rost a normál bendőműködéshez. Azonban nem találtak csökkenést a tejszír értékekben a hőstressz alatt álló teheneknél sem, melynek hátterében valószínűleg a különböző kísérleti körülmények állnak (Knapp és Grummer, 1991). Rodriguez és mtsai (1985) Floridában a napi maximum és minimum hőmérsékleti adatok ismeretében vizsgálták a hőstressz negatív hatásait és úgy találták, hogy 29 °C-os

napi maximum hőmérséklet felett rohamosan csökken a tejhozam, valamint a tejsír és a tejfehérje százalék.

2.3.3 Szaporodásbiológiai következmények

Az állomány szaporasági teljesítményét csökkentő fertilitási zavarok jelentős anyagi veszteséget okoznak a tejtermelő tehenészetek tulajdonosainak. Ennek hátterében leggyakrabban a petefészek működési zavara illetve, a korai embrióelhalás áll (Kovács és Kovács, 2012). Ezek okait és lehetséges következményeit mutatja be a 3. ábra. A vemhesülési arány alakulásának vizsgálatával információt kaphatunk hőstressz termékenységre, illetve az embriók túlélésére gyakorolt hatásáról. Mérsékelt éghajlaton a legjobb vemhesülési eredményeket szeptember és november hónapok között, a legalacsonyabbat március és május között tapasztalhatjuk (Dash és mtsai., 2016).

3. ábra A hőstressz hatásai és azok következményei egy tejtermelő tehen esetében (De Rensis és Scaramuzzi, 2003)



A hőstressz több módon is befolyásolja a termékenységet: közvetetten a szárazanyag felvételének csökkenésével, valamint közvetlenül a méhbeli környezet megváltozásával

A hőstressz csökkenti az ivarzás hosszát és intenzitását, valamint növeli az anösztusz és a csendes ivarzás gyakoriságát (Ahmed és mtsai., 2015; Das és mtsai., 2016). Az ivarzási ciklus hosszának vizsgálata azt mutatta, hogy a nyári időszakban szignifikánsan hosszabb volt a ciklus (23,4 nap) mint télen (21,5 nap). A csökkent ivarzási aktivitás, illetve a csendes ivarzás megnehezíti az ivarzásfelismerést és ezáltal csökken az állományban a vemhesülési arány, mivel gyakoribbá válnak a nem megfelelő időben végzett termékenyítések. A nyári hónapokban zavarokat szenved a luteinizáló hormon (LH) szekréciója (De Rensis és Scaramuzzi, 2003; Kadokawa és mtsai., 2012), ami feltehetően a csökkent intenzitású ivarzási viselkedés egyik lehetséges oka, mivel az LH szekréció zavara maga után vonja a 17β -ösztadiol koncentrációjának a csökkenését is. A csökkent ösztadiol koncentráció összefüggésben áll a domináns tüsző méretének csökkenésével, és ez által a szteroid hormonok termelődése lecsökken a theca és/vagy granulosa sejtekben. A gyakorlatban a hőstressznek kitett tehenek esetében gyakran megfigyelhető, hogy akár 3, vagy még több tüszőnövekedési hullám jelentkezik. A fentiekől eltérő eredmények is ismertek, amikor a hőstressznek kitett állatokban egyenlő vagy magasabb ösztadiol koncentrációkat mértek, mint a kontroll csoportban. Az egymásnak látszólag ellentmondó eredmények oka lehet, ha kísérleti körülmények jelentősen különbözőek voltak (Wilson és mtsai., 1998). A hormonok visszafogott termelődése mellett a petefészek gonadotrop hormonok iránt való érzékenysége is csökken hőstressz esetén (Ahmed és mtsai., 2015). Az FSH koncentrációja a vérben nő a nyári preovulációs időszakokban, ami a csökkent inhibin koncentrációval állhat összefüggésben. Ennek hátterében feltehetően a petesejtek csökkent fejlődési erélye áll (De Rensis, 2003).

A magas környezeti hőmérséklet megnöveli a petefészek ciszták előfordulásának gyakoriságát. Megfigyelték, hogy a vérplazma progeszteron koncentrációja jóval alacsonyabb a hőstressznek kitett állatokban, ami a theca sejtek alacsonyabb számával állhat összefüggésben (Ronchi és mtsai., 2001). Ez nagyban hozzájárul az abnormális petesejtéréshez, megtapadási hibákhoz és végül az embrió pusztulásához (Dash és mtsai., 2016). Trout és mtsai (1998) ezzel ellentétben magasabb progeszteron koncentrációt mértek a hőstressznek kitett tehenek esetén, míg más kutatók nem találtak különbséget (Roth és mtsai., 2000).

A korai embrióelhalás egyik oka lehet, hogy hőstressznek kitett tehenek méhének vérellátottsága romlik és emelkedik a hőmérséklete, ami kedvezőtlen az embrió fejlődése szempontjából (Mellado és mtsai., 2012). Kimutatták továbbá, hogy a forró nyári

időszakban a petesejt sérülékenyebbé válik és megtermékenyülésre való alkalmassága nagymértékben csökken (Kovács és Kovács, 2012). Ealy és mtsai. (1993) szuperovuláltatott holstein-fríz teheneken vizsgálták az embriók stressztűrő képességét. Úgy találták, hogy ha a vemhesség első napja hőstresszes időszakra esik, csökken az embrió életképessége illetve lassul a fejlődésének üteme. Azonban a 3, 5 és 7. napon nem tudták ugyanezt az összefüggést kimutatni. Érdekes további megfigyelés, hogy a vemhesség előrehaladtával az embrió magas hőmérséklettel szembeni ellenállóképessége nő. Megfigyelték, hogy, ha a vemhesség első 6 napja alatt a testhőmérséklet 39 °C fölé emelkedik, megnő az embrióelhalás esélye (Pragna és mtsai., 2017). Ezek az információk ráirányítják a figyelmet arra, hogy a hatékony hőstressz csökkentésnek kiemelt jelentősége van a termékenyítés, illetve a korai vemhesség időszakában (Roman-Ponce és mtsai., 1977).

Az ellés idején jellemző környezeti hőmérséklet a tejtermelés mennyisége és minősége mellett a szaporasági teljesítményre is jelentős hatással bír. McDowell és mtsai (1976) megállapították, hogy a téli hónapokban ellett tehenek esetében kevesebb volt az üres napok száma és hamarabb borjzartak újra, mint a nyári hónapokban ellettek.

2.3.4 A hőstressz egészségre gyakorolt hatása

Takarmány- és vízfelvétel változása

A hőstressz közvetlen és közvetett hatással van a tejtermelő tehenek normál élettani-, anyagforgalmi- és hormonális működésére, illetve immunrendszerére. Közvetlen hatás alatt a hőmérséklet-növekedéssel közvetlenül összefüggő betegségeket, illetve az elhullást értjük. Közvetett hatás például a csökkent takarmányfelvétel, a mikrobák felgyorsult szaporodása, a vektor közvetítette betegségek terjedése, a gazdaszervezet csökkent védekezőképessége (Bernabucci, 2010).

A magas környezeti hőmérséklet közvetlen negatív hatást gyakorol a hypothalamus étvágy központjára, így csökkentve a takarmányfelvételt. 25-26 °C -on már kimutatható a takarmányfelvétel csökkenése, ami 30 °C felett igen jelentős mértékűvé válik (Das és mtsai., 2016). A takarmányfelvétel negatív korrelációban áll a napi minimum, átlag és maximum THI értékkel és a napi átlag hőmérséklettel ugyanazon napon végzett méréseket figyelme véve (Bouraoui és mtsai., 2002; Kabuga és Sarpong, 1991). Hasonló környezeti hőmérséklet de magasabb páratartalom esetén szintén csökken a takarmányfelvétel (West,

2003). A kisebb energiabevitel, illetve a hőszabályozás megnövekedett energiaszükséglete, negatív energiamérleget eredményez (Bajagai, 2011). Ebből kifolyólag sokkal gyakoribb a klinikai és a szubklinikai ketózis előfordulása a nyári időszakban ellett tehenek esetében, valamint nagyobb az esélye a zsírmáj szindróma kialakulásának is (Bernabucci, 2010).

Beede és Collier (1986) megfigyelései alapján ha hőstressz alatt álló tehenek takarmányának összetétele lehetővé teszi a válogatást, az állatok csökkenteni fogják az abrak felvételét, így kevesebb hő termelődik a fermentáció, illetve a további emésztési- és anyagcsere folyamatok során. A takarmányértékesülés hatékonysága szintén jelentős különbséget mutat egy hőstressz alatt álló tehén (0,82) és egy komfort zónában termelő tehén (0,99) között. A hőstresszhez köthető gazdasági károk jórészt ennek az összefüggésnek tudhatók be.

A hőstresszes időszakban a megnövekszik az állatok ivóvíz igénye. A napi vízigény akár 1,2-2-szeresére is növekedhet ilyenkor. A könnyen hozzáférhető, jó minőségű ivóvíz biztosítása a legfontosabb feladat a forróság idején. (West, 2003). Az ivóvíz hőmérsékletének hatását szemlélteti az a vizsgálat, amelyben megállapították, hogy a hideg (10 °C-os) ivóvíz csökkentette a testhőmérsékletet és a légzésszámot (Wilks és mtsai., 1990). A víz hőmérséklete tehát fontos tényező és érdemes figyelembe venni, hogy magasabb hőmérsékletű ivóvízből nagyobb mennyiséget szükséges az állatnak felvennie ugyanazon hatás eléréshez (Atrian és Aghdam, 2012).

A tőgy egészségi állapotára gyakorolt hatás

A hőstressz a tőgy egészségi állapotát is negatívan befolyásolja. Ilyenkor általában megnő a gyulladással megbetegedések előfordulása. Ennek feltehetően több oka van. Ilyen ok lehet például, hogy a nyári hőségben a baktériumok gyorsabban szaporodnak és jobb a túlélésük is, így a fakultatív kórokozók jelentősen feldúsulhatnak az állatok környezetében, ami növeli a betegségek kialakulásának kockázatát. Különösen igaz ez annak tükrében, hogy az ilyenkor jelentkező immunszuppresszió következtében az állatok fogékonyabbak a betegségekre (Das és mtsai., 2016; Pragna és mtsai., 2017).

A tőgygyulladás egy multifaktoriális, adaptív betegség, amit általában nem egyetlen külső ágens okoz, hanem stresszorok és patogének együttes hatásaként alakul ki. Továbbá hőstresszes állapotban megnő a laktáló tőgy szekréciós epitheliumának glükóz igénye. A glükóz azonban más kulcsfontosságú funkciókhoz szükséges, mint amilyen a

hőszabályozás is, így végeredményben a csökkent takarmányfelvétel és a megnövekedett glükózigény a tejtermelési mutatók romlásához vezet (Giesecke, 1985).

A tüdőgyulladás egyik legfontosabb indikátora a szomatikus sejtszám (SCC) (Giesecke, 1985). Egyes kutatók szignifikáns emelkedést tapasztaltak a nyári értékekben ($4,1 \times 10^5$) a tavaszi értékekhez ($8,6 \times 10^5$) képest (Bouraoui és mtsai., 2002). Az árnyékolási technika alkalmazása és nem alkalmazása között viszont nem mutattak ki különbséget a szomatikus sejtszámot illetően (Collier és mtsai., 1981).

A méh egészségi állapotára gyakorolt hatás

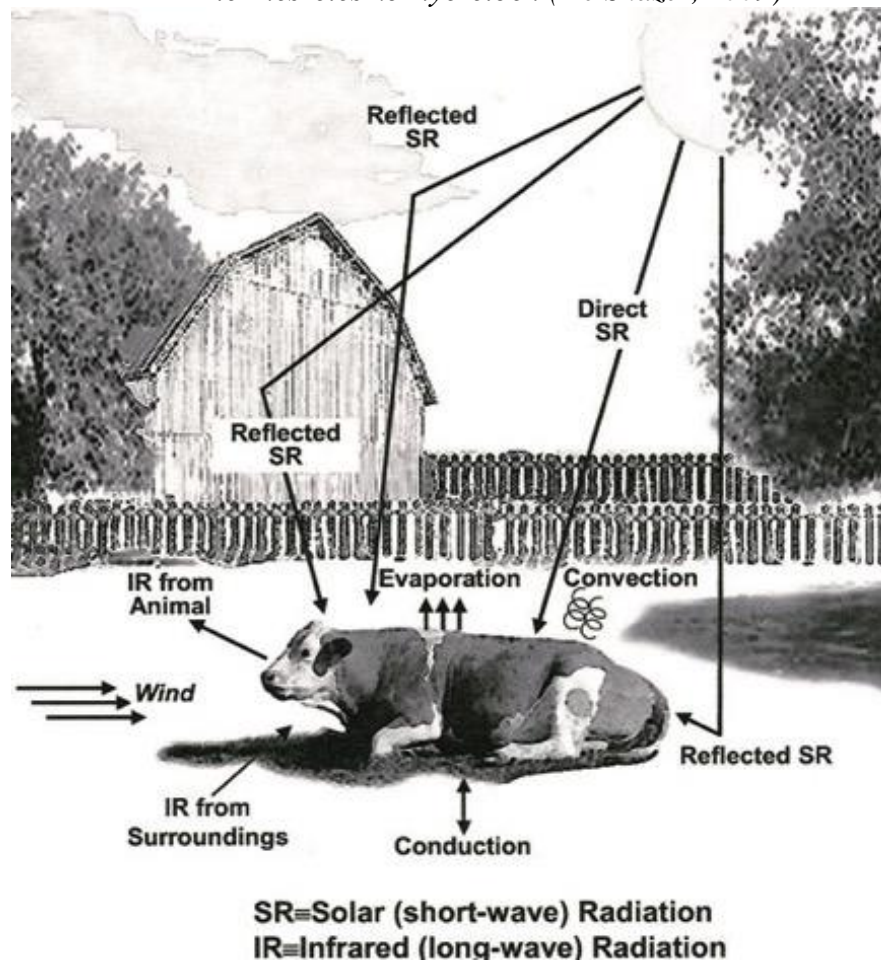
A hőstressz a méh megbetegedések vonatkozásában is közvetlen hajlamosító tényező, valamint közvetetten a negatív energia egyensúly kialakulása révén is hozzájárul a rendellenességek kialakulásához. Ellés után az egyik leggyakoribb kórképként tartjuk számon a magzatburok-visszatartást (MBV). Több mint 500 holstein-fríz bevonásával végzett kutatás ellési adatai alapján szignifikáns eltérést tapasztaltak a nyári és a téli időszakokban előforduló esetek számában (Ahmadi és Mirzaei, 2006), ami utal a hőstressz hajlamosító hatására.

2.3 Az állatok hőstressz elleni védelmének lehetőségei

A hőstressz elleni védekezési stratégiák esetében két nagy csoportról beszélhetünk: az állatok saját védekezési mechanizmusairól és az emberi beavatkozással nyújtott segítségről.

A tejlő tehének jelentős mennyiségű hőt termelnek a bendőfermentáció és az anyagcsere folyamatok során. A metabolikus hőtermelés mértéke a termelés fokozódásával növekszik, így az intenzív tejtermelésre nemesített fajták egyedei esetében mindenképp figyelembe kell venni a hőstressz állati szervezetet megterhelő hatásának vizsgálatakor. Az állandó normál testhőmérséklet fenntartása a hőtermelés és hőleadás egyensúlyán alapul a környezeti hőmérséklet függvényében. A homeoterm állati szervezet és a környezet között végbemenő termodinamikai reakciókat a 4. ábra szemlélteti.

4. ábra Az állat és környezete között végbemenő hőcserélő mechanizmusok természetes környezetben (De Shazer, 2009)



Az állatok hőleadását négy termodinamikai mechanizmus - áramlással, vezetéssel, sugárzással és párologtatással - jellemzi (Brouk, 2003). A hővezetés azon alapszik, hogy a hő a melegebből a hidegebb felé áramlik, vagyis a tehenek fizikai kontaktusba kell kerülnie a környezetével. A hőáramlás megy végbe, amikor a tehen bőre feletti levegőréteg a hidegebb környezeti levegő felé adja le a fölös hőmennyiséget. A sugárzással való hőcsere különböző hőmérsékletű felületek között végbemenő energiátadásként jelent, mely elektromágneses hullámok segítségével megy végbe. Az állatok folyamatosan kapnak és bocsátanak ki hőszugárzásos energiát, azonban igazán jelentősége a közöttük lévő különbségnek, vagyis a nettó sugárzásos hőcserének van. Párologtatásos hőleadás során az állat verejtékezésével, illetve respirációs úton (lihegéssel) igyekszik környezet felé leadni hőt. Az állat testfelszínéről, illetve a légutak nyálkahártyájának felszínéről elpárolog a víz, ezáltal hőt von el attól a környezet felé továbbítva azt. Ez magyarázza, hogy a tejlő tehenek miért izzadnak és emelkedik meg a légzésszámuk hőstressz alatt (Berman, 1985; Silanikove, 2000; Raffai, 2003; Atrian és Aghdam, 2012). A hővesztés mintegy 15%-a távozik

közvetlenül a légzőtraktuson keresztül (McDowell és mtsai., 1976). A bőrön keresztül történő hőleadás történhet tehát sugárzás, vezetés, áramlás, illetve párolgás útján is (Silanikove, 2000). Néhány kutatásban felmerült, hogy a testfelületet borító szőr hosszúságának és színének különbözősége miatt eltérések adódhatnak az egyes fajták között a hőleadás hatékonyságában. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a sötétebb szőrű tehenek hőrezisztenciája alacsonyabb, mint amit a világos szőrű tehenek esetében tapasztaltak (Hansen, 1990; Müller és Botha, 1993; Cena és Monteith, 1975).

Az állatok viselkedésváltozással is reagálnak mind a hidegre, mind a hőségre. Háziállataink jellemzően nappal aktívak és éjszaka pihennek, azonban hőstresszes időszakban ez megváltozhat és a hűvösebb időszakokra kerülhet át a napi aktivitás egy jelentős része. A legeléssel töltött idő csökken, mivel az állatok igyekeznek csökkenteni helyváltoztatásra fordított energiát, és inkább az árnyékos helyeken, pihenéssel töltik a nap meleg időszakát. Megfigyelték, hogy súlyos hőstressz alatt az állatok benedvesítik a testfelületüket vízzel, nyállal vagy orrváladékkal, így csökkentve a sugárzásból származó hőtöbbletet és növelve a hővesztéséget az áramlás, vezetés és párolgatás útján (Silanikove, 2000).

A különböző klimatikus körülmények között más-más hőstressz elleni védekezési technikát kell alkalmazni. Például ott, ahol a magas levegő hőmérséklet magas páratartalommal párosul, a párolgásos hőleadás jelentősen gátolt, nem hatékony, így az ilyen helyeken nem a párolgatásos hőleadáson alapuló módszereket érdemes bevezetni (Bohmanova, 2007). Egy vizsgálat szerint, ha a levegő hőmérséklete 18-21 °C, vagyis a környezet hűvösebb, mint a tehén testfelülete, akkor a tehén saját testhőjének mintegy 60-70 %-át képes száraz hővel leadni. Azonban a levegő hőmérsékletének emelkedésével, egyre nagyobb szerepet kap a nedves hőleadás. Ha a hőmérséklet eléri a 33 °C-ot - amely közel azonos a tehén felületi hőmérsékletével - a nedves hőleadás aránya tovább nő és elérheti a 80-90 %-ot. Ez egyenes utat jelent a hőstressz kialakulásához, hiszen az istállóban a megnövekedett páratartalom gátolja a tehenek nedves hőleadását (Takács, 2003). Egy másik kísérletben a teheneket 4,5 °C-os víz segítségével hűtötték, amelyet erre a célra átalakított vízágyakba vezettek. A kontroll csoporthoz viszonyítva ezeknek az állatoknak az esetében a rectális hőmérséklet 1 °C-kal, a légzésszám 18 belégzés/perccel csökkent, a tejhozam 5%-kal nőtt és a (napi) szárazanyag felvétel is javult 14%-kal (Perano és mtsai., 2015).

Beede és Collier (1986) az Egyesült Államok déli részén végzett vizsgálataik alapján háromféle hőstressz csökkentésre irányuló menedzsment stratégiát elemeztek: 1) a környezet megváltoztatása (árnyékolás, hűtés) 2) a fajták hőtűrő képességének javítása nemesítéssel 3) takarmányozási gyakorlat tökéletesítése. Ezek kombinációja jó eredményt hozhat mind a nedves-, mind a száraz meleg klímájú országokban.

Megfelelő hőmérsékletcsökkentő intézkedéssel a termelési és a reprodukciós veszteségek csökkenthetők, az alkalmazott technológia hatékonyságát a hőstressz két hatékony bioindikátora, a légzésszám és a rektális hőmérséklet csökkenése szinte azonnal jelzi, de a veszteségek mérsékléséből eredő előnyök gazdaságosság elemző módszerekkel is kimutathatók (Roman-Ponce, 1977). Ugyanakkor ezeknek a beruházásoknak költséghatékonyak kell lenniük, valamint fontos, hogy gyors gazdasági megtérülést, majd ezt követően többlet eredményt biztosítsanak a tejtermelő vállalkozás számára (Brouk, 2003). A befektetett összeg azonban nem mindig térül meg, aminek okát fel kell tárni. Ehhez adott esetben a környezeti stresszorokhoz való alkalmazkodás élettani mechanizmusának magasabb szintű megértése szükséges (Allen és mtsai., 2014).

A meglévő rendszerek más-más termikus környezetet hoznak létre, általában különböző hatékonysággal működnek (Ryan és mtsai., 1992). Érdemes ezeket tudományos módszerekkel elemezni és az így kapott eredményekből előre mutató következtetéseket levonni és felhasználni azokat a jövőben.

Mindezen hatékonyan működő hőstressz-csökkentő megoldás, védekezési módszer jelentősen hozzájárul az állatok komfortjához, csökkenti a stresszt és ezen keresztül mérséklődik a termeléses csökkenésből, illetve a gyakoribb megbetegedésből, selejtezésből, elhullásból származó gazdasági veszteség. St-Pierre és mtsai (2003) adatai szerint évi 2,4 milliárd dollár kiesést okoz a hőstressz az Egyesült Államok tejtermelő ágazatában. Megfelelő eszközökkel ez az összeg 1,7 milliárd dollárra is lecsökkenthető akár.

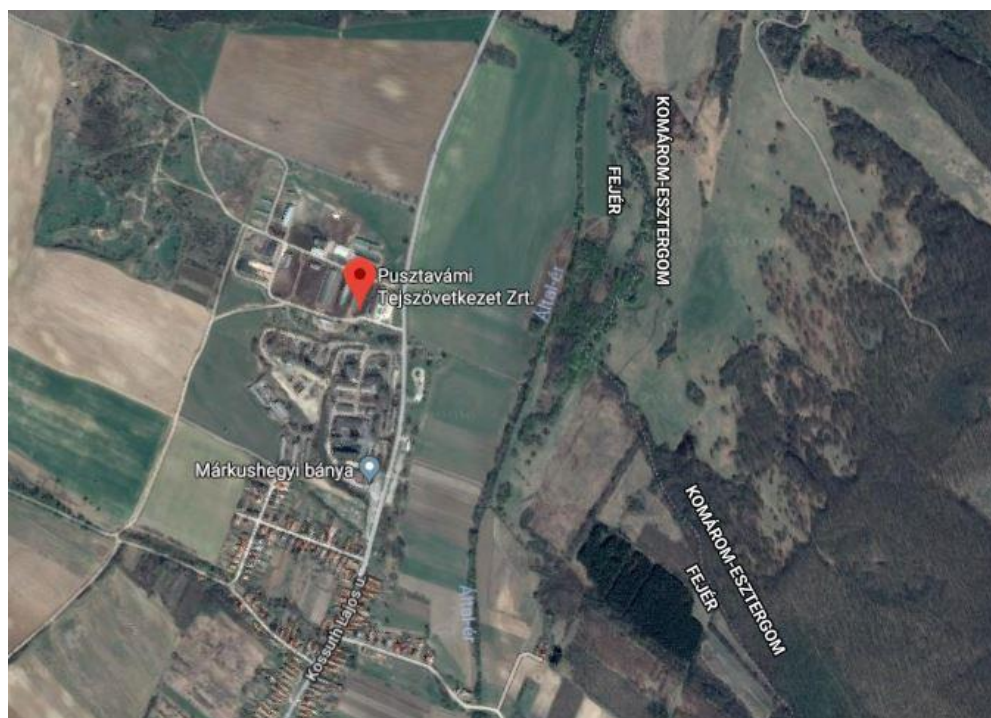
3. CÉLKITŰZÉSEK

Szakedolgozatomban az alapvető szaporodásbiológiai és tejtermelési paraméterek, valamint a leggyakrabban előforduló betegségek megjelenési aránya alapján vizsgáltam a hőstressz tejelő tehenekre gyakorolt hatását a napi száraz hőmérséklet és relatív páratartalom értékekből számolt THI értékek alapján. Az adatgyűjtés a laktáció első 90 napjára terjedt ki. Az összehasonlítás elvégeztem az ellés napjának valamint a termelési fázis napjainak időjárási körülményei alapján is. Kutatásom célja, hogy összehasonlítsam a hőstressz mentes-, illetve a hőstresszel terhelt időszakban ellő állatok laktáció eleji teljesítményét és egészségégi állapotát, illetve hogy a hőstresszes időszak jelentkezése milyen változásokat idéz elő a termelésben és a szaporasági teljesítményben. Várható eredményeimre alapozottan szeretném hangsúlyozni a hőstressz megelőző, illetve mérséklő intézkedések fontosságát és gazdasági jelentőségét a tejhasznú szarvasmarha ágazatban.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat a Pusztavám Tejszövetkezet Zrt. tejtermelő tehenészet telephelyén végeztük 2018. március 10. és 2018. október 31. között. Pusztavám Fejér megye északkeleti részén, az Által-ér völgyében fekszik, a telep pedig közvetlenül a község szélén helyezkedik el (5. ábra).

5. ábra: Pusztavám Tejszövetkezet Zrt. elhelyezkedése (www.google.com)



Az állomány körülbelül 450 tejtermelő tehénből és azok szaporulatából áll. Az állatok termelési csoportok szerint, kötetlen tartásban, mély almos istállókban vannak elhelyezve. Az istállók szellőzése meglehetősen rossz az alacsony belmagasság miatt, ezért a hőstressz mérséklésére ventilátorokat, illetve párasító berendezéseket használnak (6. ábra).

6. ábra: Üszők fogadóistállója és a ventillátorok



A mikroklimatikus adatok (hőmérséklet, relatív páratartalom és légnyomás) gyűjtését 3 istállóban végeztük, 5 db automatikus adatgyűjtő készülékkel, amelyek közül 2 db a fogadó-, 2 db a nagytejű- és 1 db az előkészítő és ellető istállóban került felszerelésre. Az eszközök óránként mérték, rögzítették, majd tárolták az adatokat. Az adatok számítógépre való átmásolása a műszereken lévő USB csatlakozó segítségével történt.

A hőmérséklet-páratartalom index kiszámításához az alábbi képletet használtuk fel: $THI1 = (0.15 \times T_{db} + 0.85 \times T_{wb}) \times 1.8 + 32$ (Reiczigel és mtsai., 2009). A készülék a száraz gömb hőmérséklet értéket (T_{db}) mérte, a nedves gömb hőmérséklet (T_{wb}) értéket számítással határoztuk meg a száraz gömb hőmérséklet (T_{db}) és a relatív páratartalom (RH) adatokból az alábbi képlet alapján:

$$T_{wb} = (-5,806 + 0,672 * T_{db} - 0,006 * T_{db} * T_{db} + (0,061 + 0,004 * T_{db} + 0,000099 * T_{db} * T_{db}) * RH + (-0,000033 - 0,000005 * T_{db} - 0,0000001 * T_{db} * T_{db}) * RH * RH)$$

Az ellés napján jellemző napi minimum, maximum és átlagos THI értéket az ellető és előkészítő csoport istállójában elhelyezett műszer által mért és regisztrált adatokból számoltuk. A vizsgálati periódusban a THI napi értékeinek alakulását a fogadó- és a nagytejű csoport istállójában kihelyezett műszerek összesített adatai alapján határoztuk meg. Az óránként mért hőmérsékleti adatokból meghatároztuk a napi átlagos THI értéket és THI 68 értéket vettük a hőstressz küszöbértékének Bohmanova és mtsai (2007), illetve Reiczigel és mtsai (2009) kutatásai alapján.

A tejtermelésre, a szaporasági teljesítményre, illetve a betegségek előfordulására vonatkozó adatokat a Riska (Systo Kft., Pomáz, Magyarország) telepírányító rendszerből és a SmartDairy HerdMetrix (Bou-Matic LLC., Wisconsin, USA) állománykezelő programból gyűjtöttük 2018. március 10. és 2018. október 31. között. A tehenek kiválasztása a vizsgálatok elvégzéséhez az utolsó ellés dátuma alapján történt. Ennek alapján a 2018. március 10. és 2018. július 31. között ellett tehenek adatait gyűjtöttük a laktáció első 90 napjának időtartamában.

A telepen napi kétszer fejnek reggel és délután fél 5-kor. A tejmenyiséget minden fejésnél egyedenkénti mérés alapján regisztrálja a fejőházi program. A tej beltartalmi adatait havonta egyszer, az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. által végzett befejések adataiból válogattuk le. A szaporodásbiológiai adatok közül az ellés és az első termékenyítés között eltelt napok számát, az ellés és a vemhesülés között eltelt napok számát, valamint a termékenyítési indexet vizsgáltuk. Az ellés után leggyakrabban előforduló betegségek (mastitis, metritis, magzatburok-visszamaradás, ellési bénulás és ketózis) előfordulását szintén egyedileg gyűjtöttük az állományt ellátó állatorvos által rögzített adatok alapján.

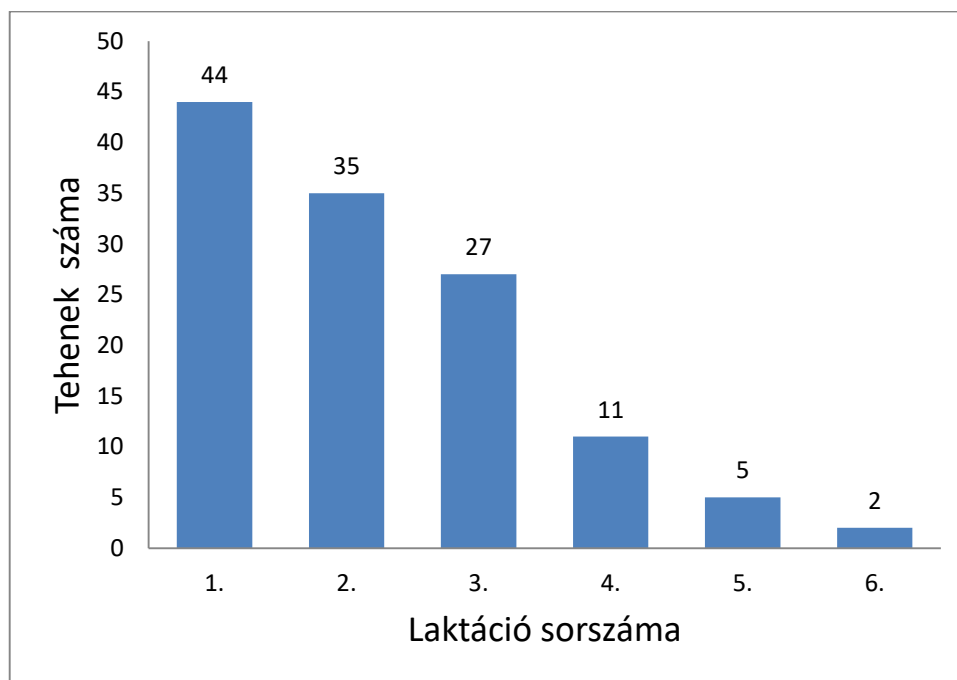
Két csoportot alakítottunk ki attól függően, hogy az ellés hőstressz mentes ($n=79$) vagy hőstresszel terhelt időszakban ($n=45$) történt-e. Csoportonként összehasonlítottuk a tehenek tejtermelési-, szaporodásbiológiai teljesítményét és egészségi állapotát. Ezen kívül a 90 napos termelési periódus alatt is nyomonkövettük a THI napi átlagértékeinek alakulását és ennek függvényében vizsgáltuk, hogy hőstressz hatására hogyan változik a tejtermelés. A tejtermelési és befejési adatokat R (ver.3.3.1.) statisztikai programban (R Core Team, 2018) illetve a Microsoft® Office Excel programmal (Microsoft Corporation, Redmond, USA) végeztük. A csoportokat kétmintás t-próbával hasonlítottuk össze. A betegségek binominális eloszlású változóit Fisher-féle egzakt próbával vizsgáltuk.

5. EREDMÉNYEK, MEGBESZÉLÉS

A tejelő tehenek laktáció teljesítményét, illetve az egyes megbetegedések előfordulási gyakoriságát számos külső és belső tényező befolyásolja. Jelen felmérésben a hőstressz, mint külső tényező hatását monitoroztuk.

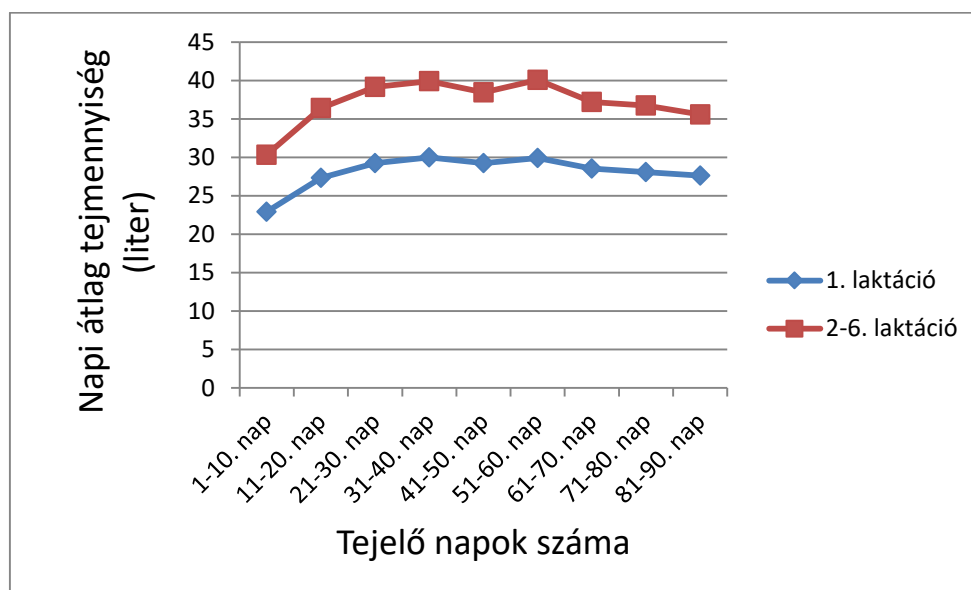
Vizsgálatainkban összesen 124 tehen tejtermelési, szaporodásbiológiai és betegség előfordulási adata szerepel. A tejtermelési adatok alapján összehasonlítottuk az első, illetve a második vagy annál magasabb laktáció számú tehenek teljesítményét a hőstresszes, illetve hőstressztől mentes időszakokban. A laktációk sorszámának megoszlását a 7. ábra szemlélteti.

7. ábra: A vizsgált tehenek száma a laktáció sorszámának függvényében

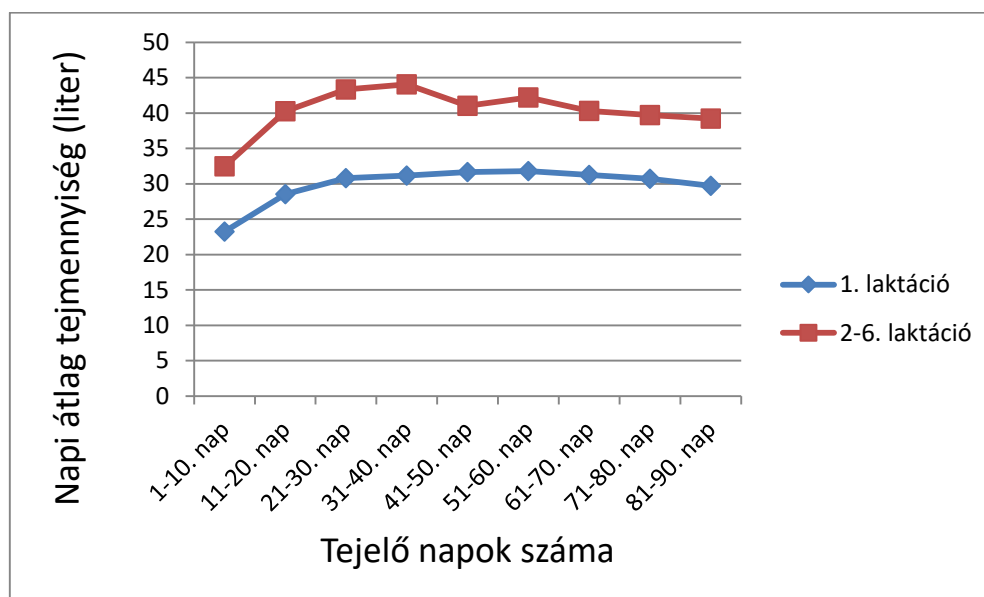


Megvizsgáltuk, hogy az ellés napján mért klimatikus adatokból kiszámított THI érték hogyan befolyásolja a laktáció első 90 napjának tejtermelését. Az egyes állatoknál 10 napi átlagokra bontottuk a tej mennyiségi adatait, illetve külön vizsgáltuk az első laktációs és a második vagy annál magasabb laktációs sorszámú teheneket (8-9. ábra).

8. ábra: Hőstresszes napon ellett tehenek tejtermelése a laktáció első 90 napjában



9. ábra: Hőstressztől mentes napon ellett tehenek tejtermelése a laktáció első 90 napjában



A laktáció alatt előforduló hőstressz tejtermelésre kifejtett negatív hatására vonatkozóan számos számos adat áll rendelkezésre. Kutatásunkban kifejezetten azt vizsgáltuk, hogy miként változik az állatok teljesítménye és egészségi állapota attól függően, hogy hőstressz mentes vagy hőstresszel terhelt időszakra esik a peripartális időszak. Az ellés napjának THI értéke alapján összehasonlítottuk a tehenek tejhozamát a laktáció első 90 napjában. A hőstresszes napon ellett tehenek napi átlag tejtermelése 10 naponkénti bontásban

37,09±3,36 liter, míg a hőstresszel nem terhelt napon ellett teheneké 39,30±3,06 liter tej volt. Az ellés napjának THI értéke alapján szignifikáns ($p=0,0007$) különbség mutatkozott a két csoport napi átlag tejtermelésében. Az adatokat laktációs szám szerint is megvizsgáltuk. A hőstresszes időszakban ellett első laktációs tehenek napi tejtermelési átlaga 10 naponkénti bontásban 28,1±2,16 liter, míg a többször elletteké 37,1±2,99 liter volt. A hőstresszel nem terhelt időszakban ellett első laktációs tehenek átlag napi tejtermelése 29,9±2,69, a második és többször ellettek átlag napi tejtermelése 40,3±3,36 liter tej volt. Az ellés körüli időszak hőstresszel való terheltsége függvényében összehasonlítva az első és a több laktációs teheneket, a napi tejtermelési átlagok közötti különbségek szignifikánsnak ($p=0,0060$ és $p=0,0005$) bizonyultak mindkét csoport esetén.

McDowell és mtsai (1976) megfigyelték, hogy a téli hónapokban ellett tehenek tejhozama elmaradt a más hónapokban ellett állatokétól. Kutatásunkban évszakok helyett az ellés napjának átlag THI értékeire alapozva vizsgáltuk meg a termelés alakulását. Az eredményeink összhangban állnak azzal a megállapítással, hogy a megemelkedett környezeti hőmérséklet miatt várhatóan alacsonyabb tejhozamokkal számolhatunk a laktáció során. Ríos-Utrera és mtsai (2013) is hasonló kapcsolatot vélt felfedezni az ellés napjának időjárása és a tejtermelés között. A napi tejtermelések, illetve a laktáció egészének tejtermelése is szignifikánsan magasabbnak bizonyul a hűvös évszakban ellett tehenek esetén.

A napi THI átlag alapján megvizsgáltuk, hogyan változik az első laktációs, valamint az ennél magasabb laktációs sorszámú tehenek tejtermelése a hőstresszes napokon. Számításaink alapján az első laktációs tehenek hőstressz alatt átlagban napi 29,6±4,5 liter, míg a magasabb laktációs sorszámú tehenek 40,2±6,97 liter tejet termelnek. A hőstressz mentes napokon átlagban 30,04±5,46 és 41,18±7,16 liter tejet termeltek az állatok. A tejmenyiségek napi átlagainak különbsége nem bizonyult szignifikánsnak ($p=0,4559$ és $p=0,0891$) egyik laktációs csoport esetében sem.

Továbbá végigkövettük, hogy egy hőstresszes időszak beálltát követő első két héten hogyan változik az állatok termelése. Az első laktációs tehenek esetében átlagosan napi 29,22±5,32 liter, második és magasabb laktációs sorszámú tehenek esetében 38,32±8,38 liter volt a tejtermelés. Az állatok napi tejtermelési átlaga a hőstresszes időszakot megelőzően az első laktációsok esetében 30,14±5,62 liter, a második vagy több laktációsok esetében 41,16±9,02 liter volt. Mindkét csoport szignifikánsan kevesebb ($p<0,0001$) tejet termelt a hőstresszes időszak beállta után.

Más kutatók is összehasonlították a tehenek tejtermelést napi átlag THI értékek alapján. A hőstresszes és hőstresszel nem terhelt napok tejtermelésének különbsége magasan szignifikáns volt Gantner és mtsai (2011) eredményeik alapján is. A hőstressz küszöbértékének vizsgálatukban 72-es THI értéket tartották megfelelőnek. Johnson és mtsai (1963) szintén szignifikáns tejhozam csökkenést fedezett fel, ha a THI meghaladta a küszöbértéket, ami esetükben 73 volt.

A hőstressz tej beltartalmi értékeire gyakorolt hatásával kapcsolatos tanulmányok meglehetősen ellentmondásosak de többségében a tejminőség romlásáról számolnak be (Bernabucci és Calamari, 1998; Bernabucci és mtsai., 2002; Bouraoui és mtsai, 2002; Pragna és mtsai., 2017). Vizsgálatainkban a laktáció első 3 befejésének adatait dolgoztuk fel. A tejsír és tejfehérje százalékos arányát, illetve a szomatikus sejtszám alakulását az 1. táblázat mutatja.

1. befejés			
	Átlag tejsír%	Átlag tejfehérje%	Átlag szomatikus sejtszám
<i>Hőstressz</i>	3,42±0,57	2,99±0,29	463±1231
<i>Hőstressz mentes</i>	3,53±0,71	3,13±0,31	651±1287
2. befejés			
	Átlag tejsír%	Átlag tejfehérje%	Átlag szomatikus sejtszám
<i>Hőstressz</i>	3,25±0,54	2,82±0,17	434±875
<i>Hőstressz mentes</i>	3,22±0,70	2,90±0,20	307±555
3. befejés			
	Átlag tejsír%	Átlag tejfehérje%	Átlag szomatikus sejtszám
<i>Hőstressz</i>	3,72±0,73	3,15±0,28	121±198
<i>Hőstressz mentes</i>	3,45±0,57	2,98±0,21	602±1390

1. táblázat: A tejminőséget jellemző legfontosabb tényezők átlagos értékei hőstresszes napon, illetve hőstressz mentes napon ellett állatok esetében

Összehasonlítva a hőstresszes és a nem hőstresszes időszakban ellett állatok befejéseinek adatsorait az első befejés esetében a tejfehérje-százalék értékek mutatnak szignifikáns ($p>0,05$) eltérést. Hasonló eredményre jutottak Bernabucci és mtsai (2002) is, akik

szignifikáns eltérést találtak a tejfehérje-százalékokban a tavaszi és nyári időszakok adatai összehasonlítva. A szomatikus sejtszámban nem találtak szignifikáns különbséget a két évszak adatait összehasonlítva. Bouraoui és mtsai (2002) pedig mindhárom változó esetében szignifikáns különbséget tapasztaltak a nyári és tavaszi értékeket összevetve.

A hőstressz a tehenek teljesítménye mellett nagymértékben befolyásolja az egyes betegségek, anyagforgalmi zavarok előfordulását is. Mindezekből kifolyólag a tejtermelés csökkenése mellett hosszútávon a szaporodásbiológiai mutatók romlásával is számolni kell (Mellado és mtsa., 2018). A tőgygyulladás kialakulásában jelentős rizikófaktort jelent a megemelkedett környezeti hőmérséklet mivel hőstressz hatására csökken a tőgy védelmi funkcióját ellátó sejtek száma (Pragna és mtsai., 2017). A negatív energiaegyensúly következtében kialakuló ketózis a tejhozam jelentős visszaesése mellett, jelentősen elnyújtja a vemhesülésig eltelt időt. A méhgyulladások és magzataburok-visszamaradások hőstresszes időszakban való előfordulásának növekedéséről is számos tanulmány beszámol. Ahmadi és Mirzaei (2006) szignifikáns különbséget tapasztalt a téli és nyári évszakokban ellett teheneknél az MBV számában.

A betegségek közül a laktáció első 90 napjában leggyakrabban előfordulókat - tőgygyulladást, méhgyulladást, ketózist, magzataburok-visszamaradást és ellési bénulást - vizsgáltuk. Ezek előfordulási arányát a 2. táblázat foglalja össze.

A laktáció időszaka	Betegség megnevezése	Hőstresszes időszak	Hőstressz mentes időszak	p-érték
0-30. nap	magzatburok-visszamaradás	1 (2,22%)	2 (2,53%)	1
	ellési bénulás	0 (0%)	1 (1,27%)	1
	ketózis	16 (35,56%)	13 (16,46%)	0,0262
	méhgyulladás	13 (28,89%)	26 (32,91%)	0,4512
	tőgygyulladás	11 (24,44%)	5 (6,33%)	0,0055
30-60. nap	ketózis	5 (11,11%)	12 (15,19%)	0,5974
	méhgyulladás	0 (0%)	2 (2,53%)	0,5338
	tőgygyulladás	5 (11,11%)	9 (11,39%)	1
60-90. nap	ketózis	1 (2,22%)	3 (3,8%)	1
	tőgygyulladás	3 (6,67%)	8 (10,13%)	0,7446

2. táblázat: Az egyes betegségek előfordulásának száma és százalékos aránya a laktáció első 90 napjában hőstresszes és hőstressz mentes napon történt ellés esetén

Az adatok összesítése után Fischer-féle egzakt próbával megvizsgáltuk, hogy van-e szignifikáns különbség a betegségek előfordulási arányában az ellés napjának időjárási körülményei között. Az p-értékek (2. táblázat) alapján megállapítható volt, hogy a laktáció első 30 napjában a tőgygyulladás és ketóziist okozó agyagforgalmi zavar szignifikánsan ($p=0,0055$ és $p=0,0262$) magasabb volt azon tehenek esetében, amelyek hőstresszes napon ellettek. A tőgygyulladások számának és a környezeti hőmérséklet emelkedésének összefüggése számos kutatásban megjelent. Nickerson (2014) vizsgálatai alapján a nyári hónapokban a tejtermelés lecsökkent, míg a tőgygyulladás egyik legfontosabb indikátora, a szomatikus sejtszám megnőtt. A hőstressz és a ketózisok gyakoriságának kapcsolata nem teljesen tisztázott. A laktáció első 30 napjában hőstresszes napon való ellés esetén 16, hőstressz mentes napon való ellés esetén 13 tehenet számoltunk. A laktáció második 30 napjában ezek számok 5 és 12 voltak. Gantner és mtasi (2016) kutatásában pedig a laktáció

első 60 napjában a hőstresszel nem terhelt tehenek esetében volt magasabb a ketózisok száma. Vizsgálatunkban az első laktáció esetén a különbség szignifikánsnak bizonyult, de hozzá kell tennünk, hogy a ketózis legnagyobb eséllyel az ellést követő néhány hétben alakul ki a hőstressz hatását figyelmen kívül hagyva is.

Vizsgálatunkban a szaporodásbiológiai adatok gyűjtését a laktáció első 90 napos időszakában végeztük, két csoportra bontva az állatokat az ellés időszakának THI értéke alapján. Az elléstől az első termékenyítésig eltelt napok számának átlaga hőstresszes időszakban történt ellés esetén $67,3 \pm 6,5$ nap. Ha az ellés hőstressz mentes időszakban történt, ez az érték $70,3 \pm 8,9$ volt. A két időszak között szignifikáns különbség mutatkozott a napok számát illetően. A hőstressz termékenységre kifejtett negatív hatása egyrészt a korai embrióelhalásnak, másrészt a petefészek hormontermelési zavarának tudható be (Ahmed és mtsai., 2015). A korai embrióelhalás a kedvezőtlen méhbeli környezet (Mellado és mtsai., 2012) és az embrió alacsony stressztűrő képességének a következménye, amelyet főként a vemhesség első napjaiban figyeltek meg (Ealy és mtsai., 1993). Mindezek, valamint a petefészek csökkent hormontermelése (De Rensis és Scaramuzzi, 2003) egyaránt hozzájárul a vemhesülési ráta csökkenéséhez, az ellés és az első termékenyítés közötti napok, valamint az ellés és a vemhesülés közötti napok számának és ez által a termékenyítési index növekedéséhez. Az általam vizsgált időszak hossza nem tette lehetővé, hogy további fontos szaporodásbiológiai mutatókat (két ellés közötti idő, elléstől a vemhesülésig eltelt idő, stb.) is elemezzek.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatom célja egy hazai nagyüzemű tejtermelő szarvasmarha állomány tejtermelési és betegség előfordulási adatainak vizsgálata a hőstressz előfordulásának függvényében. A 2018. március 10. és 2018. július 31. között ellett tehenek alkották a vizsgálati csoportot és a laktáció első 90 napjáról végeztünk adatgyűjtést. A hőstressz hatásának következményeit két módszerrel vizsgáltuk. Az egyik esetben azt elemztük, hogy miként változik az állatok termelése, szaporasági teljesítménye és egészségi állapota annak függvényében, hogy az ellés és az azt követő post-partum időszak hőstresszmentes vagy hőstresszes időszakra esik-e. A másik esetben összehasonlítottuk az állatok hőstresszre adott termelés változásának mértékét a laktáció szám függvényében.

A hőstressz megállapítása a napi átlagos THI értékek alapján történt. Hőstresszel terheltnek tekintettük azokat a napokat, amikor a THI napi átlaga magasabb volt, mint 67. A THI kiszámításához szükséges relatív páratartalmat (RH) és száraz gömb hőmérsékletet (T_{db}) az istállóba kihelyezett, folyamatos adatrögzítő mérőműszer (data logger) biztosította, a nedves gömb hőmérsékletet (T_{wb}) pedig egy erre alkalmas képlet segítségével számítottuk ki.

Attól függően, hogy az ellés napja, illetve a post-partum időszak hőstressz mentes, vagy hőstresszel terhelt időszakra esett, 2 csoportra osztottuk az állatokat. A hőstresszes időszakban ellett állatok napi tejtermelési átlaga ($37,09 \pm 3,36$) szignifikánsan alacsonyabb volt ($p=0,0007$), mint a hőstressz mentes időszakban ellő teheneké ($39,30 \pm 3,06$ liter). A hőstresszes és hőstressz mentes termelési napokon regisztrált fejési adatok között nem találtunk szignifikáns eltérést sem az első laktációs ($29,6 \pm 4,5$ vs. $30,04 \pm 5,46$ liter), sem a több laktációs ($40,2 \pm 6,97$ vs. $41,18 \pm 7,16$ liter) tehenek esetében.

Összehasonlítottuk a laktáció első 3 befejésének tejzsír, tejfehérje és szomatikus sejtszám (SCC) adatait is. Az első befejés adatai alapján a beltartalmi értékek közül az átlagos tejfehérje tartalom (%) volt szignifikánsan ($p=0,0165$) alacsonyabb ($2,99 \pm 0,29$ vs. $3,13 \pm 0,31\%$) a hőstresszes időszakban ellett állatok esetében.

A laktáció első 90 napjában leggyakrabban előforduló betegségek előfordulását szintén megvizsgáltuk az ellési időszakot jellemző mikroklimatikus tényezők függvényében. Az ellést követő 30 napon belül a tőgygyulladások (11 [24,44%] vs. 5 [6,33%]) és ketózisok (16 [6,33%] vs. 13 [16,46%]) prevalenciája szignifikánsan ($p=0,0055$ és $p=0,0262$) magasabbnak bizonyult a hőstresszes időszakban ellett állatoknál.

A fenti eredmények is rávilágítanak arra, hogy hőstressz hatására csökken a tejtermelés és - a természetes ellenállóképeség gyengülése miatt - gyakoribbak a megbetegedések. Mindezek jelentős gazdasági veszteséget okoznak a tejtermelők számára. A káros hatások állománykezelési (menedzsment) és tartástechnológiai változtatásokkal jelentősen mérsékelhetők. Az erre fordított befektetések megtérülése gyors, ezt követően jelentősen hozzájárulnak a gazdálkodás eredményességének javulásához.

7. SUMMARY

The aim of my thesis was to investigate the effects of heat stress on milk production, reproductive performance and disease frequency in a Hungarian dairy cattle herd. Cows calving between 10 March 2018 and 31 July 2018 created the investigation group and we have collected data in the first 90 days of the lactation. The consequences of heat stress were observed in two different ways. Heat stress days were identified by considering the daily mean of temperature-humidity index (THI) on day of calving and of the production days. When the daily mean THI exceeded 67, we declared that day affected by heat stress. Automatic dataloggers were placed in the observed barns, and these tools provided the dry bulb temperature (Tdb) and relative humidity data for determining THI.

We distributed the cows into two groups according to the day of calving was affected or not by heat stress and daily average milk production of the animals calving on heat stress days (37.09 ± 3.36 vs. 39.30 ± 3.06 litre) was significantly ($p=0,0007$) lower. We did not find significant difference either milk yield data of primiparous cows (29.6 ± 4.5 vs. 30.04 ± 5.46 litre/cow) or multiparous cows (40.2 ± 6.97 vs. 41.18 ± 7.16 litre/cow), among milking data registered on heat stress production days and production days without heat stress. We compared milk protein, milk fat and somatic cell number (SCC) of the lactation first 3 months in case of each animal according to the THI of calving day. In case of first month, the average milk protein (2.99 ± 0.29 vs. $3.13 \pm 0.31\%$) was significantly ($p=0,0165$) lower when calving day affected by heat stress.

The most common disease in the first 90 days of lactation were also investigated depending on the weather conditions of the calving day. Inside of 30 days after calving, number of mastitis (11 [24,44%] vs. 5 [6,33%]) and ketosis (16 [6,33%] vs. 13 [16,46%]) was significantly ($p=0,0055$ and $p=0,0262$) higher animals calved in heat stress period.

The major consequences of heat stress like remarkable reduction in milk yield and more frequently occurred diseases result significant economy loss. Both, the effective control on microclimatic conditions within the barns and adjustment of nutrition system in summer time might very effective tools for reducing heat stress and its negative effects in livestock farming.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- Ahmadi, M.R., Mirzaei, A., 2006: Effect of Heat Stress on Incidence of Retained Placenta in Holstein Cows at Dry Hot Weather of Shiraz. *Journal of Applied Animal Research*, 29, 23–24.
- Ahmed, A., Tiwari, R., Mishra, G., Jena, B., Dar, M., Bhat, A., 2015: Effect of Environmental Heat Stress on Reproduction Performance of Dairy Cows- A Review. *International Journal of Livestock Research*, 5, 10-18.
- Allen, J.D., Hall, L.W., Collier, R.J., Smith, J.F., 2015: Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science* 98, 118–127.
- Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4: 69-77.
- Atrian, P., Shahryar, H.A., 2012: Heat Stress in Dairy Cows (A Review). *Research in Zoology*, 7.
- Bajagai, Y.S., 2016: Global Climate Change And Its Impacts On Dairy Cattle. *Nepalese Veterinary Journal*. 30, 2-16.
- Bak, J., Pazsiczki I. (2008): Tehénnedvesítéses hőstresszméréséklés, módszerek, hatékonyság. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4: 69-77.
- Bárdos, L., Húsvéth, F., Kovács, M., 2007: Gazdasági állatok anatómiájának és élettanának alapjai, Budapest, Mezőgazda Kiadó, Old.: 239-243.
- Beede, D.K., Collier, R.J., 1986: Potential Nutritional Strategies for Intensively Managed Cattle during Thermal Stress. *Journal of Animal Science*, 62, 543–554.
- Berckmans, D., 2017: General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7, 6–11.
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y., 1985: Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Science*, 68, 1488–1495.
- Bernabucci, A., Calamari, L., 1998: Effects of heat stress on bovine milk yield and composition. *Zootecnica E Nutrizione Animale* 24, 247-257.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A., 2010: Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 7, 1167-1183.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Ronchi, B., Nardone, A., 2002: Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. *Animal Research* 51, 25–33.
- Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J.B., 2007: Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of Dairy Science*, 90, 1947–1956.
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M., Belyea, R., 2002: The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*, 51, 479–491.
- Brouk, M.J., Smith, J.F., Harner, J.P., 2003: Effectiveness of Cow Cooling Strategies Under Different Environmental Conditions. *Proceedings of the 6th Western Dairy Management Conference*. 12-14 March, 2003, Reno, USA
- Collier, R. J, Hall, L.W., Rungruang, S., Zimbleman, R.B., 2012: Quantifying Heat Stress and Its Impact on Metabolism and Performance. *23rd Florida Ruminant Nutrition Symposium Proceedings*.
- Collier, R.J., Eley, R.M., Sharma, A.K., Pereira, R.M., Buffington, D.E., 1981: Shade Management in Subtropical Environment for Milk Yield and Composition in Holstein and Jersey Cows. *Journal of Dairy Science*, 64, 844–849.

- Cunningham, J.G., Klein, B.G., 2007: Textbook of veterinary physiology, 4th edition. St. Louis, Saunders, Old.: 646.
- Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, Kumar, R., 2016: Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9, 260–268.
- Dash, S., Chakravarty, A.K., Singh, A., Upadhyay, A., Singh, M., Yousuf, S., 2016: Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary World*, 9, 235–244.
- De Rensis, F., Scaramuzzi, R.J., 2003: Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology* 60, 1139–1151.
- DeShazer, J. A., G. LeRoy Hahn, Hongwei Xin, 2009: Basic Principles of the Thermal Environment and Livestock Energetics, in: *Livestock Energetics and Thermal Environment Management*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI, pp. 1–22.
- DuPreez, J.H., Hatiingh, P.J., Giesecke, W.H., Eisenberg, B.E., 1990: Heat stress in dairy cattle and other livestock under southern african conditions. id. monthly temperature-humidity index mean values and them significance in the performance of dairy cattle. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 57, 243-248.
- Ealy, A.D., Drost, M., Hansen, P.J., 1993: Developmental Changes in Embryonic Resistance to Adverse Effects of Maternal Heat Stress in Cows. *Journal of Dairy Science*, 76, 2899–2905.
- Ganaie A. H., Shanker G., Bumla N. A., Ghasura R.S., Mir N.A., Wani S.A., Dudhatra G.B., 2013: Biochemica and Physiological Changes during Thermal Stress in Bovines. *Journal of Veterinary Science & Technology*. 4. 1.
- Gantner, V., Kuterovac, K., Potočnik, K., 2016: Effect of Heat Stress on Metabolic Disorders Prevalence Risk and Milk Production in Holstein Cows in Croatia. *Annals of Animal Science* 16, 451–461.
- Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D., Gantner, R., 2011: Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle, *Mljekarstvo* 61, 56-63.
- Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A., 2008: A new heat load index for feedlot cattle1. *Journal of Animal Science*, 86, 226–234.
- Giesecke, W.H., 1985: The effect of stress on udder health of dairy cows. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 52, 175–193.
- Hansen, P.J., 1990: Effects of coat colour on physiological responses to solar radiation in Holsteins. *Journal of Veterinary Research*, 127, 333–334.
- Ji, Boyu., Wang, C., Banhazi, T.M., Li, B., 2017: PLF technologies: model development for solving heat stress problems on dairy farms. Conference: 8th European Conference on Precision Livestock Farming., At In 12-14th of September 2017 in Nantes, France
- Johnson, H.D., Ragsdale, A.C., Berry, I.L., Shanklin, M.D. (1962): Effect of various temperature humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Res. Bull. Missouri Agric. Exp. Station*, 791.
- Joksimovic-Todorovic, M., Davidovic, V., Hristov, S., Stankovic, B., 2011: Effect of heat stress on milk production in dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry* 27, 1017–1023.
- Kabuga, J.D., Sarpong, K., 1991: Influence of weather conditions on milk production and rectal temperature of Holsteins fed two levels of concentrate. *Internal Journal Biometeorology* 34, 226–230.
- Kadokawa, H., Sakatani, M., Hansen, P.J., 2012: Perspectives on improvement of

- reproduction in cattle during heat stress in a future Japan: new perspectives on heat stress in cattle. *Animal Science Journal* 83, 439–445.
- Knapp, D.M., Grummer, R.R., 1991: Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. *J. Dairy Sci.* 74, 2573–2579.
- Kovács, L., Kovács, A., 2012: A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei a tejelő szarvasmarhatartásban. *Animal welfare, ethology and housing systems.* 8. 1. 44-59.
- Lemerle, C., Goddard, M.E., 1986: Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. *Tropical Animal Health and Production* 18, 232–242.
- McDowell, R.E., Hooven, N.W., Camoens, J.K., 1976: Effect of Climate on Performance of Holsteins in First Lactation. *Journal of Dairy Science* 59, 965–971.
- Mellado, M., García, J.E., Véliz Deras, F.G., de Santiago, M. de los Á., Mellado, J., Gaytán, L.R., Ángel-García, O., 2018: The effects of periparturient events, mastitis, lameness and ketosis on reproductive performance of Holstein cows in a hot environment. *Austral journal of veterinary sciences* 50, 1–8.
- Mellado, M., Sepulveda, E., Meza-Herrera, C., Veliz, F.G., Arevalo, J.R., Mellado, J., 2013: Effects of heat stress on reproductive efficiency of high yielding Holstein cows in a hot-arid environment. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 26, 3, pp. 193-200.
- Muller, C.J.C., Botha, J.A., 1993: Effect of summer climatic conditions on different heat tolerance indicators in primiparous Friesian and Jersey cows. *South African journal of animal science*, 23, 98-103.
- Nickerson, S.C., 2014: Management Strategies to Reduce Heat Stress, Prevent Mastitis and Improve Milk Quality in Dairy Cows and Heifers. UGA Extension.
- Perano, K.M., Usack, J.G., Angenot, L.T., Gebremedhin, K.G., 2015: Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *Journal of Dairy Science* 98, 5252–5261.
- Polsky, L., von Keyserlingk, M.A.G., 2017: Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* 100, 8645–8657.
- Pragna, P., Archana, P.R., Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E.K., Varma, G., Bhatta, R., 2017.: Heat Stress and Dairy Cow: Impact on Both Milk Yield and Composition. *International Journal of Dairy Science* 12, 1–11.
- Raffai, P., 2004: Állathigiéniá és állomány-egészségta, Budapest, Agroinform Kiadó, Old.: 124-125.
- Ravagnolo, O., Misztal, I., 2000: Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of Dairy Science* 83, 2126–2130.
- Reiczigel, J., Solymosi, N., Könyves, L., Maróti-Agóts, A., Kern, A., Bartyik, J., 2009: A hőstressz okozta tejtermelés-kiesés vizsgálata hőmérséklet-páratartalom indexek alkalmazásával. *Magyar Állatorvosok Lapja* 131 (3):137–144.
- Ríos-Utrera, Á., Calderón-Robles, R.C., Galavíz-Rodríguez, J.R., Vega-Murillo, V.E., Lagunes-Lagunes, J., 2013: Effects of Breed, Calving Season and Parity on Milk Yield, Body Weight and Efficiency of Dairy Cows under Subtropical Conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5(6): 226-232.
- Rodriguez, L.A., Mekonnen, G., Wilcox, C.J., Martin, F.G., Krienke, W.A., 1985: Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation on milk composition and yield. *Journal of Dairy Science* 68, 973–978.
- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Buffington, D.E., Wilcox, C.J., Van Horn, H.H., 1977: Physiological and Production Responses of Dairy Cattle to a Shade Structure in a Subtropical Environment. *Journal of Dairy Science* 60, 424–430.

- Ronchi, B., Stradaoli, G., Verini Supplizi, A., Bernabucci, U., Lacetera, N., Accorsi, P.A., Nardone, A., Seren, E., 2001: Influence of heat stress or feed restriction on plasma progesterone, oestradiol-17 β , LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein heifers. *Livestock Production Science* 68, 231–241.
- Roth, Z., Meidan, R., Braw-Tal, R., Wolfenson, D., 2000: Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *Journal of reproduction and fertility* 120, 83–90.
- Ryan, D.P., Boland, M.P., Kopel, E., Armstrong, D., Munyakazi, L., Godke, R.A., Ingraham, R.H., 1992: Evaluating Two Different Evaporative Cooling Management Systems for Dairy Cows in a Hot, Dry Climate. *Journal of Dairy Science* 75, 1052–1059.
- Silanikove, N., 2000: Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1–18.
- Spiers, D.E., Spain, J.N., Sampson, J.D., Rhoads, R.P., 2004: Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology* 29, 759–764.
- St-Pierre, N.R., Cobanov, B., Schnitkey, G., 2003: Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science* 86, 52–77.
- Takács, D., 2003: Istálló klímatechnikai vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Áramlástan Tanszék. 20. <http://www.mm.bme.hu/~takacs/tudomany/istallo.pdf>
- Trout, J.P., McDowell, L.R., Hansen, P.J., 1998: Characteristics of the Estrous Cycle and Antioxidant Status of Lactating Holstein Cows Exposed to Heat Stress. *Journal of Dairy Science* 81, 1244–1250.
- West, J.W., 2003b: Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 86, 2131–2144.
- West, J.W., Mullinix, B.G., Bernard, J.K., 2003a: Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 86, 232–242.
- Wilks, D.L., Coppock, C.E., Lanham, J.K., Brooks, K.N., Baker, C.C., Bryson, W.L., Elmore, R.G., Stermer, R.A., 1990. Responses of lactating Holstein cows to chilled drinking water in high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* 73, 1091–1099.
- Wilson, S.J., Marion, R.S., Spain, J.N., Spiers, D.E., Keisler, D.H., Lucy, M.C., 1998: Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows. *Journal of Dairy Science* 81, 2124–2131.
- Zimbelman, R.B., Rhoads, R.P., Rhoads, M.L., Duff, G.C., Baumgard, L.H., Collier, R.J., 2009: A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. *Proceedings of Western Dairy Management Conference*. 9-11 March, 2009, Reno, NV

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani elsősorban témavezetőimnek, Hejel Péternek és dr. Jurkovich Viktornak a sok segítségért és útmutatásért, amit kaptam tőlük. Továbbá szeretném megköszönni a Pusztavámi Tejszövetkezet Zrt. telepvezetőjének, Zelovics Gábornak, hogy lehetővé tette számomra a vizsgálatokhoz szükséges adatgyűjtést.

Köszönet illeti továbbá dr. Seres Laurát, a telepirányító program használatának elsajátításában nyújtott segítségért. Végül, de nem utolsó sorban, szeretném megköszönni családomnak, páromnak és barátaimnak az állandó támogatást szakdolgozatom elkészülése alatt.

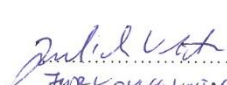

4. melléklet Konzulensi ellenjegyzés

Alulírott HEJEL PÉTER DR JURKOVICS VIKTOR igazolom, hogy

TÓTH UUVIEN (a hallgató neve)

MÓSTREKISS HATA SA TESTERMELOTEHEVEK TESTERMELESEKE
ES EGESZSEGERE EGY HAZAI NAGYUZEMU SZARVAI MARIHA TELEPEN
című szakdolgozatát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2018. M. 2. 2.


JURKOVICS VIKTOR

HEJEL PÉTER
a témavezető neve és aláírása

ÁLLATORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM
Állathigiéniai, Állomány-egészségügyi és
Állatorvosi Etológiai Tanszék
1078 Budapest, István u. 2.
1490 Budapest; Pf: 2.

tanszék

HuVetA
ELHELYEZÉSI MEGÁLLAPODÁS ÉS SZERZŐI JOGI NYILATKOZAT*

Név: TÓTH VIVIEN
Elérhetőség (e-mail cím): t.vivien02@gmail.com
A feltöltendő mű címe: KÖSTRESSZ HATÁSA TESTTERHELO TEHENEK
TESTTERHELESERE ES EGESZSEGERE EGY HAZAI NAGYVIZEMU SZAKVAS HARTIA TELEPEN
A mű megjelenési adatai: 2018
Az átadott fájlok száma: 1

Jelen megállapodás elfogadásával a szerző, illetve a szerzői jogok tulajdonosa nem kizárólagos jogot biztosít a HuVetA számára, hogy archiválja (a tartalom megváltoztatása nélkül, a megőrzés és a hozzáférhetőség biztosításának érdekében) és másolásvédett PDF formára konvertálja és szolgáltassa a fenti dokumentumot (beleértve annak kivonatát is).

Beleegyezik, hogy a HuVetA egynél több (csak a HuVetA adminisztrátorai számára hozzáférhető) másolatot tároljon az Ön által átadott dokumentumból kizárólag biztonsági, visszaállítási és megőrzési célból.

Kijelenti, hogy az átadott dokumentum az Ön műve, és/vagy jogosult biztosítani a megállapodásban foglalt rendelkezéseket arra vonatkozóan. Kijelenti továbbá, hogy a mű eredeti és legjobb tudomása szerint nem sérti vele senki más szerzői jogát. Amennyiben a mű tartalmaz olyan anyagot, melyre nézve nem Ön birtokolja a szerzői jogokat, fel kell tüntetnie, hogy korlátlan engedélyt kapott a szerzői jog tulajdonosától arra, hogy engedélyezhesse a jelen megállapodásban szereplő jogokat, és a harmadik személy által birtokolt anyag rész mellett egyértelműen fel van tüntetve az eredeti szerző neve a művön belül.

A szerzői jogok tulajdonosa a hozzáférés körét az alábbiakban határozza meg (**egyetlen, a megfelelő négyzetben elhelyezett x jellel**):

- engedélyezi, hogy a HuVetA-ban -ban tárolt művek korlátlanul hozzáférhetővé váljanak a világhálón,
- az Állatorvostudományi Egyetem belső hálózatára (IP címeire) korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- a Könyvtárban található, dedikált elérést biztosító számítógépre korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- csak a dokumentum bibliográfiai adatainak és tartalmi kivonatának feltöltéséhez járul hozzá (korlátlan hozzáféréssel),

Kérjük, nyilatkozzon a négyzetben elhelyezett jellel a helyben használatról is:



Engedélyezem a dokumentum(ok) nyomtatott változatának helyben olvasását a könyvtárban.

Amennyiben a feltöltés alapját olyan mű képezi, melyet valamely cég vagy szervezet támogatott illetve szponzorált, kijelenti, hogy jogosult egyetérteni jelen megállapodással a műre vonatkozóan.

A HuVetA üzemeltetői a szerző, illetve a jogokat gyakorló személyek és szervezetek irányában nem vállalnak semmilyen felelősséget annak jogi orvoslására, ha valamely felhasználó a HuVetA-ban engedéllyel elhelyezett anyaggal törvénytörtő módon visszaélne.

Budapest, 2018 év ...11.....hó ...23...nap

Tóth Vivien

aláírás

szerző/a szerzői jog tulajdonosa

A HuVetAMagyar Állatorvos-tudományi Archívum – Hungarian Veterinary Archive az Állatorvostudományi Egyetem Hutjra Ferenc Könyvtár, Levéltár és Múzeum által működtetett egyetemi és szakterületi online adattár, melynek célja, hogy a magyar állatorvos-tudomány és -történet dokumentumait, tudásvagyonát elektronikus formában összegyűjtse, rendszerezze, megőrizze, kereshetővé és hozzáférhetővé tegye, szolgálta, a hatályos jogi szabályozások figyelembe vételével.

A HuVetA a korszerű informatikai lehetőségek felhasználásával biztosítja a könnyű, (internetes keresőgépekkel is működő) kereshetőséget és lehetőség szerint a teljes szöveg azonnali elérését. Célja ezek révén

- *a magyar állatorvos-tudomány hazai és nemzetközi ismertségének növelése;*
- *a magyar állatorvosok publikációira történő hivatkozások számának, és ezen keresztül a hazai állatorvosi folyóiratok impact faktorának növelése;*
- *az Állatorvostudományi Egyetem és az együttműködő partnerek tudásvagyonának koncentrált megjelenítése révén az intézmények és a hazai állatorvos-tudomány tekintélyének és versenyképességének növelése;*
- *a szakmai kapcsolatok és együttműködés elősegítése,*
- *a nyílt hozzáférés támogatása.*