

Állatorvostudományi Egyetem, Budapest,
Állatvédelmi Központ

A hőstressz hatása a tejelő tehenek ivarzási viselkedésére

Effect of heat stress on oestrus behavior of dairy cows

Készítette:

Szécsi Eszter

állatorvostan- hallgató

Témavezető:

Dr. Jurkovich Viktor

tudományos főmunkatárs

ÁTE, Állatvédelmi Központ

Társtémavezető:

Szalai Szilvia

PhD hallgató

MATE, Állattenyésztés-technológiai és Állatjólléti Tanszék

2024

Abstract

The effect of heat stress on the estrous behavior of dairy cows is a critical factor influencing reproductive efficiency in livestock management. Heat stress disrupts the physiological and hormonal balance of cows, leading to reduced expression of estrous behaviors, which are essential for successful insemination and reproduction

Estrous activity was monitored using hormonal assays during periods of varying heat stress conditions. Data analysis revealed a significant correlation between elevated THI levels and decreased estrous behavior, including reduced mounting activity, lower physical movement, and shorter estrous duration. The findings emphasize the importance of effective heat stress management strategies, such as cooling systems and optimized feeding schedules, to mitigate its negative effects on reproductive performance.

The study highlights the need for further research into advanced monitoring tools and management practices to ensure sustainable dairy production under increasingly frequent heat stress conditions due to climate change.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. A hőstressz általában	5
2.2. A hőstressz hatása a tehenek viselkedésére, anyagcseréjére, hormonháztartására	5
2.3. A szarvasmarha szaporodásbiológiája	8
2.4. A hőstressz hatása a szaporodásbiológiára	9
2.5. A tehenek hűtése.....	11
2.6. Hőstresszre optimalizált takarmányozás	12
2.7. A hőstressz mérésének lehetőségei.....	14
3. Anyag és módszer	15
3.1. Helyszín, állatok.....	15
3.2. Környezeti hőmérséklet és páratartalom	16
3.3. Aktivitás	17
3.4. Kamerarendszer, videófelvételek	17
3.5. Vervételi minták	18
4. Statisztikai értékelés	20
5. Eredmények.....	21
5.1. A THI index alakulása a kísérlet során	21
5.2. Az anyagcsere vizsgálatok eredményei	21
5.3. Az ugrások eloszlása napszak és módja szerint videófelvételek alapján.....	22
5.4. A vemhesült tehenek arányának alakulása az évszak függvényében.....	23
5.5. Az ivarzás intenzitásának eloszlása hőterhelt és hősemleges időszakban	23
5.6. Az átlagos ösztadiol koncentráció alakulása az évszak függvényében	25
5.7. Az átlagos ösztadiol (pg/ml) koncentráció alakulása a kísérleti és kontrol időszakokban.....	25
5.8. A vemhesülési eredmények alakulása az évszak függvényében	26
6. Következtetés, javaslatok	27
7. Összefoglalás.....	28
9. Köszönetnyilvánítás	30
Irodalomjegyzék.....	31

1. Bevezetés

Napjainkban a globális felmelegedés hatalmas kihívást jelent a tejtermelő ágazat fenntarthatóságára és jövedelmezőségére, hiszen már nem csak a trópusi övezetekben, hanem a hazánkban is jelentősen nő az extrém hőségnapok száma. A hosszabb ideig tartó hőség veszélyezteti az állatok jóllétét, növeli az elhullás kockázatát, valamint jelentősen csökkenti a termékenységet, ami óriási veszteséggel jár a gazdaságok számára.

A nyári gyenge fertilitás a különböző stresszorok szövetekre és szervrendszerekre gyakorolt kumulatív hatásainak eredménye, amely közvetlenül vagy közvetve szabályozza a reprodukív rendszer működését. Ezek a hatások megzavarják a reprodukív hormonok egyensúlyát, rontják a petesejtek minőségét és akadályozzák az embrió megfelelő fejlődését. Ennek eredményeként gyenge ivarzás, alacsony fogamzási arány és megnövekedett embrióelhalás figyelhető meg. [1] A hormonális egyensúlyzavarok közé tartozik a csökkent szérum ösztadiol-koncentráció, az LH plazmakoncentrációjának csökkenése és a progeszteron szekréció mérséklődése. [2]

A hőstressz több szempontból is negatívan befolyásolja a szaporodási teljesítményt. A magasabb testhőmérséklet megváltoztatja a tejelő tehenek állási és fekvési viselkedését [3], ami egyúttal az ivarzási viselkedést is befolyásolja. Csökken az aktivitás és az ugrások száma, ami által csökken az ivarzás észlelésének aránya mind vizuális megfigyelés mind automatizált aktivitásfigyelő rendszerek által [4] A vizuális szemrevételezés előnye, hogy a hüvely nyálkahártyájának színe és a hüvelyváladék jelenléte referenciaként szolgál az ivarzás megállapításához, azonban korábbi tanulmányok szerint a hőstressz befolyásolja az endometrium működését és a méh szekréciós aktivitását, ami kisebb mértékű hüvelyváladékhoz és méh kontraktilitáshoz vezet. [2]

Kutatások [5] arról számoltak be, hogy a hőstressz az ivarzás napján jelentősen csökkenti a külső ivarzási jelek intenzitását, azonban a méh erigáltságát nem befolyásolja. Továbbá hőstresszes körülmények között késhet a luteolízis a csökkent ösztadiol szintézis következtében, ami kisebb méretű tüszőt eredményezhet a következő ivarzási ciklusban. A tüszők méretében a szerzők 68 THI felett csökkenő tendenciát tapasztaltak.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A hőstressz általában

Minden állatfaj rendelkezik egy bizonyos termoneutrális zónával, ami azt jelenti, hogy ekkor külön energiabefektetés nélkül fenntartható a fajra jellemző testhőmérséklet. Ez a környezeti hőmérséklet tartomány tejelő tehenek esetében a $0(\pm 5\text{ °C}) - 25\text{ °C}$. [6]

Napjainkban a globális felmelegedés következtében tavasztól őszig gyakran a felső kritikus hőmérsékletnél magasabb értékek mérhetők, s ennek következtében egyre többször kell az állatok hűtéséről gondoskodniuk az állattartóknak. Ha ezt nem teszik meg, a tehenek termelése romlik, ugyanis mindig a létfenntartás a legfontosabb a számukra, csak az utána feleslegesen megmaradt energiát használják el termelésre. Ennélfogva nagyon lényeges a termelést tekintve is, hogy minél kevesebb erőforrás felhasználásába kerüljön saját maguk fenntartása. Tehát abban az esetben van szó hőstresszről, amikor a külső hőmérséklet meghaladja a felső kritikus hőmérsékleti értéket. Ekkor az állat nem képes energiabefektetés nélkül leadni a szervezet által termelt és a környezetből a szervezetet ért hőmennyiséget. A hőmérséklet mellett a napsugárzás, a relatív páratartalom és a légmozgás is befolyásolhatja a hőérzetet. Például, ha túl nagy a levegő páratartalma, a tehenek nem képesek kellő mennyiségű hőtől megszabadulni. Ha a testhőmérséklet emelkedik, olyan változások mennek végbe a sejtekben, amelyek csökkentik azokat az anyagcsere folyamatokat, melyek hőtermeléssel járnak. [7,8]

Tejelő állományokra leginkább a tavaszi és nyári hónapokban megfigyelhető termelés visszaesés a jellemző. Ez azért következik be, mert az állatoknak több energiát kell fordítaniuk az alkalmazkodásra és ezáltal kevesebb marad a termelésre. Ezt a hőstressz biológiai költségének nevezzük. Emellett a hőstressz okozhat még rosszabb ivarzási arányt, gyakoribb megbetegedéseket, sőt akár elhullást is. Mindezek miatt kiemelten fontos a hőstressz csökkentése. Ezt megtehetjük úgy, hogy olyan technikákat alkalmazunk, amelyek segítik a szervezet hőleadását, de arra is van lehetőség, hogy különböző genetikai és takarmányozási módszereket veszünk igénybe. [6,9]

2.2. A hőstressz hatása a tehenek viselkedésére, anyagcseréjére, hormonháztartására

A szervezet hőstresszre adott válasza szorosan összefüggenek és a hormonrendszer irányítja őket. Az állatok mindaddig tudják a testhőmérsékletüket állandó értéken tartani, amíg a külső bőrfelületen mért hőmérsékletük nem ér el egy bizonyos szintet. Szarvasmarhák esetében ez 35 °C . Ha ez az érték fölé emelkedünk, akkor az állat már nem tud elegendő mennyiségű hőt leadni

és a testhőmérséklet elkezd emelkedni. Az emelkedés hatására a sejtsztódás lassul, a biológiailag aktív molekulák működése károsodik és a fehérjeszintézis intenzitása is csökken. Abból a célból, hogy a szervezet ezeket a károsodásokat elkerülje úgynevezett hősokkfehérjéket termel. Ezek úgy működnek, hogy a kárt szenvedett fehérjékhez hozzákapcsolódnak és helyreállítják azok funkcióját. A fiziológiai állapotban lévő sejtek is termelnek hősokkfehérjéket, melyek inaktívan találhatóak meg a sejtplazmában. Abban az esetben, ha hőhatás éri a sejtet ezek aktiválódnak, továbbá új fehérjék is képződnek. Különböző kísérletek eredményei szerint a túl magas hőmérséklet miatt kialakuló betegségek vagy akár az elhullás azoknak a szöveteknek a károsodása miatt megy végbe, amelyek leginkább érzékenyek a hőre. Ilyen szervek például a máj vagy a bélcsatorna. Azt is kimutatták, hogy a szervezet hőre adott és a hormonrendszer válaszai között összefüggés figyelhető meg. Például, amikor egy szarvasmarha eredetű tőgyhámtenyészetet prosztaglandin kezelésnek vetettek alá, akkor ezzel egyenesen arányosan magasabb lett a szövet hősokkfehérje koncentrációja is. Ezen kívül különböző hormonok is serkentő hatással lehetnek a hősokkfehérjék termelésére. Ilyenek például a melatonin, az inzulin és a prolaktin. Egyes humán kutatások azt is bizonyítják, hogy a hősokkfehérjék valamilyen szinten vissza is csatolnak a hormonrendszerre. Megállapították például azt, hogy ezek a fehérjék javíthatják a glükóz- toleranciát cukorbetegségben. Ez alapján következtethetünk arra, hogy az állatok esetén is szerepük lehet az anyagcsere változásaiban és ennek hatására a termelés változásában hőstressz esetén. [10,11]

Az alkalmazkodás során egy hosszú és egy rövid távú szakaszt lehet elkülöníteni. Először rövid távon különböző sejtszintű változások és a szimpatikus idegrendszer aktivitása figyelhető meg. Az egész testen találhatóak hőreceptorok és az itt keletkezett információ a hipotalamuszba kerülve hőleadásra és hőtermelés csökkentésére készíti az állatot. Ennek érdekében különböző élettani és viselkedésszerű változások lesznek megfigyelhetőek. Ilyen magatartásformák például, hogy az állatok a hűvösebb padozaton fekszenek vagy többet állnak, az árnyékosabb, szellősebb helyeken tartózkodnak, valamint nő a légzésszámuk és a szívritmusuk. A növekedett légzésszám relatív szén-dioxid hiányhoz vezethet, aminek hatására respiratórikus alkalózis alakul ki, ezt azonban csak a legmelegebb órákban mutatták ki. A hipotalamuszban továbbá elkezd termelődni a mellékvese aktivitását serkentő hormon, aminek hatására nő a kortizol és az adrenalin vérbeli koncentrációja. Annak érdekében, hogy a belső hőmérsékelt ne emelkedjen tovább, a növekedési hormon és a pajzsmirigyhormonok szintje csökken. Abban az esetben, ha a hőstressz hosszabb ideig megfigyelhető, nő a leptin koncentráció is a vérben. Ezek a hatások összességében ahhoz vezetnek, hogy az állatok étvágya csökken. Mivel kevesebbet esznek, a kérődzés is kevesebb lesz és ezáltal kevesebb pufferhatású nyál jut a bendőbe. Tovább csökkenti

a nyál pufferhatását az is, hogy a hidrogén-karbonát nagyobb mennyiségben ürül annak érdekében, hogy a respiratórikus alkalózist kompenzálja. A csökkent szárazanyagfelvétel és az ennek következtében kialakuló energiahány az egyik legfontosabb faktor, amely a hőstressz okozta tejtermelés-csökkenést okozza. A legfrissebb kutatások kimutatták, hogy a meleg közvetlenül is befolyást gyakorol a tejmirigyre a megemelkedett kortizolszint által. Ha a vérben nő a kortizol koncentráció, akkor egyenes arányosan csökken az oxitocin, ami tejszavatartáshoz vezet. Az esti órákban érzékelhető, hogy a hőmérséklet csökkenéssel egyidejűen a termelés újra növekszik. A rövid távú alkalmazkodás mellett szót kell ejteni a hosszabb távúról is. Ebben az inzulin, a prolaktin, a növekedési hormon és az IGF-1 (inzulinszerű növekedési hormon) alakítja ki a hőtűrőképességet. Ahogy emelkedik a hőmérséklet, azzal együtt emelkedik a prolaktin vérszintje is. Ez azonban nem a tejtermelés növekedésével jár, ugyanis hőstresszben erről nem beszélhetünk, hanem a hőszabályozásban játszik szerepet. Ennek a hormonnak a hatására fokozódik a verejtékmirigyek működése és a vízfelvétel, valamint csökken a vesén keresztüli víz- és elektrolitkiválasztás. Ezáltal nő az erekben lévő vér térfogata, ami megkönnyíti a párologtatásos hőleadást. Ez tulajdonképpen a verejtékezés, aminek szarvasmarhában jóval kisebb jelentősége van, mint például a lovakban. Náluk inkább a légzőrendszer nyálkahártyáján megy végbe a párologtatás. A hőstressznek kitett állatokban fokozott inzulinérzékenység és megnövekedett alap inzulin koncentráció figyelhető meg annak ellenére, hogy a szárazanyagfelvétel csökkenéséből nem erre következtethetnénk. Ezt a hősokkfehérjékkel és az emelkedett prolaktin szinttel magyarázhatjuk, ugyanis mindkettőnek lehet ilyen hatása. Több kísérlet is arra a következtetésre jutott, hogy a növekedési hormon és az IGF-1 szintje csökken hőstresszben. Az alacsonyabb IGF-1 szint egyenesen arányosan hat a tejmirigy glükózfelvételére. Ha a tejmirigy kevesebb glükózt vesz fel, akkor kevesebb laktózt és ezáltal kevesebb tejet tud termelni. Megállapították, hogy a kevesebb tejtermelésért csak részben felelős a csökkent szárazanyagbevitel. Okozhatja még a hősokkfehérjék képzésére és a fokozott légzésre, párologtatásra fordított energiaveszteség is. A laktáció korai szakaszában álló tehén energiaforgalmára az jellemző, hogy a vérben lévő glükózt elsősorban a tejmirigy számára szeretné megtakarítani, hogy ott laktóz készülhessen belőle. A növekedési hormon ekkor elkezdi zsírokat bontani. A perifériás szövetekbe kevesebb glükóz jut, mivel azt elhasználja a tejmirigy, így ők kénytelenek lesznek a zsírbontásból származó ketonanyagokból és szabad zsírsavakból fedezni az energiaigényüket. Mivel azonban hőstresszben az elsődlegesen fontos az lesz, hogy a szervezet visszaállítsa a normális hőmérsékletét, valamint a növekedési hormon szintje is csökkent lesz, ezért a tejmirigy glükózfelvétele és ezáltal a tejtermelés is csökken. Ekkor emelkedett az inzulinkoncentráció is,

s ez növeli a sejtek glükózfelvételét, így azok már elsődlegesen nem a zsírbontásból származó anyagokat fogják használni és a tejmirigy számára még kevesebb glükóz marad. Ez szintén a termelés visszaesését vonja maga után. Azt állapították meg, hogy erre azért van szükség, mert sokkal kevesebb hő szabadul fel a glükóz energiaként való felhasználásakor, mintha zsírokat bontana a szervezet. Az is megfigyelhető, hogy hőstressz esetén nem csak a tej mennyisége, hanem a benne lévő laktóz koncentráció is kevesebb lesz, ami a tej minőségromlásához vezet. Ilyen romlást okoz még a tej fehérjetartalmának visszaesése is. Ez azzal magyarázható, hogy a glükózt részben az izomfehérjék bontásából szeretné előállítani a szervezet, hiszen ekkor glükoneoplasztikus aminosavakhoz tud jutni. Ha azonban ezek az aminosavak elhasználódnak glükózyártásra, akkor már nem tudja őket az állat igénybe venni a tejfehérjéhez. [6,10,12-14]

2.3. A szarvasmarha szaporodásbiológiája

A szarvasmarha egy poliösztroszos állat, ami azt jelenti, hogy egész évben, meghatározott időközönként ivarzik. Általában 11 hónaposan érik el az állatok az ivarérett kort. Hogy ez pontosan mikor következik be, azt több tényező is befolyásolhatja. Ilyenek például az évszakok, a fotoperiódus, a testméret vagy akár a csoportosítások. Az első termékenyítéssel kívánnak legtöbb esetben minimum a harmadik ivarzásig, hogy az állat megfelelően fejlett legyen. Ezt az állapotot tenyészerettségnek nevezzük, ami nem egyezik meg az ivarérettiséggel. Az ivarérettség elérése, vagyis a pubertás kor a GnRH hormon termelését vonja maga után a hipotalamuszban. Ez a hormon stimulálja az agyalapi mirigyet, amely gonadotropinokat szabadít fel. Ezen hormonok teszik lehetővé az ivarszervek fejlődését, a szteroidhormonok szintézisét és az ivarsejtek termelődését. A két legjelentősebb gonadotropin a follikulusstimuláló hormon (FSH) és a luteinizáló hormon (LH). Az FSH serkenti a tüszők érését a petefészekben és támogatja a spermatogenezist a herékben. Az LH szerepe, hogy kiváltja az ovulációt és elősegíti a sárgatest kialakulását, míg hímivarban serkenti a tesztoszteron termelését a herékben. A vemhesség hossza jellemzően 275 és 285 nap között váltakozik. A petesejt megtermékenyülése a petevezetőben történik, a sejt csak ezután érkezik a méhbe a 4-5. nap körül, ahol 18-22 nap eltelte után tapad meg. A vemhesség anyai felismerésért a bovine-interferon-tau (IFN τ) a felelős, mely esemény a 15. nap körül következik be.

Az állatok ivarzási ciklusát más néven ösztrosznak is nevezhetjük. A nevéből is következik, hogy ez egy periodikusan ismétlődő folyamat, melyet a hormonrendszer irányít. Minden állatfajra egyedi hosszúság jellemző, mely a szarvasmarha esetén 21 nap. A ciklusnak 4 szakaszát különíthetjük el, melyek a proösztrosz, az ösztrosz, a metösztrosz és a diösztrosz. A

proösztusz az ivarzást közvetlenül megelőző szakasz. Ebben az időszakban elkezdenek megérni az ovulációs tüszők, amelyek ösztrogént termelnek. Ez a hormon azért felelős többek között, hogy előkészítse a tehenet az ivarzásra. Ezután következik az ösztusz ciklus, ami tulajdonképpen maga az ivarzás, az állat ekkor fogamzóképes. Ebben a szakaszban speciális ivarzási viselkedésnek lehetünk szemtanúi, amikor a tehén nyugodtan tűri, hogy a másik tehén ráugorjon a hátára. Ez a jellegzetes viselkedési forma alapján felderíthetők az ivarzó egyedek. A faroktő az ugrások során kisebesedhet, ami az inszeminátor számára jelző értékű lehet, ha magát az ugrást esetleg nem is látta. Az állat az ivarzási időszak alatt nyugtalan, sokat mozog, amit lábra szerelhető pedométerrel vagy nyakra rögzíthető transzponderrel mérhetünk. Kevesebb időt tölt kérődzéssel és pihenéssel, továbbá másik ivarzó tehenek társaságát keresi. Az ösztusz ideje alatt a legmagasabb az ösztrogén szintje, aminek következtében megéri, s LH hormon hatására kilöködik a petesejt. Tehenekben az ivarzás hossza kb. 15 óra, s az ovuláció 24-32 órával az ivarzás kezdete után megy végbe. Naponta legalább kétszer kell elvégezni emiatt az ivarzók keresését, ugyanis, ha ennél ritkábban tesszük, akkor nagy esély van a folyató állatok elmulasztására. A reprodukív ciklus következő szakasza a metösztusz, amikor kialakul a sárgatest, amely elkezd a progeszteront termelni. Ennek a hormonnak a célja az ovuláció és a myometriális összehúzódások megakadályozása, a méhnyak zárása és a nyálkatermelés csökkentése. Ezekből láthatjuk, hogy ez a hormon elsődleges feladata a vemhesség fenntartása. Segíti az embrionális fejlődést azáltal, hogy támogatja a méh fehérje előállítását az embrió számára. A végső és leghosszabb szakasz a diösztusz, ahol tartós progeszteron szekréció figyelhető meg. Ha az állat nem lesz vemhes, a sárgatest a végén elsorvad, a progeszteronszint csökken és a ciklus előről kezdődik. Meg kell említeni az anösztusz fogalmát is, ami tulajdonképpen az ösztusz ellentéte, vagyis nem ivarzik a tehén. Ennek hátterében főként anyagforgalmi és egészségügyi problémák állhatnak, illetve a stressz különböző formája, mint például a hőstressz. Beszélhetünk postpartum anösztuszciklusról is, amikor az állat a vemhesség után egy ideig nem mutat ivarzási jeleket. [15]

2.4. A hőstressz hatása a szaporodásbiológiára

Ahogy szinte mindenre, úgy a szaporodásbiológiára is nagy hatással van a hőstressz és komoly kihívásokat jelent a tejlő tehén egészségére. Jelentős hatást fejt ki a hormonháztartásra, ami ugyebár a ciklus fő szabályozója. Csökken például az ösztrogénszint, aminek hatására gyengébben ivarzanak a tehenek. Ez mind az ivarzási tünetek intenzitásában, mind pedig magában az ivarzás erősségében megmutatkozik. Emellett megnövekedik a kortizolszint, ami gátolja az LH és az FSH felszabadulást. Ennek hatására zavart szenved a tüszőérés és az

ovuláció. Ezeken felül csökken a progeszteronszint, ami negatívan befolyásolja a sárgatest funkcióját és ezáltal a vemhesség fenntartását. Ez azért következik be, mert a túl meleg hőmérséklet negatív hatást gyakorol a sárgatest működése. A hőstressz megzavarhatja a tüszők fejlődését, például előfordulhat, hogy egyszerűen nem következik be az ovuláció, illetve termékenyülési problémákkal is szembesülhetünk a gyengébb minőségű petesejtek miatt. A vemhesülési arány is sokat romlik ilyenkor. A rossz minőségű petesejtek, az ovuláció hiánya és az alacsonyabb intenzitású ivarzási tünetek egyaránt hozzájárulhatnak, hogy a tehenek vemhesülési eredménye gyengébb ezekben az időszakokban. Mindezek felett számolnunk kell a korai embrióvesztés kérdésével is. A megemelkedett anyai testhőmérséklet és a hormonrendszer felborulása miatt az embrió sokkal nehezebben tud beágyazódni és életben maradni. Kimutatták, hogy ha a vemhesség első 6 napjában a testhőmérséklet több, mint 39 °C, akkor nagyobb az esély az embrióelhalásra. Ahogy haladunk előre a vemhességgel, az embrió egyre jobban ellen tud majd állni a hőstressznek, azonban ez az első hét igen kritikus.

Bizonyított, hogy ha hőstressz éri a teheneket, akkor legelőször a szaporodásbiológiai problémák fognak jelentkezni. Azt már korábban is tudtuk, hogy a spermiumok létrejöttéhez alacsonyabb hőmérséklet szükséges, mint ami a testben van, de jelenleg az is kezd világossá válni, hogy a tüszőérés is bizonyos fokig hőérzékeny folyamat. A meleg miatt hosszabbak a tüszőérési hullámok, lassabban fejlődik a sárgatest és a szexuálszteroid termelődés is zavart szenvedhet. Ezen felül rosszabb minőségű petesejtre és embrióra számíthatunk. Hatására az ivarzámegfigyelés is nehezebbé válik, hiszen rövidebb és kevésbé intenzív lesz az ivarzás.

A hőstressz mellett a laktáció elején álló teheneknél anyagforgalmi problémák és negatív energiamérleg is csökkentheti a fertilitást. A kialakult energiahiány következtében ketózis alakulhat ki, ami szintén rossz hatással van a szaporodásbiológiára. A szervezet elkezd zsírsavakat bontani, mert nincs jelen elég glükóz, hogy energiát szolgáltatson a sejteknek. Ebből ketonanyagok keletkeznek, amelyek feldúsulnak a vérben. A ketonanyagok jelenlétének következtében a tüszők kevésbé lesznek érzékenyek az LH-ra és kisebb eséllyel válnak domináns tüszővé. Ha ketózis áll fenn, akkor 50%-kal kevesebb esély van arra, hogy a tehén újra fog vemhesülni.

A hőstressz tehető felelőssé azért is, hogy csökken a vemhes napok száma. Az utolsó harmadban fennálló túl magas hőmérséklet olyan stresszt jelent mind az anya mind pedig a magzat számára, hogy nagy valószínűséggel hamarabb fog beindulni az ellés. Az ellés megindulásához a magzat elkezd szteroidokat termelni és ezáltal stresszt indukál. Ezek a hormonok bejutnak az anya vérébe és csökkentik a progeszteronszintet. Ha ez a változás a vemhesség 260. napja után következik be, akkor egészséges magzat születhet oxitocin hormon és a méhizomzat

összehúzódnak hatására. Hőterhelt időszakban akár egy héttel korábban is megellhetnek az állatok. Emellett az ellések számát is negatívan befolyásolja, áprilisban és májusban megritkulnak a születések, ugyanis 9 hónappal visszaszámolva ezek a termékenyítések az év legmelegebb hónapjaiban történtek, amikor jelentősen gyengébb volt a vemhesülési arány.

A többször ellett tehenek metabolikus hőtermelésük és magas tejtermelésük következtében jelentősen érzékenyebben reagálnak a hőstresszre. Az üszők vemhességi ideje és a vemhesülési eredményei kevésbé térnek el az hőterhelt és termoneutrális időszakokban. Azt azonban nem szabad azért elfelejtenünk, hogy ezek az állatok még nincsenek termelésbe véve, vagyis nincsenek kitéve a tejtermeléssel, a felhajtással és a fejéssel járó stressznek. Minden bizonnyal ezen tényezőknek köszönhető a jobb szaporodásbiológiai eredmény. [12,16,17]

2.5. A tehenek hűtése

Brouk et al [18] már a '90-es évek végén megállapították, hogy a magas szintű tejtermeléshez kiegészítő hűtő rendszerekre van szükség. A régi építésű istállóban és ahol a természetes szellőzés nem elég hatékony, ott gondoskodni kell a mesterséges szellőzésről, hiszen hőstressz idején a megnövelt légáramlásnak kedvező élettani hatása van [19]. Nagy jelentősége van minden olyan hőleadást segítő technikai beavatkozásnak, amely a tehenek komfortzónájához leginkább közelálló mikroklímát biztosítja az istállóban, a pihenőtéren vagy az elővárakozóban [20]. A légsebesség növelésével jelentősen nő a szervezet hőleadása, amit kísérletek is igazoltak. 30 °C-os környezeti hőmérséklet mellett, a tehenek 30 %-kal több tejet adtak, amikor a 0,3 m/s-os légmozgást 2,5-3,5 m/s-ra növelték [21]. Ez az eljárás akár 1 °C-kal is csökkentheti a testhőmérsékletet a ventiláció és párástás nélküli állapothoz képest. Bak és Pazsiczki [22] kutatásukban alátámasztják, hogy az istállóklima optimalizálásához hatékony megoldás, ha szórófejekkel benedvesítik a tehén testfelületét, miközben ventilátorok segítik a víz elpárolgását, ami hőt von el és mérsékli a hőstressz kedvezőtlen állatjóléti hatásait. Ez a rendszer bizonyítottan csökkenti a rektális hőmérsékletet, javítja a szárazanyagfelvételt, a vemhesülési eredményeket és a borjak születési testsúlyát [23]. A ventiláció és nedvesítés kombinációját oda célszerű telepíteni, ahol az állatok a legtöbb időt töltenek vagy szeretnének, hogy töltsenek, ez elsősorban az etetőút és az itatók környéke, hiszen a hűtés hatására a tehenek szívesebben és hosszabb időt töltenek takarmányfelvétellel [24]. A fejőházból kivezető úton a legmelegebb napokon javasolt zuhany alkalmazása a hűtés meghosszabbítása céljából, valamint friss ivóvíz biztosítása annak érdekében, hogy nagyobb kedvvel térjenek vissza az istállóban és minél több takarmányt vegyenek fel a fejést követően [25].

2.6. Hőstresszre optimalizált takarmányozás

Amellett, hogy az állatokat megpróbáljuk nagyobb hőleadásra készíteni különböző hűtési technikák alkalmazásával, a hőstresszre optimalizált takarmányozással csökkenthetjük a felszabaduló hő mennyiségét. Ezen módszerek célja a szárazanyagfelvétel növelése és az erősödött inzulinhatás eredményének segítése. Ezeket úgy érhetjük el, hogy növeljük az abrakhányadot és csökkentjük a bevitt szálastakarmány arányát. Az abrakkal a glükózbevitelt segíthetjük, valamint bizonyos mennyiségű zsírkiegészítést is adhatunk hozzá. A szálás csökkentésével kevesebb rost jut az állat szervezetébe, amit nem kell lebontania, ugyanis ezzel a folyamattal nagy mennyiségű hő szabadul fel. Arra azonban azért figyelni kell, hogy a fejadag rosttartalma ne legyen túl alacsony. Ha nem jut elegendő rost az állat szervezetébe, akkor mind a bendőműködés, mind pedig az illózsírsavtermelés zavart szenved. A rostbevitelt úgy is abszolválhatjuk, hogy a tömegtakarmány eredetű rostokat például szójababhéjjal vagy répaszelettel helyettesítjük. Ezzel a módszerrel az állatok kevesebb hőtermelés mellett könnyebben megemészthető állapotban lévő rosthoz juthatnak. [26]

Egy nyári hónapokban végzett kutatásban azt állapították meg [27], hogy az a legmegfelelőbb a teheneknek tejtermelés szempontjából, ha csak a nap hűvösebb óraiban kapnak takarmányt. Arra azonban fontos ügyelni, hogy a takarmánykiosztás időpontja passzoljon a tehenek bioritmusához. Amikor hőstressz éri az állatokat, akkor a csökkenő tendenciát mutató szárazanyagfelvétel a kérődzés intenzitására és a nyáltermelésre is negatívan hat. Mivel kevesebb nyál termelődik, ez nem elegendő ahhoz, hogy megfelelően pufferozza a bendőt. Ha takarmányt nem egyenletesen veszik fel az állatok bendőacidózis alakulhat ki. Annak érdekében, hogy jobb legyen a bendőbeli fermentáció és az energiaellátottság takarmánykiegészítőként élesztőt adhatunk. Ezek a gombák megerősítik a bendő pH-ját és a flóra működésére is kedvező hatást gyakorolnak. [28]

A niacin takarmánykiegészítő hatására a perifériás erek kitágulnak és ezáltal több hőt képes leadni a szervezet. Mivel az erek térfogata nagyobb lesz, leesik a vérnyomás és ez fokozza a tehenek vízfelvételét, ami egyébként erősen egyedfüggő. A kutatások sejtvédő hatásáról is beszámolnak, továbbá növelheti a tej fehérje- és zsírtartalmát, illetve támogathatja a hősokkfehérjék keletkezését. Ezek a hatások csak akkor tudnak kifejeződni, ha a niacin védve van az előgyomrokban történő lebomlástól és felszívódástól. [29,30]

Minden állatfajra egyaránt jellemző, hogy megemelkedik a vérükben az inzulinkoncentráció amikor hőstressz éri őket, hogy segítsen a szervezetnek a túl magas hőmérséklet leküzdésében. A glükózt a tejmirigy számára kell megtakarítanunk, hogy abból laktózt tudjon előállítani. Csak

abban az esetben szabad a szervezet inzulintermelését segíteni, ha nagy mennyiségű hőstressz éri a teheneket. Ha ez nincs jelen, akkor inkább csökkenteni kell az inzulint, hogy az értékes glükózt ne a szövetek használják el, hanem a termelés javára fordulhasson. Ha nő a vérben az aminosavtartalom az pozitív hatással van az inzulin előállításra. Ezt kísérlettel is alátámasztották, ugyanis, ha egy bizonyos mértékig csökkentették a takarmányban a bendőben lebomló és nem lebomló fehérjéket, az pozitív hatással volt a tejtermelésre az inzulinkoncentráció csökkentése által. Az a tény is ismert, hogy a króm [31] elősegíti az inzulin hatását, vagyis könnyebben tudják vele felvenni a sejtek a glükózt. Abban esetben lehet takarmánykiegészítésre alkalmazni, amikor az állatok a korai laktációban negatív energiamérleggel bírnak. [11]

Az előbb említetteken kívül az ásványi anyagokat is pótolni kell a hőstressznek kitett tehenekben, mert a kevesebb szárazanyagfelvétellel ezekből is kevesebbet visznek be. Ezek azonban nem előzik meg vagy kezelik a hőstresszt, csupán segítenek az állatoknak a belső egyensúlyuk fenntartásában. Ha több Na^+ -ot és K^+ -ot adunk, az pozitív hatással van a tejtermelésre azáltal, hogy növeli a szárazanyagfelvételt. Azt fontos megemlíteni, hogy ez a két ion felszívódása között fordított arányosság van, vagyis, ha az egyikből több, a másiból mindig kevesebb fog a szervezetbe jutni. A Ca^{2+} -nak ugyanilyen táplálkozást elősegítő hatása van. A Cl^- pont ezzel ellentétesen viselkedik, szóval ez a takarmánykiegészítés nem javasolt hőstresszes időszakban. [32]

A konjugált linolsav (CLA) etetése pozitív hatással lehet hőstressz idején. Csökkentheti a testhőmérsékletet és a légzésszámot. A tej zsírtartalmát is csökkenti, ezáltal a tehén energiát tud megspórolni, hogy a nehezített körülmények között is fent tudja tartani a homeosztázisát. A tej zsírtartalmának némi csökkenésével azonban számolni kell. [11]

Monenzin hatására fokozódik a glükózellátottság. Ez azonban egy antibiotikum, ami a mai helyzetben nem használható az EU-ban hozamfokozásra, így csak állatorvosi vényre lehet adni teheneknek s a ketózis megelőzésére szokták használni. [33]

A betain több kedvező hatással is bír, például, hogy fokozza a zsírsavak lebontását, fenntartja az ozmolaritást intracellulárisan és hatására nagyobb stressztűrőképességük lesz a tüdőhámsejteknek. [28]

Összegezve megállapíthatjuk, hogy azok a takarmányok bizonyulnak a leghatékonyabbnak, amelyek támogatják a glükóz- anyagcserét, valamint az ásványianyag- és folyadékháztartást, továbbá nagy energiatartalommal rendelkeznek.

A takarmányozás mellett óriási szerepe van, hogy a tehenek vízszükségletét kielégítsük. Ha a termoneutrális zónánál magasabb a hőmérséklet, akkor akár kétszer több vizet is

fogyaszthatnak. A tejelő tehenek rosszul bírják a vízhiányt, testsúlyuknak 12%-os vízhiánya esetén már a súlyos kiszáradás tüneteit mutatják. [11]

2.7. A hőstressz mérésének lehetőségei

Rendelkezésünkre áll több módszer is, amellyel meg tudjuk határozni az állatokat ért hőstressz mértékét. Az első ilyen a hőmérséklet-páratartalom index (THI temperature- humidity index). Az index számolásakor a környezeti hőmérsékletet és a relatív páratartalmat szorozzák össze bizonyos állandókkal. Egyes kutatók más-más küszöbértéket állítottak fel, de körülbelül 70 feletti az állat biztosan hőstressznek van kitéve. Ha meghaladja a 80-at, akkor a tejtermelés már súlyosan csökken és 90 körül az állat el is pusztulhat. Nem csak a küszöbértékekben, hanem a számítási módszerben is lehetnek eltérések, de ki kell választani azt a módszer, ami legjobban illik az adott környezeti viszonyokhoz. [34,35] Hazánkban a 68-as küszöbérték jellemző Reiczigél és mtsai szerinti számítás alapján [36].

A légsebesség mérésével képet kaphatunk arról, hogy milyen hatékonyan tudjuk elvezetni a hőt az állatok tartózkodási helyéről. Fontos, hogy ezt az tehenek magasságában vizsgáljuk, hiszen ekkor kaphatunk valid információkat. A légsebesség növelésével segíthetünk állatainknak a hőstressz leküzdésében. Minél jobban áramlik a levegő, annál hatékonyabban tud a meleg távozni, valamint abban is segítséget nyújt, hogy a tehenek több hőtől tudjanak evaporáción keresztül megszabadulni. Ha megfelelő a légsebesség, akkor a káros gázok és a por is jobban eltávozik, ami hozzájárul az állatok egészségi állapotához és az állatjóléthez. Ha természetes szellőzést kívánunk alkalmazni, akkor nagy méretű ablakokkal vagy nyitott oldalfalakkal kell ellátni az istállónkat, melyeknek a tájolására, valamint a méretére egyaránt figyelemmel kell lennünk. Lehetőség van ventilátorok alkalmazására is, melyek nagy mértékben növelhetik a légáramlást. A mennyezeten (pl. horizontális ventilátor) vagy a falon (vertikális ventilátor) is elhelyezhetjük ezeket. [37]

A következő mérési lehetőség az állat testhőmérsékletének mérése, amit leggyakrabban a rectumban, de akár a hüvelyben is mérhetünk. Mindkét esetben az állat belső hőmérsékletéről kapunk információt. Lehetőség van bőr- vagy fülhőmérséklet mérésére is infravörös hőmérőkkel, de ez inkább a környezeti hőmérséklettel van összefüggésben, mint az állat belső hőmérsékletével, így a hőstressz megállapítására csak korlátozottan alkalmas.[38] A szarvasmarhák fiziológiás normál testhőmérséklete 38,5 és 39,5 Celsius fok között változik, hőstressz esetén azonban előfordulhatnak a 40- 41,5 Celsius fokos állat is.

Ha hőstressz áll fenn, a tehenek légzésszáma is jelentősen megnövekszik. A normál 20 körüli lélegzetvétel akár ötszörösére nőhet nagy melegben. Ez tulajdonképpen a lihegés, amivel az

egyed a lehető legtöbb hőtől próbál megszabadulni. A felületes és gyors lélegzetvételekkel megnő a levegő mennyisége, amely áthalad a felső légutakon. Ha a hőmérséklet tovább emelkedik, egy mélyebb légzés kezdődik, ami pozitívan befolyásolja a párolgási hőveszteséget. [39]

Arra is van lehetőség, bár igaz, hogy ez költségesebb és bonyolultabb módszer, hogy megmérjük a kortizol és egyéb stresszhormonok szintjét. Megtehetjük ezt vérből, a nyálból vagy tejből, s mindig emelkedett értékekkel találkozhatunk hőstressz esetén. [40]

Végül, de nem utolsó sorban az is fontos információkat adhat, ha megfigyeljük a szarvasmarhák viselkedését. Meleg időben csökkenhet az étvágyuk, több időt töltenek állva az árnyékban vagy hűvös felületeken fekve vagy pedig nagy mértékben nyaldosság magukat. Ezek a viselkedésformák szintén tájékoztatnak minket a hőstressz jelenlétéről. [7,12,41]

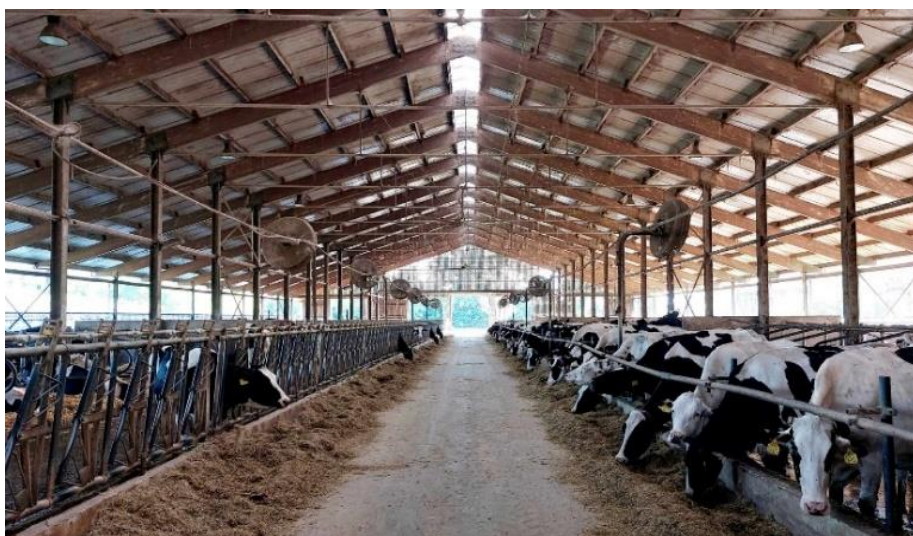
3. Anyag és módszer

3.1. Helyszín, állatok

A kísérletet egy Fejér vármegyei szarvasmarha telepen végeztük 2023. augusztus 24-25-ei és 2023. december 14-15-ei termékenyítés napjain. Ekkor a tehénlétszám 850 volt, 305 napos laktációval és laktációként 9149 kg/ tehén tejhozammal. Az állatok szalmázott, egyedi boxos, ventilátorokkal felszerelt, beton padozatú, szabad tartású istállóban tartózkodtak, amelyek teljesen be vannak kamerázva (1. ábra). A kísérletben résztvevő tehenek egész napos megfigyelését két istállóban 12-12 kamera, illetve a felhajtóúton és fejőházban lévő kamerarendszer tette lehetővé. A fejés napi 2 alkalommal (04:00 és 16:00) 4x12 állásos halszállás fejőházban történik. Az ivarzó egyedek kivétele automata válogató kapuval zajlik fejést követően az inszemináló helyiségbe, ahol 7 állás áll rendelkezésre az állatok rögzítésére. Az etetést napi két alkalommal 5:00-14:00 óra körül végzik. A víz és a TMR takarmány ad libitum elérhető az állatok számára.

Csoport	G7G	DIM	Laktáció	OVS	DIM	Laktáció	THI
Kísérleti (hőstressz)	15	68,1±1,9	2,1±1,2	15	160,7±64,6	1,9±0,6	THImax80
Kontrol (hősemleges)	15	66,1±1,6	2,7±1,2	15	157,3±64,1	2,5±1,3	THImax48
Mintavételi időszakok: 2023.08.24-25.; 2023.12.14-15.							

1.táblázat: Kísérleti elrendezés



1. ábra A kísérlet helyszíne kamerákkal felszerelt istálló

3.2. Környezeti hőmérséklet és páratartalom

Az istállókban az állatok környezetében lévő mikroklíma mérését időjárási adatgyűjtőkkel végeztük (2.ábra), amelyek a száraz léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat mérték. A mérési frekvencia egy órára volt állítva, vagyis a műszer 60 percenként rögzítette az aktuális értéket. Az eszközről az adatokat USB kapcsolaton keresztül le lehetett tölteni a számítógépre telepített saját szoftverére, ahonnan különböző formátumban exportálhatók az adatok további statisztikai elemzésre.

A mért értékekből a hőmérséklet-páratartalom indexet a következőképpen számítottuk ki:

$$THI = 0.8 \times T + (RH/100) \times (T-14.4) + 46.4$$

T-száraz léghőmérséklet(°C)

RH- relatív páratartalom [42.]



2. ábra Voltcraft adatgyűjtő a pihenőboxok fölé helyezve

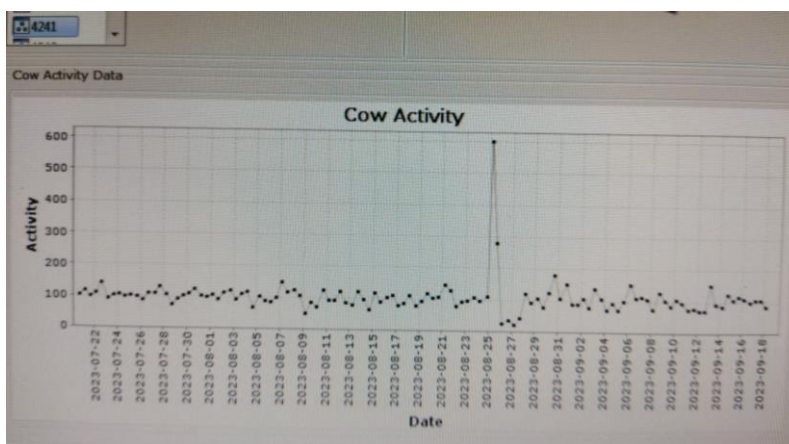
A hőstressz határértékét hazai vizsgálatok alapján 68 THI-ban határoztuk meg.

3.3. Aktivitás

Az állatok ivarzásmegfigyeléséhez a BouMatic SmartDairy Aktivitás Modul HeatSeeker nyaktranszpondert (3. ábra) használ a telep, amely méri az állatok egyedi aktivitását és a fejőházban tartózkodás alatt (napi 2x) egy antennán keresztül leolvassa az adatokat és eljuttatja a központi számítógépre. A SmartDairy HerdMetrixel az adatok összesíthetők riportok, grafikonok (4. ábra) készíthetők, ami alapján eldönthető, hogy az adott egyed mikor termékenyíthető.



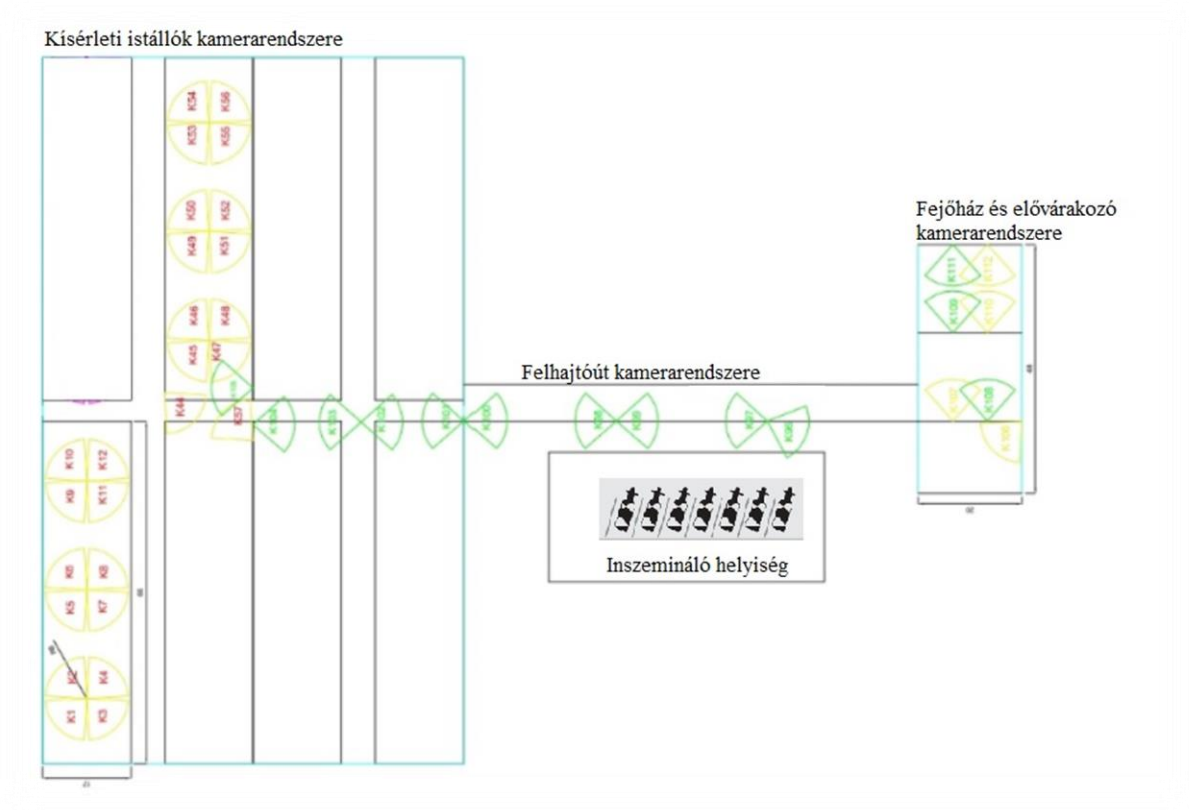
3. ábra Nyaktranszponder



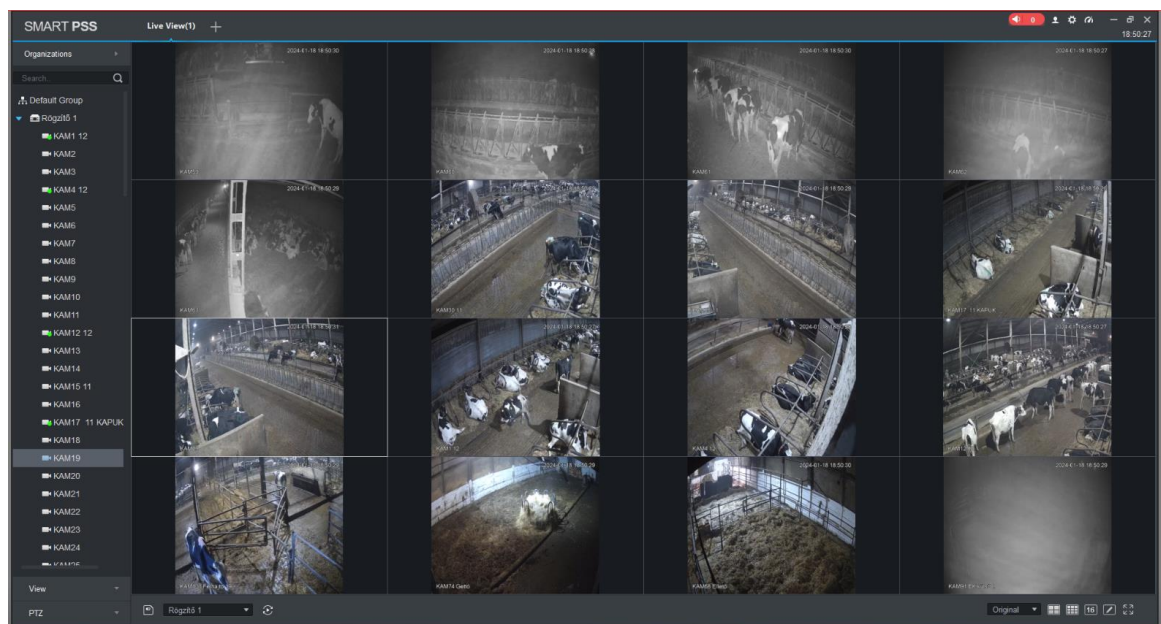
4. ábra SmartDairy aktivitás grafikon

3.4. Kamerarendszer, videófelvételek

A tehenek megfigyelése a kísérlet ideje alatt SmartPSS kamerarendszerrel (5. ábra) és a hozzá tartozó szoftverrel (6. ábra) valósult meg, mely a nap 24 órájában rögzíti az állatok életterén, továbbá a felhajtóúton és a fejőházi elővárakozó területén történő eseményeket. A videók élőben és rögzített változatban is elérhetők 5 napon keresztül, majd felülíródik, ezért nagytárhelyű külső merevlemezre töltöttük a felvételeket későbbi elemzésre.



5. ábra Kamerarendszer alaprajza



6. ábra A SmartPSS program

3.5. Vervételi minták

A kísérletbe vont állatok ($n=30$ hőstressz, $n=28$ hősemleges) farokvénájából (v. caudalis) vérmintákat vettünk vákuumos vérvételi csövekbe. Minden állattól 2 mintát gyűjtöttünk, 1 natív és 1 heparinos vércsőbe, amelyeket a vérvétel után hűtőtáskába helyeztük, majd a

laboratóriumba szállították, ahol a kinyert plazmát és vészérumot lefagyasztották későbbi feldolgozásra és -20 °C-on tárolták a további vizsgálatokig.

A szérum mintákból biokémiai mutatókat (BHB, AST, NEFA, karbamid, összfehérje), a plazma mintákból ösztadiol koncentrációt határoztunk meg.



6. ábra Kísérleti eszközök



7. ábra A kísérletben résztvevő állatok jelölése

4. Statisztikai értékelés

A statisztikai elemzés során kategóriás (vemhesült -nem vemhesült, csendes-intenzív-nem ivarzó), illetve folytonos változókat (ösztadiol és inzulin plazmában mért koncentrációi) vizsgáltunk az ivarzászinkronizálás módja (G7G protokoll, illetve Ov-Synch) és az évszak (nyár, tél) függvényében.

A feltáró elemzések során oszlopdiagramok és átlagok ábrái által térképeztük fel az adatokban rejlő mintázatot, illetve vizsgáltuk a prediktorok közötti interakciót.

A kategóriás változók esetén Fisher-féle egzakt próbával hasonlítottuk össze az arányokat egy csoporton belül az évszakok között. A folytonos változók esetén kétszemponos varianciaanalízissel hasonlítottuk össze a paraméterek átlagát a csoport, az évszak és ezek interakciós tagjának függvényében.

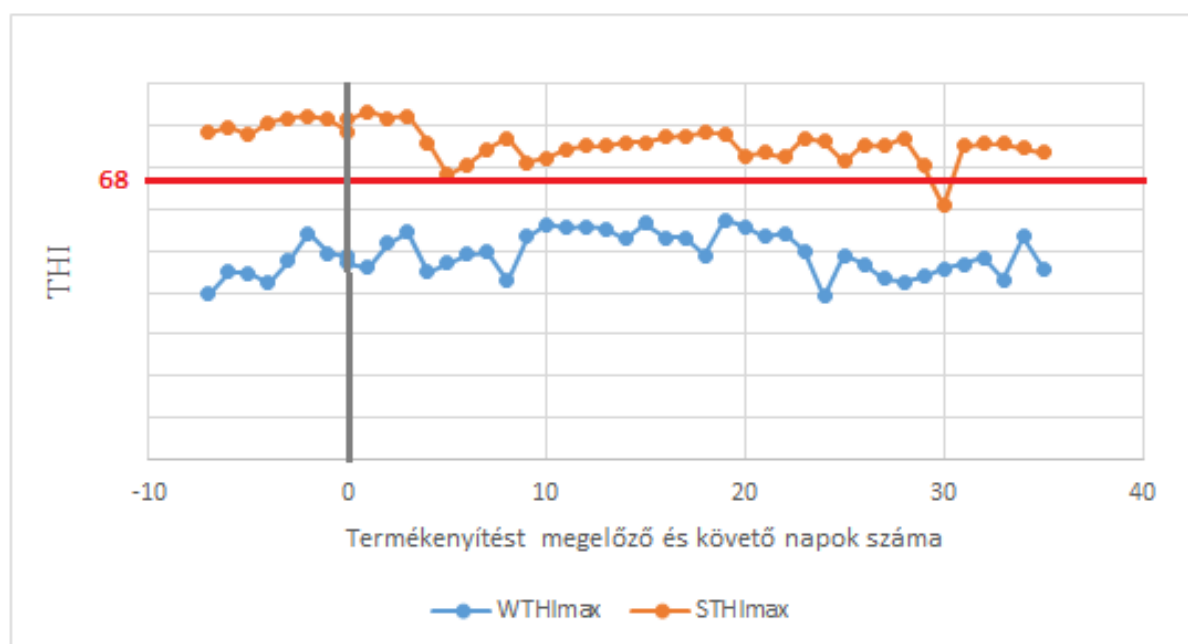
A post-hoc elemzések során Tukey módszerével korrigáltuk a p-értékeket a többszörös összehasonlítások miatt. A statisztikai szignifikancia szintjét minden esetben $p < 0,05$ szinten határoztuk meg.

Az adatvizualizációt és hipotézisvizsgálatokat az R statisztikai környezetben végeztük. [43]

5. Eredmények

5.1. A THI index alakulása a kísérlet során

A kihelyezett időjárási adatgyűjtőkkel a termékenyítést megelőző héttől kezdődően egészen a vemhesség vizsgálatig rögzítettük a hőmérséklet és páratartalom értékeit, majd letöltést követően THI indexet számítottunk. Jól látható, hogy a maximális THI indexek a nyári kísérlet során szinte végig 68-as THI-t meghaladó (9. ábra), azaz hőterhelt időszakot jelentett a tehenek számára, ami nem biztosított kedvező feltételeket a megtermékenyülésnek és az embrió beágyazódásának, fejlődésének.



9. ábra A max. THI értékek alakulása a kísérleti és kontroll időszakban

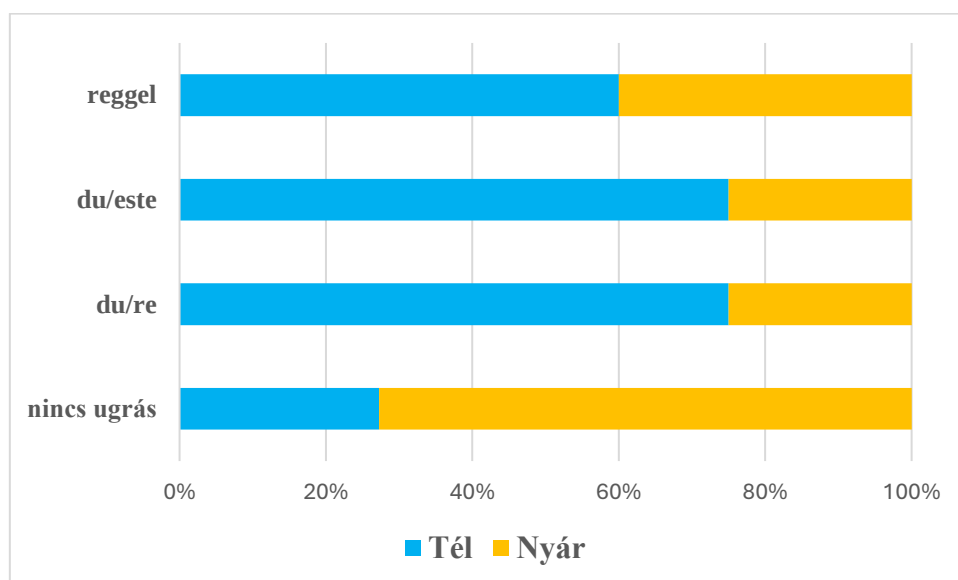
5.2. Az anyagcsere vizsgálatok eredményei

A metabolikus panel mérések a következő paraméterekre terjedt ki: AST (GOT), Total protein, Albumin/globulin arány, BHB, NEFA, Karbamid. Az eredmények élettani normálérték tartományon belüliek voltak, nem találtunk ketózist vagy májproblémát, ami zsírmobilizációs megbetegedésre utalna.

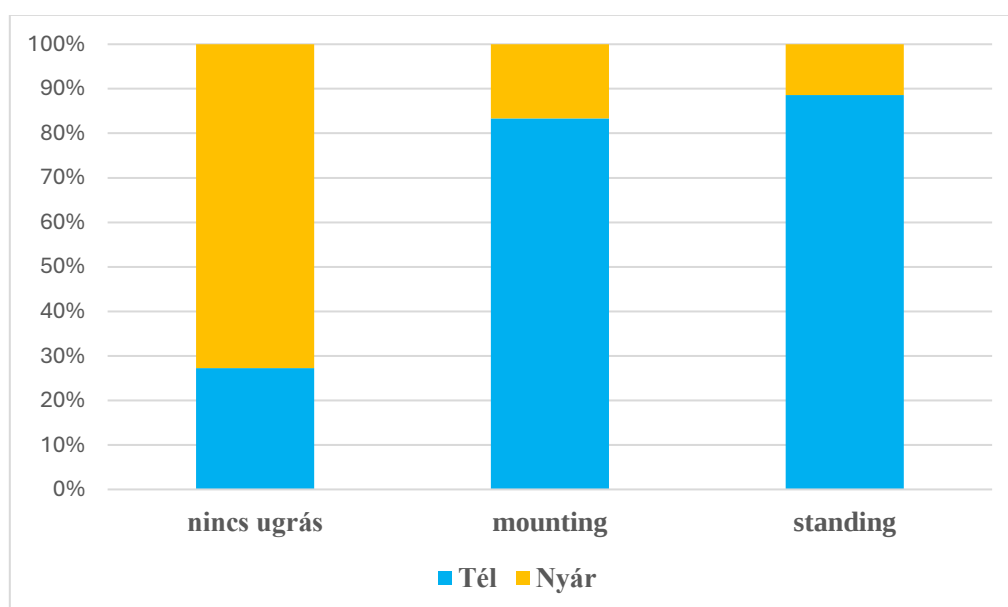
A hormonvizsgálati eredményekből az ösztrogén szintekre voltunk kíváncsiak, hogy a két hormon program mellett hogyan alakul hőterhelt és hősemleges időszakban. Összességében a téli időszakban magasabb szinteket tapasztaltunk, ami egyensúlyban volt az ivarzási viselkedés kifejeződésének intenzitásával.

5.3. Az ugrások eloszlása napszak és módja szerint videófelvevételek alapján

Az alábbi két diagramon az ugrások eloszlását láthatjuk napszakok szerinti felosztásban (10. ábra), mely tükrözi az ivarzás időtartamának különbségét is a két évszak között. Emellett az interakciók módjának alakulását is kielemeztük, hogy ugrás és álló ivarzás milyen arányban volt megfigyelhető a hőterhelt és hősemleges időszakokban (11. ábra).



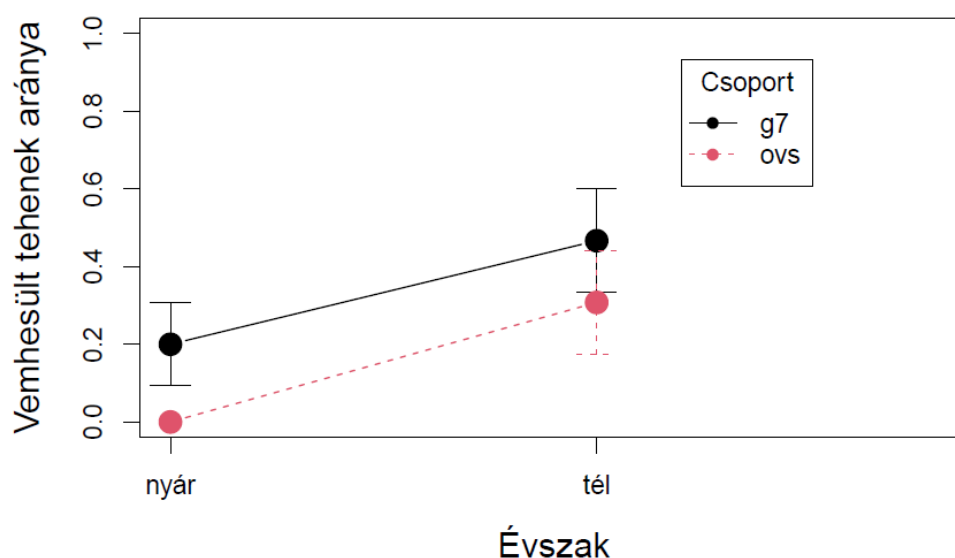
10. ábra: Az ugrások eloszlása napszakok szerint a kísérleti és kontrol csoportban



11. ábra: Az ugrások és az álló ivarzás megoszlása hősemleges és hőterhelt időszakokban

5.4. A vemhesült tehenek arányának alakulása az évszak függvényében

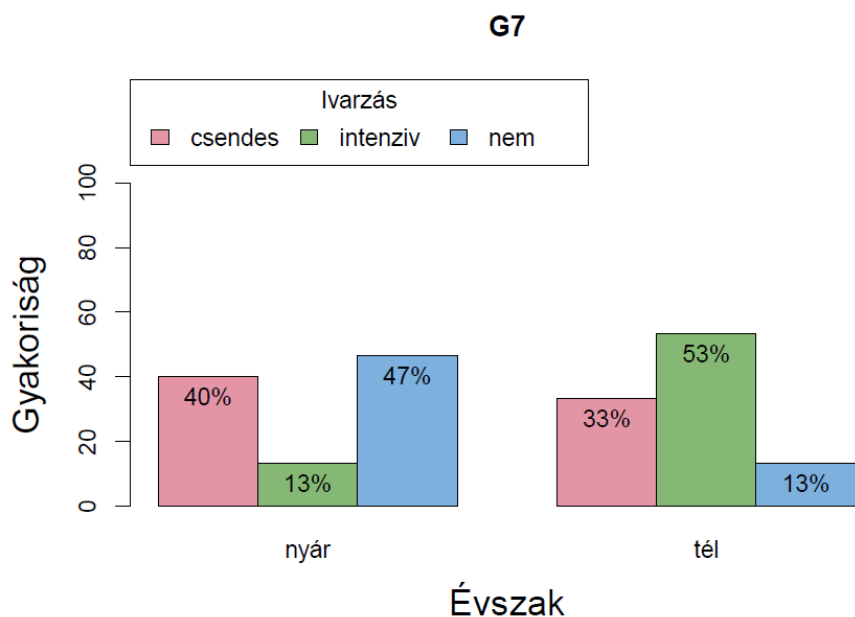
A vemhesülés arányának alakulását vizsgálva az évszak függvényében bebizonyosodott, hogy hősemleges időszakban (tél) mindkét hormon program eredményesebben működött (12. ábra). A G7G programnál a tél és a nyár között nem volt szignifikáns különbség, míg az OVS program alkalmazása esetén hősemleges időszakban szignifikánsan több tehen vemhesült. Az eredményeket befolyásolhatta, hogy OVS programban csak olyan tehenek részesültek, akik már legalább egyszer termékenyítve voltak. A két program egymással való összehasonlítása ebből kifolyólag nem célszerű, habár anyagforgalmi és hormonális zavarok nem álltak fenn a kísérleti állatoknál és klinikailag egészségesek voltak.



12. ábra A vemhesült tehenek és az évszak hatása

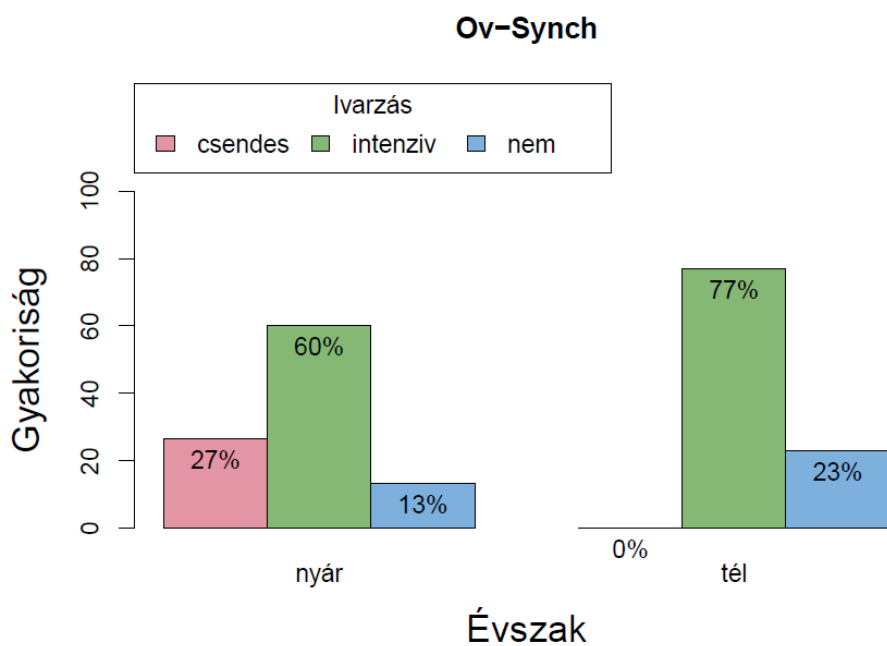
5.5. Az ivarzás intenzitásának eloszlása hőterhelt és hősemleges időszakban

Kíváncsiak voltunk az ivarzás intenzitásának eloszlására hőterhelt és hősemleges időszakban. A G7G program esetében jól látszik, hogy a téli időszakban jelentősen több az intenzíven ivarzó állat (13. ábra), valamint, ha a csendes és az intenzív ivarzókat egy csoportnak tekintjük akkor 53% vs 86 % az ivarzók aránya a téli hősemleges időszak javára. Nyáron az állatok közel fele egyáltalán nem ivarzott és emellett a csendes ivarzók száma is magasabb volt, azaz nem mutattak egyértelmű jeleket, így csak a hormonprogram által alkalmazott időzített rakás miatt lettek termékenyítve, egyébként észrevétlenül elivarzottak volna hagyományos vizuális ivarzásmegfigyelés mellett. Az ivarzási jelet egyáltalán nem mutató állatok között is jelentős kontraszt látható a két évszak között. Vizsgálatunk szignifikáns eltéréseket mutatott.



13. ábra Az ivarzás intenzitásának eloszlása az évszak függvényében G7G program mellett

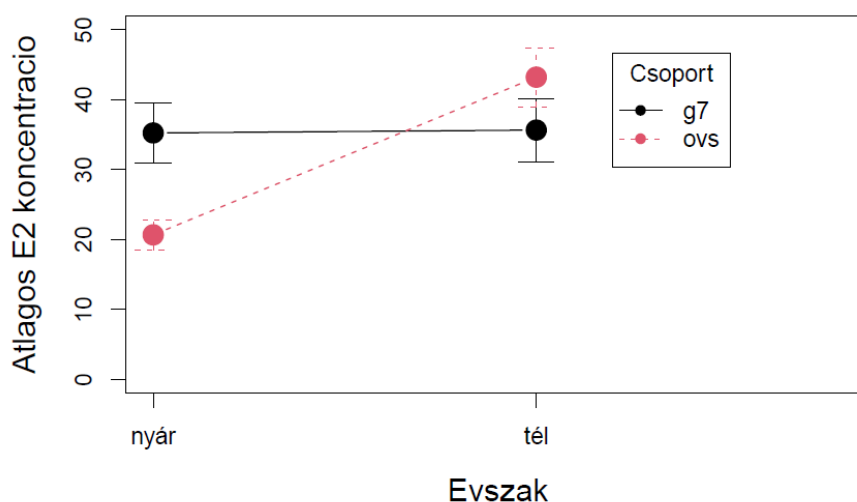
Ov-Synch esetében nem igazolódott szignifikáns eltérés a két évszak között, ami azonban vizuális megfigyelés során (videóelemzés) meglehetősen eltérően alakult. Habár az ivarzás intenzitása közötti különbség nem szignifikáns, az ivarzási viselkedés kifejeződése és időeloszlása jelentősen eltért egymástól. Téli időszakban csendes ivarzó egyáltalán nem fordult elő (14. ábra).



14. ábra Az ivarzás intenzitásának eloszlása az évszak függvényében Ov-Synch program mellett

5.6. Az átlagos ösztadiol koncentráció alakulása az évszak függvényében

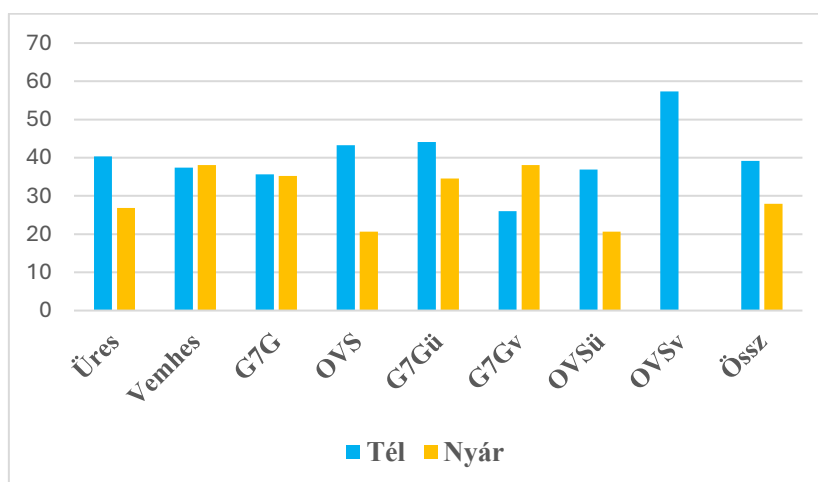
Az átlagos ösztadiol koncentráció, amely az ivarzási viselkedés kifejeződéséért felelős hormon a G7G program esetében kiegyenlített értéket mutatott évszaktól függetlenül, míg Ov-Sync programnál a téli időszakban szignifikánsan magasabb volt a nyári időszakhoz képest (15. ábra).



15. ábra Az ösztadiol koncentráció alakulása

5.7. Az átlagos ösztadiol (pg/ml) koncentráció alakulása a kísérleti és kontrol időszakokban

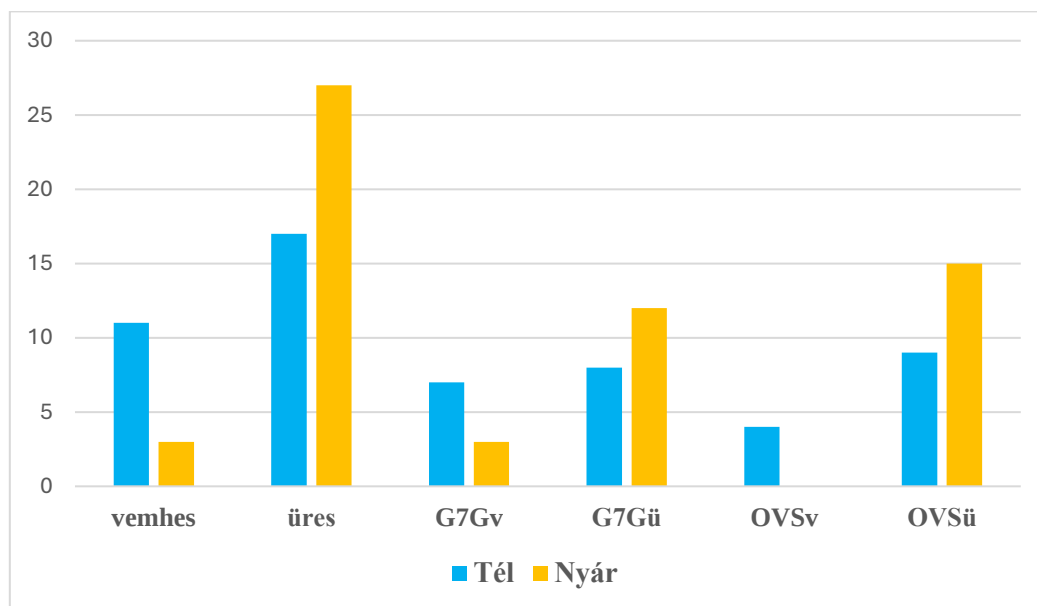
Az ösztogén átlagos koncentrációja összességében a téli időszakban magasabb, ami az ivarzások kifejeződésével összhangban van (16. ábra). A vemhesült állatoknál közel azonos értékeket mértünk. A G7G program kiegyenlítettebb hormonszintet eredményezett (ez ugye egy hosszabb hormonkezelés) sőt a nyári időszakban magasabb ösztrogén szintet produkált, ami a vemhesülési eredményekben is megmutatkozott, nyáron csak G7G programos tehén vemhesült.



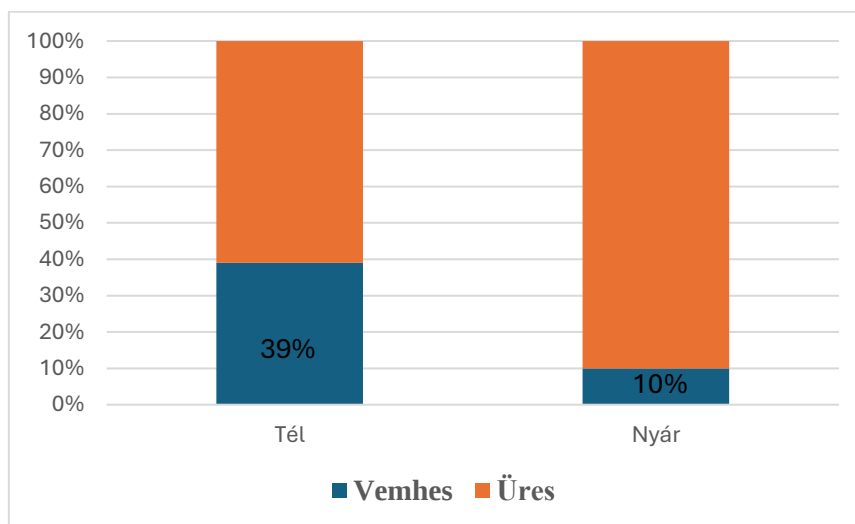
16. ábra Az átlagos ösztadiol koncentráció alakulása

5.8. A vemhesülési eredmények alakulása az évszak függvényében

A nyári hőterhelt időszakban a vemhesülési eredmények jelentősen elmaradtak a hősemleges időszakhoz képest (17-18. ábra). A hőstressz megfelelő technológiai elemekkel kivédhető vagy nagy mértékben csökkenthető. Ez irányú fejlesztések nélkül egyre nagyobb veszteség fogja érni évről évre a gazdaságokat.



17. ábra A vemhesülési eredmények alakulása G7G és OVS program mellett a kísérleti és kontrol csoportokban



18. ábra A vemhesülési eredmények százalékos eloszlása hőterhelt és hősemleges időszakban

6. Következtetés, javaslatok

A hosszabb ideig fennálló hőstressz jelentősen csökkenti a termékenységet, ami veszteséges időszakot jelent a gazdaságok számára. Hormonális egyensúly zavarok léphetnek fel, csökken a szérum ösztadiol koncentráció, romlik a petesejtek minősége. Gyenge ivarzási tünetek jellemzőek, alacsony fogamzási arány és növekedhet az embrióelhalás gyakorisága. A hőstressz hatására változik a tehenek általános viselkedése és egyúttal az ivarzás kifejeződése is. A vizuális ivarzás megfigyelés lehetősége mérsékelt a csendes ivarzás és kevesebb ugrásszámok miatt. A fejlettebb aktivitásjelző rendszerek segíthetik kiszűrni a csendes ivarzókat, melyeknél lehet, hogy csupán egy intenzívebb mozgásváltozás következik be, amit a korábbi átlagos aktivitásához képest érzékel a rendszer, azonban az inszeminátor számára észrevétlen maradna az enyhe ivarzási tünet.

A videófelvételek elemzésével feltérképeztük az ugrások számát és eloszlását a termékenyítést megelőző 12 órában, amiből jól látszódott, hogy az éjszakai, de leginkább hajnali órákban kezdtek el mozgolódni hőstressz időszakban, míg télen már a délután, a GnRH oltást követően ivarzási jeleket mutattak az állatok, azaz jelentősen hosszabb ideig mutattak aktivitást.

Az ivarzásra utaló jeleket is értékeltük a termékenyítéssel és vérvétellel egyidőben. A leugrálás mértékének meghatározása meglehetősen szubjektív, gyakorlott szemet igényel ugyanis előfordulhat, hogy csak lenyalogatták egymásról a jelölést, ha pl. krétázós módszert alkalmaznak. Az egyik legmegbízhatóbb tünet az ivarzási váladék, melynek mennyisége és konzisztenciája utalhat az ivarzás idejére, de igazán pontos információt az ivarzásjelző rendszerek idősávjai nyújthatnak, mely segít a legoptimálisabb termékenyítési időpont meghatározásában.

A leghatékonyabb szaporodásbiológiai menedzsment az ivarzásjelző rendszerek és a szinkronizációs programok együttes alkalmazásával érhető el, ami egészséges állomány esetén körülbelül 15-20% hormonális támogatást jelent. Ehhez azonban megfelelő tartástechnológia és hatékony hűtés szükséges a hőterhelt időszakokban, megakadályozva az állatok testhőmérsékletének jelentős emelkedését, ami segíti az állatok hormonális és anyagforgalmi egyensúlyának fenntartását, így közel azonos tejtermelés és vemhesülési eredmények várhatóak, mint a termoneutrális időszakban. A kiegyenlített vemhesülési eredményekkel elkerülhetőek a hullámzó ellésszámok, így folyamatos magas termelést biztosító állományunkkal jövedelmező lehet gazdaságunk.

7. Összefoglalás

Kísérletünkben nyári és téli, azaz hőstresszes és hősemleges időszakban vizsgáltuk a tejelő tehenek ivarzási viselkedésének változását, valamint a hőstressz hormonszintekre és vemhesülésre gyakorolt hatását. Kutatásunk során a tehenek mikrokörnyezetében rögzítettük a száraz levegőhőmérsékletet és a relatív páratartalmat mely adatsorból hőmérséklet-páratartalom indexeket (THI) számítottunk. A kapott eredmények azt mutatják, hogy a nagy meleg jelentős negatív hatással van az ivarzási tünetek kifejeződésére és a vemhesülési eredményekre. Nyáron mind az ivarzás intenzitása, mind pedig az ugrások gyakorisága számottevően alacsonyabb volt, mint a téli, termoneutrális időszakban. Az ösztrogén hormon szintje is jelentős eltérést mutatott a két évszakban, ami megnehezítheti az ivarzó tehenek felderítését. A nyári időszakban gyakrabban fordult elő a csendes ivarzás, illetve a hőstressz hormonális egyensúlyra gyakorolt negatív hatása is megmutatkozott, ami az ovulációt és a tüszőérést befolyásolhatta, így voltak olyan egyedek melyek egyáltalán nem mutattak ivarzási jeleket. Télen ezzel szemben számottevően jobbak voltak a vemhesülési mutatók, ami egyensúlyban volt az ivarzási viselkedés intenzitásával. Ez elősegítette a vizuális megfigyelések hatékonyságát és az aktivitásjelző rendszerek is nagyobb számban jeleztek ivarzó egyedeket. Ebben az időszakban magasabbak voltak az ösztrogénkoncentrációk is, aminek hatására hosszabb ideig és kifejezőbb ivarzási tüneteket mutattak az állatok.

Az eredményeink alapján látható a nyári és téli vemhesülési eredmények közötti különbség, ami évről évre egyre nagyobb kihívást jelent a tejelő szarvasmarha tenyésztéssel foglalkozó gazdaságoknak. A hőstresszt csökkentő stratégiák közül az elsődleges és leghatékonyabb módszer a tehenek hűtése (ventiláció és téhénlocsolás) valamint a takarmányozási stratégiák alkalmazása (pl. energiabevitel növelése, különböző takarmánykiegészítők etetése). Ahhoz, hogy a gazdaságok fenn tudják tartani termelési eredményeiket és meg tudják óvni állataik egészségét a hőterhelt időszakokban is nélkülözhetetlen a tartástechnológiai elemek fejlesztése és az állatok komfortjának biztosítása. Az ivarzásmegfigyelők használatával a nyári időszakban is kiszűrhetők a csendes ivarzók, illetve hormonprogramokkal is támogatjuk a megfelelő hormonális működést azoknál az egyedeknél, amelyeknél szükséges.

A globális felmelegedés következtében kialakuló negatív hatások csökkentése létfontosságú az állatok jólléte és a fenntartható állattenyésztés szempontjából. Újra kell gondolni az eddig alkalmazott módszereket és figyelembe kell venni a tartástechnológia, a precíziós állattartás és a szaporodásbiológia legfrissebb eredményeit, hogy minimalizálni lehessen a hőstresszből adódó reprodukciós és a termelési veszteségeket.

8. Summary

In our experiment, we investigated changes in the estrus behaviour of dairy cows during summer and winter, i.e. during heat stress and heat neutral periods, and the effects of heat stress on hormone levels and pregnancy. In our study, dry air temperature and relative humidity were recorded in the microenvironment of the cows and temperature-humidity indices (THI) were calculated from these data. The results obtained show that high heat has a significant negative effect on the expression of estrus symptoms and pregnancy outcomes. In summer, both the intensity of estrus and the frequency of estrus were significantly lower than in the thermoneutral winter period. Estrogen hormone levels also differed significantly between the two seasons, which may make it difficult to detect estrus cows. Silent oestrus was more frequent in the summer period, and the negative effect of heat stress on hormonal balance was also shown, which could affect ovulation and follicle maturation, so that some individuals showed no signs of oestrus at all. In winter, on the other hand, there was a significant improvement in the pregnancy rate, which was balanced by the intensity of the estrus behaviour. This facilitated the efficiency of visual observations and activity signalling systems also indicated a higher number of spawning individuals. Oestrogen concentrations were also higher during this period, resulting in longer lasting and more pronounced estrus signs.

Our results show that the difference between summer and winter pregnancy results is becoming more and more challenging for dairy cattle farmers every year. The primary and most effective strategies to reduce heat stress are cow cooling (ventilation and cow watering) and feeding strategies (e.g. increasing energy intake, feeding different feed supplements). In order to maintain production results and to protect the health of their animals during heat stress periods, it is essential to improve the housing technology and to ensure animal comfort. The use of stud monitors can be used to detect silent breeders in the summer and hormone programmes can be used to promote proper hormonal function in those animals that need it.

Reducing the negative impacts of global warming is vital for animal welfare and sustainable livestock production. We need to rethink the methods used to date and take into account the latest advances in husbandry technology, precision farming and reproductive biology to minimise reproductive and production losses due to heat stress.

9. Köszönetnyilvánítás

Meg szeretném köszönni témavezetőimnek Dr. Jurkovich Viktornak, az ÁTE Állatvédelmi központ tudományos főmunkatársának, valamint Szalai Szilvia PhD hallgatónak, hogy segítettek a témaválasztásban, a kísérlet lebonyolításában és az adatok kiértékelésében.

Köszönet illeti Dr. Bakony Mikoltot, a Semmelweis Egyetem Transzlációs Medicina Központ munkatársát a statisztikai elemzésben nyújtott segítségért.

Köszönöm, hogy támogatásukkal és szakmai segítségükkel hozzájárultak a szakdolgozatom elkészüléséhez.

Irodalomjegyzék

1. Dovolou E, Giannouslis T, Nanas L, Amiridis GS (2023) Review: Heats stress: A serious disruptor of the reproductive physiology of dairy cows. *Animals*, 13 (11):1846. <https://doi.org/10.3390/ani13111846>
2. Wolfenson D, Roth Z, Meidan R (2000) Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Animal Reproduction Science*, 60-61:535-547 [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00102-0)
3. Allen JD, Hall LW, Collier RJ, Smith JF (2015) Effect of core body temperature, time of day and climate conditons on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98:118-127 <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>
4. Peralta OA Pearson RE Nebel RL (2005) Comparison of three estrus detection systems during summer in large commercial dairy herd. *Animal Reproduction Science*, 87:59-72 pp. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.10.003>
5. Schüller LK, Michaelis I, Heuwieser W (2017) Impact of heat stress on estrus expression and follicle size in estrus under field condition in dairy cows. *Theriogenology*, 102:48-53 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.07.004>
6. Bakony M, Könyves L, Hejel P, Kovács L, Jurkovich V (2019) Hőstressz tejelő tehenekben I. A tejtermelés-csökkenés hátterében álló élettani tényezők: Irodalmi összefoglaló. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 141:341-350. https://real.mtak.hu/99449/1/Bakony_MAL2019_341-350.pdf

7. Novotniné DG, Rónai, Tóth PP, Szabó D, Balogh P, Kovácsné KN (2017) Nyári meleg okozta hőstressz hatásának vizsgálata a tejelő szarvasmarha szaporodásbiológiai mutatóira. Magyar Állatorvosok Lapja, december 139:717-727.
8. Becker CA, Collier RJ, Stone AE (2020) Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. Journal of Dairy Science, 103 (8): 6751-6770
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>
9. Dahl GE, Sha Tao, Laporta J (2020) Heat stress impacts immune status in cows across the life cycle. Frontiers in veterinary science, 7
<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00116>
10. Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard H, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A (2010) Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Animal, 4:1167-1183 <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>
11. Bakony M, Könyves L, Mézes M, Kovács L, Jurkovich V (2019) Hőstressz tejelő tehenekben II. Az alkalmazkodást segítő takarmányozási megoldások: Irodalmi összefoglaló. Magyar Állatorvosok Lapja, 141:397-408
12. Szalai Sz, Varga FB, Pajor F, Bodnár Á, Kovács L (2022) A hőstressz kihívásai tejelő szarvasmarhák élettani, termelési és szaporodásbiológiai mutatóiban. Acta Agronomica Óváriensis, 63(2)
13. Farooq U, Samad HA, Shehzad F, Qayyum A (2010) Physiological Responses of Cattle to Heat Stress. World Applied Sciences Journal 8 (Special Issue of Biotechnology & Genetic Engineering), 38-43 [https://idosi.org/wasj/wasj8\(B&GE\)/8.pdf](https://idosi.org/wasj/wasj8(B&GE)/8.pdf)
14. Collier RJ, Baumgard LH, Zimbelman RB, Yao Xiao (2018) Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. Animal Frontiers, 9 (1): 12–19
<https://doi.org/10.1093/af/vfy031>

15. Dr Vincze Boglárka A szarvasmarha szaporodásbiológiája 1-2.(2022), ÁTE Szülészeti Tanszék és Haszonállat gyógyászati Klinika
16. Khodaei-Motlagh M, Zare Shahneh A, Masoumi R, Derensis F (2011) Alterations in reproductive hormones during heat stress in dairy cattle. African Journal of Biotechnology, 10(29):5552-5558
17. De Rensis F, Scaramuzzi RJ (2015) Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. Theriogenology, 84 (9): 1523-1529
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00126-2)
18. Smith JF, Harner JP, Pulkrabek BJ (1999) Performance of lactating dairy cattle housed in two-row freestall barns equipped with three different cooling systems. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports, 0(2)
19. Bak J, Barkóczi T, Fenyvesi L, Pazsiczki I (2007) Tehénistállók tartástechnológiai korszerűsítésének követelményei. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet közleménye, 43(1)
20. Kovács L, Kovács A (2012) A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei a tejelő szarvasmarhatartásban. Animal welfare, ethology and housing systems, 8 (1): 44-59.
21. Bak J, Pazsiczki I (2004) Szarvasmarha istállók természetes szellőztetése. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Szaktanácsadási füzetek, Gödöllő 27
22. Bak J, Pazsiczki I (2008) Tehénfedvesítéses hőstresszmérséklés, módszerek, hatékonyság. Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia, 4: 69-77.
23. West JW (2003) Effects of heat-stress on production in dairy cattle. Journal of Dairy Science 86(6): 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
24. Elek P (2004) Hogyan csökkenthetjük a hőstressz kártételét?

25. Orosz Sz, Latos S (2006) A hőstressz hatása tejelő szarvasmarhában. Holstein Magazin, 14:43-49.
26. Baumgard LH, Abuajamieh MK, Stoakes SK, Sanz- Fernandez MV, Johnson JS, Rhoads RP (2014) Feeding and Managing Cows to Minimize Heat Stress. Tri-State Dairy Nutrition Conference April 14-16
27. Aharoni Y, Brosh A, Harari Y (2005) Night feeding for high-yielding dairy cows in hot weather: effects on intake, milk yield and energy expenditure. Livestock Production Science, 92:207–219. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.08.013>
28. Schwartz G, Rhoads ML, VanBaale MJ, Rhoads RP, Baumgard LH (2009) Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, 92(3): 935–942. [10.3168/jds.200-1496](https://doi.org/10.3168/jds.200-1496)
29. Rungruang S, Collier JL, Rhoads RP, Baumgard LH, de Veth MJ, Collier RJ (2014) A dose-response evaluation of rumen-protected niacin in thermoneutral or heat-stressed lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, 97(8):5023-5034 <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6970>
30. Xiao Y, Rungruang S, Hall L W, Collier JL, Dunshea FR, Collier RJ (2017) Effects of niacin and betaine on bovine mammary and uterine cells exposed to thermal shock in vitro. Journal of Dairy Science, 100(5): 4025–4037. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11876>
31. Keszthelyi Zs (2005) A króm (III)-ionok és a diabetes. Ph.D. értekezés. Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Pécs
32. Sanchez WK, McGuire MA, Beede DK (1994) Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 77:2051–2079 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77150-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77150-2)

33. Baumgard LH, Wheelock JB, Sanders SR, Moore CE, Green HB, Waldron MR, Rhoads RP (2011) Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 94(11):5620–5633 [10.3168/jds.2011-4462](https://doi.org/10.3168/jds.2011-4462)

34. Bohmanova J, Misztral I, Cole J B (2007) Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of Dairy Science*, 90(4):1947-1956 <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>

35. Herbut P, Angrecka A, Walczak J (2018) Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—areview. *International Journal of Biometeorology*, 62:2089–2097 <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>

36. Reiczigel J, Solymosi N, Könyves L, Maróti-Agóts Á, Kern A, Bartyik J (2009) A hőstressz okozta tejtermelés-kiesés vizsgálata hőmérséklet-páratartalom indexek alkalmazásával. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 131:137–144

37. Hempel S, Menz C, Pinto S, Galán E, Janke D, Estellés F, Münschner-Siemens T, Wang X, Heinicke J, Zhang G, Amon B, del Prado A, Amon T (2019) Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios-uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics*, 10(4):859–884 <https://doi.org/10.5194/esd-10-859-2019>

38. Bakony M, Kovács L, Kézér LF, Jurkovich V (2023) The use of body surface temperatures in assessing thermal status of hutch-reared dairy calves in shaded and unshaded conditions. *Frontiers Veterinary Science*, 10 <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1162708>

39. Wijffels G, Sullivan M, Gaughan J (2021) Methods to quantify heat stress in ruminants: Current status and future prospects. *Methods*, 186:3-13 <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2020.09.004>

40. Kovács L, Kézér FL, Ruff F, Szenci O, Bakony M, Jurkovich V. (2019) Effect of artificial shade on saliva cortisol concentrations of heat-stressed dairy calves. Domestic Animal Endocrinology, 66:43-47. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2018.09.001>
41. Alföldi L, Tarr Z, Tőzsér L (2020) Digitális mikroklíma mérés a tejtermelő farmon. Animal welfare, Etológia és Tartástechnológia, 16(2):94-109
https://real.mtak.hu/118804/1/AWETH202002094109_doi.pdf
42. Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T (2016) Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of Animal Science, 84(3):712-719
<https://doi.org/10.2527/2006.843712x>
43. R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>



Diplomamunka konzultációs lap állatorvostan hallgatók részére

A hallgató neve: Szécsi Eszter

Neptun-kódja: ZJYDEV

A témavezető neve és beosztása: Dr. Jurkovich Viktor PhD., tudományos főmunkatárs

Tanszék: Állatvédelmi Jogi, Elemző és Módszertani Központ

A diplomadolgozat címe: A hőstressz hatása a tejelő tehének ivarzási viselkedésére

Konzultáció - 1. félév

Időpont				Téma/Témavezető megjegyzése	Témavezető aláírása
	Év	Hó	Nap		
1.	2024	4	22	Szakdolgozat megbeszélés	<i>[Signature]</i>
2.	2024	5	2	Kutatási módszertan	<i>[Signature]</i>
3.	2024	5	10	Eredmények értékelése	<i>[Signature]</i>
4.	2024	6	7	Dolgozat vázlat megbeszélés	<i>[Signature]</i>
5.					

Érdemjegy az első félév végén: 5 (jeles)

Konzultáció - 2. félév

Időpont				Téma/Témavezető megjegyzése	Témavezető aláírása
	Év	Hó	Nap		
1.	2024	9	25	Dolgozat irodalmi összefoglaló	<i>[Signature]</i>
2.	2024	10	16	Anyag és módszer megbeszélése	<i>[Signature]</i>
3.	2024	11	4	Eredmények értékelése	<i>[Signature]</i>
4.	2024	11	20	Dolgozat javítása	<i>[Signature]</i>
5.	2024	11	24	Dolgozat végleges kézirat	<i>[Signature]</i>

Érdemjegy a második félév végén: 5 (jeles)

A nyomtatvány a hallgatói és a tanszéki ügyintézői aláírás, valamint az átvétel dátuma nélkül nem érvényes. A konzultációs lap a diplomamunka mellékletét képezi!



A diplomamunka - a szakra vonatkozóan - a Tanulmányi- és Vizsgaszabályzatban, valamint az Útmutató a szakdolgozatok/diplomamunkák készítéséhez című mellékletében leírt követelményeknek megfelel.

A diplomamunka befogadható, védésre alkalmasnak találtam.

[Handwritten signature]

témavezető aláírása

Hallgató aláírása: *Sebestény E*

Tanszéki előadó aláírása: *Valló Péter* Átvétel dátuma: 2024. 11. 27.

